

**Industria y Comercio****SUPERINTENDENCIA**Organización y
Digitalización CSA LtdaDelegatura de Propiedad Industrial
División de Nuevas Creaciones**PCT**

SOLICITUD

PATENTE DE INVENCION**09-76733**21. **EXPEDIENTE No.**54. **TÍTULO** Metodo para reducir la formacion de acrilamida en alimentos quimicamente procesados51. **CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL**71. **SOLICITANTE** FritoLay North America, Inc**DOMICILIO** Estados Unidos de America74. **APODERADO** Alvaro Correa Ordóñez
c.c. 79.143.366 de Bogotá22. **BOGOTÁ, D.C.,**

PETITORIO



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 09-076733- -00000-0000

Fecha: 2009-07-23 15:42:27 Dep. 2020 NUECREACION
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 248

5n

FORMULARIO ÚNICO DE SOLICITUD DE PATENTE
PCT

ENTRADA EN FASE NACIONAL

SOLICITUD DE :

①

☒

Patente de Invención

☐

Patente de Modelo de Utilidad

☐

Capítulo I.

☒

Capítulo II.

②

SOLICITANTE

(71)

Nombre: FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC.

Dirección: Legacy Drive, Plano, Texas 75024-4099, Estados Unidos de América

Nacionalidad o Domicilio: Estados Unidos de América

Lugar de Constitución: Estados Unidos de América

Teléfono:

Fax:

E-Mail

IDENTIFICACION

C.C.

☐

NIT

☐

C.E.

☐

Otro

☐

Cual

Número

③

REPRESENTANTE
O APODERADO

Nombre: ALVARO CORREA ORDOÑEZ

Dirección: Avenida 82 No. 10-62 Piso 6

Teléfono: 6341500

Fax: 3762211

E-Mail: office.bogota@bakernet.com

IDENTIFICACION

C.C.

☒

NIT

☐

C.E.

☐

Otro

☐

Cual

Número 79.143.366 Usaquén TP 28281

④

INVENTOR (ES)

(72)

Nombre: BOUDREAUX, Eric; DESAI, Pravin, Maganlal; ELDER, Vincent, Allen; FULCHER, John, Gregory; JOSEPH, Ponnattu, Kurian; LI, Wu; RAO, V.n., Mohan; TOPOR, Michael, Grant; VOGEL, Gerald, James.

Dirección: 1122 Jackson Street, #207, Dallas, Texas, 75202, Estados Unidos de América; 3203 Willow Ridge Trail, Carrollton, Texas 75007, Estados Unidos de América; 2903 Panorama Drive, Carrollton, Texas 75007, Estados Unidos de América; 9930 Ontario Lane, Dallas, Texas 75220, Estados Unidos de América; 701 Rosita Street, Irving, Texas 75062, Estados Unidos de América; 4329 Pearl Ct., Plano, Texas 75024, Estados Unidos de América; 3609 Whitehaven Drive, Plano, Texas 75093, Estados Unidos de América; 3573 Pennacle Bay Point, Little Elm, Texas 75068, Estados Unidos de América; 1628 Old Course Drive, Plano, Texas 75093, Estados Unidos de América.

Nacionalidad o Domicilio: Estados Unidos de América

⑤ PCT (85)

Solicitud Internacional No. PCT/US2008/051578

Fecha 21.01.2008

Publicación Internacional No. WO/2008/091821

Fecha 31.07.2008

⑥ Título (54)

MÉTODO PARA REDUCIR LA FORMACIÓN DE ACRILAMIDA EN ALIMENTOS TÉRMICAMENTE PROCESADOS

⑦ Clasificación Internacional (51)

A23L 1/01; A23L 1/164

⑧ Prioridad

SI

☒

NO

☐

(33) País de Origen

US

(32) Fecha

26.01.2007

(31) Número de Solicitud

11/627,810

⑨

Comprobante de pago No. 09-48683; 09-48471; 09-48653

Fecha JULIO 6/09; JULIO 6/09; JULIO 6/09

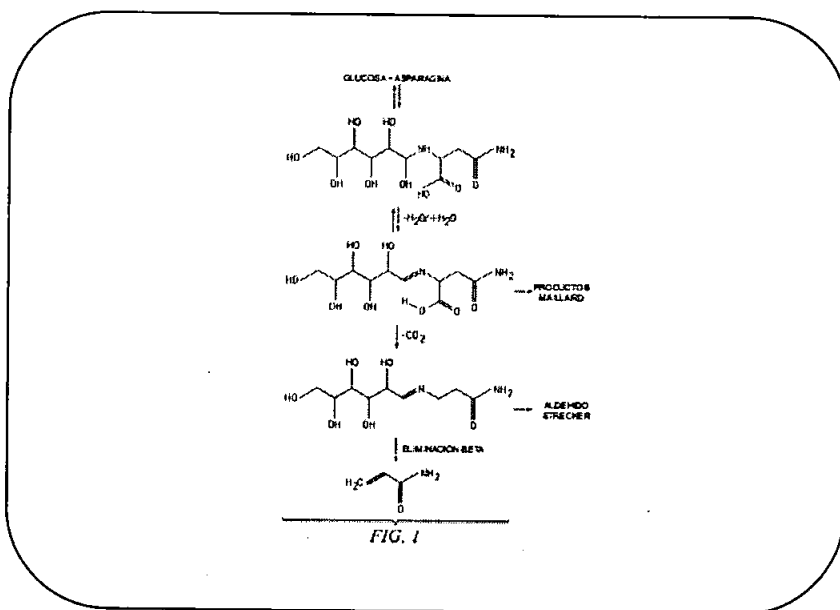
Instrucciones para el diligenciamiento del presente formulario, ver reverso de esta página

10

ANEXOS

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud
- ☒ Documento que acredite la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica
- ☒ Poderes, si fuere el caso
- ☒ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante (VER DECLARACIONES)
- ☒ Declaraciones
- ☒ Copia de la solicitud internacional. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☒ Traducción de la solicitud internacional al castellano. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☐ Copia del examen preliminar internacional efectuado por la Autoridad Internacional de Examen preliminar (IPEA)
- ☐ Traducción del examen preliminar internacional efectuado por la IPEA
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas
- ☐ De ser el caso, certificado de depósito del material biológico
- ☒ Arte final 12 x 12
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud
- ☐ De ser el caso, modificaciones efectuadas a la solicitud internacional.
- ☒ Otros: Extractos

11 FIGURA CARATERISTICA



12 Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE: ALVARO CORREA ORDONEZ

FIRMA:

C.C: 79.143.366 de Usaquén

T.P: 20.281

Instrucciones para la presentación de los anexos, ver reverso de esta página

POD-4018

Traducción Oficial No. 0308072 al español de un documento escrito en inglés, certificada por Jaime Armando Garavito Burgos, c.c. N° 19.130.702 de Bogotá, Traductor e Intérprete Oficial inglés-español-inglés según Resolución N° 034 de enero 11 de 1983 expedida por el Ministerio de Justicia de la República de Colombia

TRADUCCIÓN DE APOSTILLA ANEXA A DOCUMENTO DE PODER
OTORGADO POR FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC.

(Aparece impreso sello del Estado de Texas)

Estado de Texas
Secretaría de Estado
APOSTILLA

- 1. País: Estados Unidos de América
Este documento público
- 2. Ha sido firmado por LISA MITCHELL
- 3. Quien actúa en calidad de Notario Público, Estado de Texas
- 4. Lleva el sello de LISA MITCHELL, Notario Público, Estado de Texas,
Comisión vence: Julio 25 de 2007

Certificado

- 5. En Austin, Texas
- 6. El 20 de julio de 2007
- 7. Por el Secretario del Estado de Texas
- 8. Certificado N° N-599842
- 9. Sello (Aparece sello del Estado de Texas)
- 10. Firma (firmado) Phil Wilson, Secretario de Estado

[No se traduce documento de poder por estar en inglés y en español]

Jaime A. Garavito
JAIME A. GARAVITO
TRADUCTOR E INTERPRETE OFICIAL
C.C. 19.130.702 DE BOGOTÁ 11 DE ENERO DE 1983
MINISTERIO DE JUSTICIA



Traducción Oficial No. 0308072 al español de un documento escrito en inglés, certificada por Jaime Armando Garavito Burgos, c.c. N° 19.130.702 de Bogotá, Traductor e Intérprete Oficial inglés-español-inglés según Resolución N° 034 de enero 11 de 1983 expedida por el Ministerio de Justicia de la República de Colombia

[No se traduce certificación notarial por estar en inglés y en español]

[Sello en tinta que dice: "LISA MITCHELL, Notario Público. Estado de Texas.

Comisión vence julio 25, 2009"]

La anterior es traducción fiel y completa de la cual se deja copia en esta oficina para su confrontación.

Jaime A. Garavito B.

Jaime Armando Garavito Burgos
c.c. N° 19.130.702 de Bogotá

Traductor e Intérprete Oficial según Resolución N° 034 de enero 11 de 1983
expedida por el Ministerio de Justicia

BOGDM5 # 84913

Jaime A. Garavito B.

JAIME A. GARAVITO B

TRADUCTOR E INTERPRETE OFICIAL
RES. 034 de enero 11 de 1983
MINISTERIO DE JUSTICIA





The State of Texas

Secretary of State

APOSTILLE

(Convention de La Haye du 5 Octobre 1961)

1. Country: United States of America

This public document

2. has been signed by LISA MITCHELL

3. acting in the capacity of Notary Public, State of Texas

4. and bears the seal/stamp of LISA MITCHELL, Notary Public, State of Texas, Commission Expires: 07-25-09

CERTIFIED

5. at Austin, Texas

6. on July 20, 2007

7. by the Secretary of State of Texas

8. Certificate No. N-599842

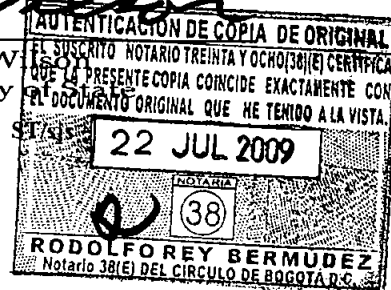
9. Seal

10. Signature:



Phil Wilson

Phil Wilson
Secretary of State



BAKER & MCKENZIE

Raisbeck, Lara, Rodríguez & Rueda
Av. 82 No. 10 - 62 Piso 6
Bogotá, Colombia

NIT: 860.068.840-3
Tel: +57 1 634 1500
Fax: +57 1 376 2211
www.bakernet.com

POWER OF ATTORNEY

The undersigned.

Frito-Lay North America, Inc.
domiciled in

7701 Legacy Drive, Plano, Texas 75024-4099, US

declares that it hereby grants to

ALVARO CORREA-ORDOÑEZ and/or OLGA GEORGETTE
OTERO and/or RICARDO METKE and/or JUAN PABLO
CONCHA

with domicile at Av. 82 No. 10 – 62, 6th floor, of Bogotá D. C., Colombia, a full and sufficient power of attorney to obtain the protection of my (our) industrial property and against the unfair competition, for which purpose I (we) authorize the said attorneys to represent me (us) before any authorities or persons, with or without jurisdiction, specially those administrative, administrative contentious and judicial, as well as before Arbitration Court, in all matters concerning the following: a) Obtainment of patents, utility models, industrial designs, integrated circuits, layout-designs and vegetal varieties; the registration of trademarks, denominations of origin, commercial names, trade emblems, slogans and domain names; its renewal, assignments, change of name or domicile, voluntary cancellation; and the registration of licenses of use of the above rights; b) Processes of protection to the consumer, unfair competition, oppositions, cancellations, nullity, precautionary injunctions, infringement, granting of licenses, writ mandamus, the protection of trade secrets, and in general the civil, penal, an administrative processes relating to those rights. And that in all the above matters they may substitute this Power of Attorney, compromise, conciliate, admit the facts of the case, desist, cancel, receive, resign, and ratify acts done by representatives without a power of attorney.

I hereby ratify all actions previously taken on behalf of this company by the aforementioned attorneys with respect to the mentioned matters.

Done and subscribed in Plano, TX, US

On the 15th day of June of 2007


Thomas P. Schur, Assistant Secretary

CFLAY.00262LA

-1-

PODER

La abajo firmada,

Frito-Lay North América, Inc.
domiciliada en

7701 Legacy Drive, Plano, Texas 75024-4099
Estados Unidos de América

declara por el presente que otorga a

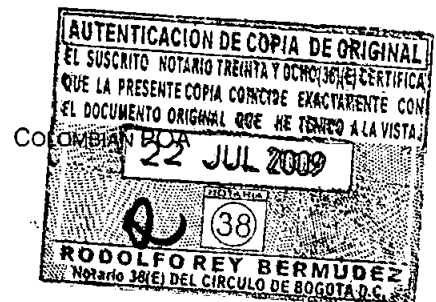
ALVARO CORREA-ORDOÑEZ and/or OLGA GEORGETTE
OTERO and/or RICARDO METKE and/or JUAN PABLO
CONCHA

con domicilio en la Av. 82 No. 10 – 62 Piso 6 en Bogotá D. C., Colombia, poder especial amplio y suficiente, para obtener la protección de mi (nuestra) propiedad industrial y contra la competencia desleal, a cuyo efecto autorizo (amos) a los dichos apoderados para que me (nos) representen ante cualesquiera autoridades o personas, ejerzan o no jurisdicción, especialmente ante las del orden administrativo, contencioso-administrativo y judicial, así como los tribunales de arbitramento, en todo lo concerniente a los siguientes asuntos: a) Obtención de patentes de invención, modelos de utilidad, diseños industriales, esquemas de trazado de circuitos integrados y variedades vegetales; el registro de marcas, denominaciones de origen, nombres comerciales, enseññas, lemas comerciales y nombres de dominio; su renovación, traspaso, cambio de nombre o domicilio, cancelación voluntaria; y el registro de licencias de uso de esos derechos; b) Los procesos para la protección del consumidor, competencia desleal, oposiciones, cancelaciones, nulidades, medidas cautelares, infracciones, concesión de licencias, la tutela, la protección de secretos industriales, y en general procesos civiles, penales, administrativos relacionados con estos derechos. Y para que en todos los asuntos arriba determinados, puedan sustituir este mandato, transigir, conciliar, admitir los hechos del caso, desistir, cancelar, recibir, renunciar, y ratificar los actos de agentes oficiosos.

Igualmente, ratifico todo lo actuado hasta el momento en los mismos asuntos, por cualquiera de los mencionados apoderados en representación de ésta sociedad.

Dado y firmado en Plano, Texas, estados Unidos de
América
A los 15 días del mes de Junio de 2007

Firma de la persona que firma el Poder



NOTARIAL CERTIFICATION

On this 1st day of June

2007, the undersigned Notary

CERTIFIES

1. That **Thomas P. Schur**

of legal age and domiciled in **Plano, Texas, US**

set his hand on the foregoing document.

2. That the grantor is to me personally known and that he/she has legal capacity to execute the instrument.

3. That the grantor has executed the foregoing document as Assistant Secretary

of the judicial person **Frito-Lay North America, Inc.**

4. That the judicial person **Frito-Lay North America, Inc.**

having its home office in **Plano, Texas, US**

is duly organized, has present legal existence and that the purposes for which the power of attorney is granted are within the scope of its corporate purposes.

5. That the grantor has in fact the referred to authority and that his/her representation is legal.

6. That I have based certifications 3, 4 and 5 above on the following authentic documents for such purpose exhibited to me and which I mention specifically, giving their dates and their origin or source:

Lisa Mitchell
Articles of Incorporation were filed with Delaware Secretary of State on September 10, 1989.

Notary Public



CFLAY.00223LA

-2-

CERTIFICACION NOTARIAL

A los 15 días del mes de junio

de 2007, el suscrito Notario

DA FE

1. Que **Thomas P. Schur**

mayor y domiciliado en **Plano, Texas, Estados Unidos de América**

suscribió de su puño y letra el documento que antecede.

2. Que conozco al otorgante y que éste tiene capacidad legal para el otorgamiento.

3. Que el otorgante ha suscrito el referido documento en su carácter de **Subsecretario**

de la persona jurídica **Frito-Lay North América, Inc.**

4. Que la persona jurídica **Frito-Lay North América, Inc.**

con sede en **Plano, texas, Estados Unidos de América**

está legalmente constituida, que tiene existencia legal actual y que el acto para el cual se otorga el poder está comprendido entre los que constituyen su objeto social.

5. Que el otorgante tiene efectivamente la representación que ostenta y que ésta es legítima.

6. Que he basado las certificaciones 3, 4 y 5 anteriores en los siguientes documentos auténticos que al efecto se me exhibieron y que menciono específicamente con expresión de sus fechas y de su origen o procedencia:

Escritura de Constitución presentada ante la Secretaría de Estado de Delaware el 10 de septiembre de 1989.

El Notario Público



Box No. VIII (ii) **DECLARATION: ENTITLEMENT TO APPLY FOR AND BE GRANTED A PATENT**
The declaration must conform to the standardized wording provided for in Section 212; see Notes to Boxes Nos. VIII, VIII (i) to (v) (in general) and the specific Notes to Box No. VIII (ii). If this Box is not used, this sheet should not be included in the request.

Declaration as to the applicant's entitlement, as at the international filing date, to apply for and be granted a patent (Rules 4.17(ii) and 51bis.1(a)(ii)), in a case where the declaration under Rule 4.17(iv) is not appropriate:

In relation to this international application,

FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC. is entitled to apply for and be granted a patent by virtue of the following:

an Assignment from

BOUDREAUX, Eric
DESAI, Pravin Maganlal
ELDER, Vincent Allen
FULCHER, John Gregory
JOSEPH, Ponnattu Kurian
LI, Wu
RAO, V.N. Mohan
TOPOR, Michael Grant
VOGEL, Gerald James

to FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC.
7701 Legacy Drive
Plano, TX 75024-4099
US

and recorded of record by the USPTO on March 5, 2007, at Reel/Frame No. 018959/0403.

☐ This declaration is continued on the following sheet, "Continuation of Box No. VIII (ii)".

Sheet No. 6

Box No. VIII (iii) **DECLARATION: ENTITLEMENT TO CLAIM PRIORITY**

The declaration must conform to the standardized wording provided for in Section 213; see Notes to Boxes Nos. VIII, VIII (i) to (v) (in general) and the specific Notes to Box No. VIII (iii). If this Box is not used, this sheet should not be included in the request.

Declaration as to the applicant's entitlement, as at the international filing date, to claim the priority of the earlier application specified below, where the applicant is not the applicant who filed the earlier application or where the applicant's name has changed since the filing of the earlier application (Rules 4.17(iii) and 51bis.1(a)(iii)):

In relation to this international application,

FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC. is entitled to claim priority of earlier application No. 11/627,810 by virtue of the following:

an Assignment from

BOUDREAUX, Eric
DESAI, Pravin Maganlal
ELDER, Vincent Allen
FULCHER, John Gregory
JOSEPH, Ponnattu Kurian
LI, Wu
RAO, V.N. Mohan
TOPOR, Michael Grant
VOGEL, Gerald James

to FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC.
7701 Legacy Drive
Plano, TX 75024-4099
US

and recorded of record by the USPTO on March 5, 2007, at Reel/Frame No. 018959/0403.

☐ This declaration is continued on the following sheet, "Continuation of Box No. VIII (iii)".

Sheet No. 7

Box No. VIII (iv) **DECLARATION: INVENTORSHIP** (only for the purposes of the designation of the United States of America)
The declaration must conform to the following standardized wording provided for in Section 214: see Notes to Boxes Nos. VIII, VIII (i) to (v) (in general) and the specific Notes to Box No. VIII (iv). If this Box is not used, this sheet should not be included in the request.

**Declaration of inventorship (Rules 4.17(iv) and 51bis.1(a)(iv))
for the purposes of the designation of the United States of America:**

I hereby declare that I believe I am the original, first and sole (if only one inventor is listed below) or joint (if more than one inventor is listed below) inventor of the subject matter which is claimed and for which a patent is sought.

This declaration is directed to the international application of which it forms a part (if filing declaration with application).

This declaration is directed to international application No. PCT/..... (if furnishing declaration pursuant to Rule 26ter).

I hereby declare that my residence, mailing address, and citizenship are as stated next to my name.

I hereby state that I have reviewed and understand the contents of the above-identified international application, including the claims of said application. I have identified in the request of said application, in compliance with PCT Rule 4.10, any claim to foreign priority, and I have identified below, under the heading "Prior Applications," by application number, country or Member of the World Trade Organization, day, month and year of filing, any application for a patent or inventor's certificate filed in a country other than the United States of America, including any PCT international application designating at least one country other than the United States of America, having a filing date before that of the application on which foreign priority is claimed.

Prior Applications:

I hereby acknowledge the duty to disclose information that is known by me to be material to patentability as defined by 37 C.F.R. § 1.56, including for continuation-in-part applications, material information which became available between the filing date of the prior application and the PCT international filing date of the continuation-in-part application.

I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issued thereon.

Name: **BOUDREAUX, Eric**

Residence: **Dallas, TX, US**

(city and either US state, if applicable, or country)

Mailing Address: **1122 Jackson Street, #207**

Dallas, TX 75202

US

Citizenship: **US**

Inventor's Signature: Date: **January**, 2008

(The signature must be that of the inventor, not that of the agent)

Name: **DESAI, Pravin Maganlal**

Residence: **Carrollton, TX, US**

(city and either US state, if applicable, or country)

Mailing Address: **3203 Willow Ridge Trail**

Carrollton, TX 75007

US

Citizenship: **US**

Inventor's Signature: Date: **January**, 2008

(The signature must be that of the inventor, not that of the agent)

☒ This declaration is continued on the following sheet, "Continuation of Box No. VIII (iv)".

Sheet No. ... 8 ...

Continuation of Box No. VIII (i) to (v) DECLARATION

If the space is insufficient in any of Boxes Nos. VIII (i) to (v) to furnish all the information, including in the case where more than two inventors are to be named in Box No. VIII (iv), in such case, write "Continuation of Box No. VIII ..." (indicate the item number of the Box) and furnish the information in the same manner as required for the purposes of the Box in which the space was insufficient. If additional space is needed in respect of two or more declarations, a separate continuation box must be used for each such declaration. If this Box is not used, this sheet should not be included in the request.

CONTINUATION OF BOX VIII(iv):

Name: ELDER, Vincent Allen

Citizenship: US

Residence: 2903 Panorama Drive, Carrollton, Dallas County, Texas 75007

Signature: _____ Date: January ____, 2008

Name: FULCHER, John Gregory

Citizenship: US

Residence: 9930 Ontario Lane, Dallas, Dallas County, Texas 75220

Signature: _____ Date: January ____, 2008

Name: LEUNG, Henry Kin-Hang

Citizenship: US

Residence: 3704 Ellington Drive, Plano, Collin County, Texas 75093

Signature: _____ Date: January ____, 2008

Name: LI, Wu

Citizenship: US

Residence: 4329 Pearl Ct., Plano, Collin County, Texas 75024

Signature: _____ Date: January ____, 2008

Name: RAO, V.N. Mohan

Citizenship: US

Residence: 3609 Whitehaven Drive, Plano, Texas 75093

Signature: _____ Date: January ____, 2008

Name: TOPOR, Michael Grant

Citizenship: US

Residence: 3573 Pennacle Bay Point, Little Elm, Denton County, Texas 75068

Signature: _____ Date: January ____, 2008

Name: VOGEL, Gerald James

Citizenship: US

Residence: 1628 Old Course Drive, Plano, Texas 75093

Signature: _____ Date: January ____, 2008

[END]

Box No. VIII (iv) **DECLARATION: INVENTORSHIP** (only for the purposes of the designation of the United States of America)
The declaration must conform to the following standardized wording provided for in Section 214: see Notes to Boxes Nos. VIII, VIII (i) to (iv) (in general) and the specific Notes to Box No. VIII (iv). If this Box is not used, this sheet should not be included in the request.

Declaration of inventorship (Rules 4.17(iv) and 51b, 1(a)(iv))
For the purposes of the designation of the United States of America:

I hereby declare that I believe I am the original, first and sole (if only one inventor is listed below) or joint (if more than one inventor is listed below) inventor of the subject matter which is claimed and for which a patent is sought.

This declaration is directed to the international application of which it forms a part (if filing declaration with application).

This declaration is directed to international application No. PCT/..... (if furnishing declaration pursuant to Rule 26ter).

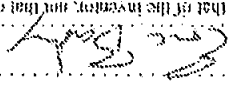
I hereby declare that my residence, mailing address, and citizenship are as stated next to my name.

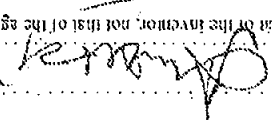
I hereby state that I have reviewed and understand the contents of the above-identified international application, including the claims of said application. I have identified in the request of said application, in compliance with PCT Rule 4.10, any claim to foreign priority, and I have identified below, under the heading "Prior Applications," by application number, country or address of the World Trade Organization, day, month and year of filing, any application for a patent or inventor's certificate filed in a country other than the United States of America, including any PCT international application designating in at least one country other than the United States of America, having a filing date before that of the application on which foreign priority is claimed.

Prior Applications:

I hereby acknowledge the duty to disclose information that is known by me to be material to patentability as defined by 37 C.F.R. § 1.56, including for continuation-in-part applications, material information which became available between the filing date of the prior application and the PCT international filing date of the continuation-in-part application.

I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge and that all statements made on affirmation and belief are believed to be true, and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issued thereon.

Name: **BOUDREAU, Eric**
Residence: **Dallas, TX, US**
(city and either US state, if applicable, or country)
Mailing Address: **1122 Jackson Street, #207 Dallas, TX 75202**
Citizenship: **US**
Inventor's Signature: 
(The signature must be that of the inventor, not that of the agent)
Date: **January 9, 2008**

Name: **DESAI, Pravin Maganlal**
Residence: **Carrollton, TX, US**
(city and either US state, if applicable, or country)
Mailing Address: **3203 Willow Ridge Trail Carrollton, TX 75007**
Citizenship: **US**
Inventor's Signature: 
(The signature must be that of the inventor, not that of the agent)
Date: **January 3, 2008**

☒ This declaration is continued on the following sheet, "Continuation of Box No. VIII (iv)".

Continuation of Box No. VIII (i) to (v) DECLARATION

If the space is insufficient in any of Boxes Nos. VIII (i) to (v) to furnish all the information, including in the case where more than two inventors are to be named in Box No. VIII (iv), in such case, write "Continuation of Box No. VIII ..." (indicate the item number of the Box) and furnish the information in the same manner as required for the purposes of the Box in which the space was insufficient. If additional space is needed in respect of two or more declarations, a separate continuation box must be used for each such declaration. If this Box is not used, this sheet should not be included in the request.

CONTINUATION OF BOX VIII(iv):

Name: ELDER, Vincent Allen

Citizenship: US

Residence: 2903 Panorama Drive, Carrollton, Dallas County, Texas 75007

Signature: _____

Date: January ____, 2008

Name: FULCHER, John Gregory

Citizenship: US

Residence: 9930 Ontario Lane, Dallas, Dallas County, Texas 75220

Signature: _____

Date: January ____, 2008

Name: LEUNG, Henry Kin-Hang

Citizenship: US

Residence: 3704 Ellington Drive, Plano, Collin County, Texas 75093

Signature: Henry LeungDate: January 30, 2008

Name: LI, Wu

Citizenship: US

Residence: 4329 Pearl Ct., Plano, Collin County, Texas 75024

Signature: _____

Date: January ____, 2008

Name: RAO, V.N. Mohan

Citizenship: US

Residence: 3609 Whitehaven Drive, Plano, Texas 75093

Signature: _____

Date: January ____, 2008

Name: TOPOR, Michael Grant

Citizenship: US

Residence: 3573 Pennacle Bay Point, Little Elm, Denton County, Texas 75068

Signature: _____

Date: January ____, 2008

Name: VOGEL, Gerald James

Citizenship: US

Residence: 1628 Old Course Drive, Plano, Texas 75093

Signature: _____

Date: January ____, 2008

[END]

Continuation of Box No. VIII (i) to (v) DECLARATION

If the space is insufficient in any of Boxes Box. VII (i) to (v) to furnish all the information, including in the case where more than two inventors are to be named in Box No. VII (iv), in such case, write "Continuation of Box No. VII..." (indicate the item number of the Box) and furnish the information in the same manner as required for the purposes of the Box in which the space was insufficient. If additional space is needed in respect of two or more declarations, a separate continuation box must be used for each such declaration. If this box is not used, this sheet should not be included in the request.

CONTINUATION OF BOX VIII(iv):

Name: ELDER, Vincent Allen

Citizenship: US

Residence: 2903 Panorama Drive, Carrollton, Dallas County, Texas 75007

Signature: Vincent A. Elder

Date: January 31, 2008

Name: FULCHER, John Gregory

Citizenship: US

Residence: 9930 Ontario Lane, Dallas, Dallas County, Texas 75220

Signature: John G. Fulcher

Date: February 21, 2008

Name: LEUNG, Henry Kin-Hang

Citizenship: US

Residence: 3704 Ellington Drive, Plano, Collin County, Texas 75093

Signature: _____

Date: January _____, 2008

Name: LI, Wu

Citizenship: US

Residence: 4329 Pearl Ct., Plano, Collin County, Texas 75024

Signature: Wu Li

Date: February 21, 2008

Name: RAO, V.N. Mohan

Citizenship: US

Residence: 3609 Whitehaven Drive, Plano, Texas 75093

Signature: V. N. Mohan Rao

Date: January 29, 2008

Name: TOPOR, Michael Grant

Citizenship: US

Residence: 3573 Pennacle Bay Point, Little Elm, Denton County, Texas 75068

Signature: Michael Grant Topor

Date: January 29, 2008

Name: VOGEL, Gerald James

Citizenship: US

Residence: 1628 Old Course Drive, Plano, Texas 75093

Signature: Gerald James Vogel

Date: February 14, 2008

[END]

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
31 July 2008 (31.07.2008)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2008/091821 A2

- (51) International Patent Classification:
A23L 1/216 (2006.01)
- (21) International Application Number:
PCT/US2008/051578
- (22) International Filing Date: 21 January 2008 (21.01.2008)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
11/627,810 26 January 2007 (26.01.2007) US
- (71) Applicant (for all designated States except US):
FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC. [US/US];
7701 Legacy Drive, Plano, TX 75024-4099 (US).
- (72) Inventors; and
- (75) Inventors/Applicants (for US only): BOUDREAUX,
Eric [US/US]; 1122 Jackson Street, #207, Dallas, TX
75202 (US). DESAI, Pravin, Maganlal [US/US]; 3203
Willow Ridge Trail, Carrollton, TX 75007 (US). EL-
DER, Vincent, Allen [US/US]; 2903 Panorama Drive,
Carrollton, TX 75007 (US). FULCHER, John, Gregory

[US/US]; 9930 Ontario Lane, Dallas, TX 75220 (US).
JOSEPH, Ponnattu, Kurian [US/US]; 701 Rosita Street,
Irving, TX 75062 (US). LI, Wu [US/US]; 4329 Pearl Ct.,
Plano, TX 75024 (US). RAO, V.n., Mohan [US/US];
3609 Whitehaven Drive, Plano, TX 75093 (US). TOPOR,
Michael, Grant [US/US]; 3573 Pinnacle Bay Point, Little
Elm, TX 75068 (US). VOGEL, Gerald, James [US/US];
1628 Old Course Drive, Plano, TX 75093 (US).

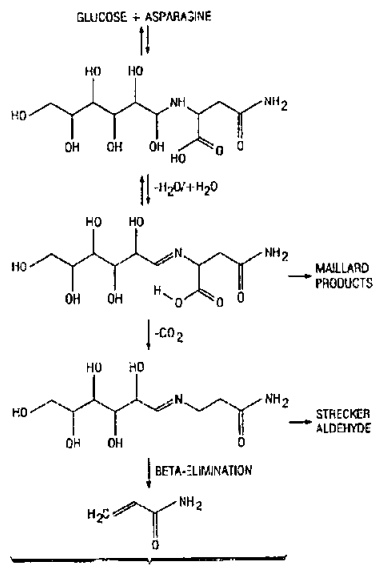
- (74) Agent: CAHOON, Colin, P.; Carstens & Cahoon, LLP,
P.o. Box 802334, Dallas, TX 75380 (US).
- (81) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE,
EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID,
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN,
MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV,
SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN,
ZA, ZM, ZW.

[Continued on next page]

(54) Title: METHOD FOR REDUCING ACRYLAMIDE FORMATION IN THERMALLY PROCESSED FOODS

(57) Abstract: A method for reducing the amount of asparagme, a pre-cursor of acrylamide, in food products that are thermally processed. This invention permits the production of foods having significantly reduced levels of acrylamide. The method includes contacting a potato feed such as potato slices containing asparagme, an acrylamide pre-cursor, with a leaching solution to extract asparagme out of the potato feed. Thermally processing the leached potatoes will result in a potato product having a lower level of acrylamide than a non-leached, thermally processed potato product.

FIG. 1



WO 2008/091821 A2



- (84) Designated States** *(unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available):* ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii))

— of inventorship (Rule 4.17(iv))
- Published:**

— without international search report and to be republished upon receipt of that report
- Declarations under Rule 4.17:**

— as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii))

17

METHOD FOR REDUCING ACRYLAMIDE FORMATION
IN THERMALLY PROCESSED FOODS

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0001] Technical Field

[0002] The present invention relates to a method for reducing the amount of asparagine, a pre-cursor of acrylamide in a food product. This invention permits the production of foods having significantly reduced levels of acrylamide, and more particularly the invention is directed towards a method for leaching at least one acrylamide pre-cursor with an extract that is deficient in the acrylamide pre-cursor being leached.

[0003] Description of Related Art

[0004] The chemical acrylamide has long been used in its polymer form in industrial applications for water treatment, enhanced oil recovery, papermaking, flocculants, thickeners, ore processing and permanent-press fabrics. Acrylamide precipitates as a white crystalline solid, is odorless, and is highly soluble in water (2155 g/L at 30° C). Synonyms for acrylamide include 2-propenamide, ethylene carboxamide, acrylic acid amide, vinyl amide, and propenoic acid amide. Acrylamide has a molecular mass of 71.08, a melting point of 84.5°C, and a boiling point of 125°C at 25 mmHg.

[0005] In very recent times, a wide variety of foods have tested positive for the presence of acrylamide monomer. Acrylamide has especially been found primarily in carbohydrate food products that have been heated or processed at high temperatures. Examples of foods that have tested positive for acrylamide include coffee, cereals, cookies, potato chips, crackers, french-fried potatoes, breads and rolls, and fried breaded meats. In general, relatively low contents of acrylamide have been found in heated protein-rich foods, while relatively high contents of acrylamide have been found in carbohydrate-rich foods, compared to non-detectable levels in

unheated and boiled foods. Reported levels of acrylamide found in various similarly processed foods include a range of 330 - 2,300 ($\mu\text{g/kg}$) in potato chips, a range of 300 - 1100 ($\mu\text{g/kg}$) in French fries, a range 120 - 180 ($\mu\text{g/kg}$) in corn chips, and levels ranging from not detectable up to 1400 ($\mu\text{g/kg}$) in various breakfast cereals.

[0006] It is presently believed that acrylamide is formed from the presence of amino acids and reducing sugars. For example, it is believed that a reaction between free asparagine, an amino acid commonly found in raw vegetables, and free reducing sugars accounts for the majority of acrylamide found in fried food products. Asparagine accounts for approximately 40% of the total free amino acids found in raw potatoes, approximately 18% of the total free amino acids found in high protein rye, and approximately 14% of the total free amino acids found in wheat.

[0007] The formation of acrylamide from amino acids other than asparagine is possible, but it has not yet been confirmed to any degree of certainty. For example, some acrylamide formation has been reported from testing glutamine, methionine, cysteine, and aspartic acid as pre-cursors. These findings are difficult to confirm, however, due to potential asparagine impurities in stock amino acids. Nonetheless, asparagine has been identified as the amino acid pre-cursor most responsible for the formation of acrylamide.

[0008] Since acrylamide in foods is a recently discovered phenomenon, its exact mechanism of formation has not been confirmed. However, it is now believed that the most likely route for acrylamide formation involves a Maillard reaction. The Maillard reaction has long been recognized in food chemistry as one of the most important chemical reactions in food processing and can affect flavor, color, and the nutritional value of the food. The Maillard reaction requires heat, moisture, reducing sugars, and amino acids.

[0009] The Maillard reaction involves a series of complex reactions with numerous intermediates, but can be generally described as involving three steps. The first step of the Maillard reaction involves the combination of a free amino group (from free amino acids and/or proteins) with a reducing sugar (such as glucose) to form Amadori or Heyns rearrangement products. The second step involves degradation of the Amadori or Heyns rearrangement products via different alternative routes involving deoxyosones, fission, or Strecker degradation. A complex series of reactions including dehydration, elimination, cyclization, fission, and fragmentation result in a pool of flavor intermediates and flavor compounds. The third step of the Maillard reaction is characterized by the formation of brown nitrogenous polymers and co-polymers. Using the Maillard reaction as the likely route for the formation of acrylamide, **Figure 1** illustrates a simplification of suspected pathways for the formation of acrylamide starting with asparagine and glucose.

[0010] Acrylamide has not been determined to be detrimental to humans, but its presence in food products, especially at elevated levels, is undesirable. As noted previously, relatively higher concentrations of acrylamide are found in food products that have been heated or thermally processed. The reduction of acrylamide in such food products could be accomplished by reducing or eliminating the pre-cursor compounds that form acrylamide, inhibiting the formation of acrylamide during the processing of the food, breaking down or reacting the acrylamide monomer once formed in the food, or removing acrylamide from the product prior to consumption. Understandably, each food product presents unique challenges for accomplishing any of the above options. For example, foods that are sliced and cooked as coherent pieces may not be readily mixed with various additives without physically destroying the cell structures that give the food products their unique characteristics upon cooking. Other processing requirements

for specific food products may likewise make acrylamide reduction strategies incompatible or extremely difficult.

[0011] By way of example, **Figure 2** illustrates well known prior art methods for making fried potato chips from raw potato stock. The raw potatoes, which contain about 80% or more water by weight, first proceed to a peeling step 21. After the skins are peeled from the raw potatoes, the potatoes are then transported to a slicing step 22. The thickness of each potato slice at the slicing step 22 is dependent on the desired the thickness of the final product. An example in the prior art involves slicing the potatoes to a thickness of about 0.04 to about 0.08 inches. These slices are then transported to a washing step 23, wherein the surface starch on each slice is removed with water. The washed potato slices are then transported to a cooking step 24. This cooking step 24 typically involves frying the slices in a continuous fryer at, for example, about 171°C to about 182°C (340-360°F) for approximately two to three minutes. The cooking step generally reduces the moisture level of the chip to less than 2% by weight. For example, a typical fried potato chip exits the fryer with approximately 1-2% moisture by weight. The cooked potato chips are then transported to a seasoning step 25, where seasonings are applied in a rotation drum. Finally, the seasoned chips proceed to a packaging step 26. This packaging step 26 usually involves feeding the seasoned chips to one or more weighers which then direct chips to one or more vertical form, fill, and seal machines for packaging in a flexible package. Once packaged, the product goes into distribution and is purchased by a consumer.

[0012] Minor adjustments in a number of the potato chip processing steps described above can result in significant changes in the characteristics of the final product. For example, an extended residence time of the slices in water at the washing step 23 can result in leaching compounds from the slices that provide the end product with its potato flavor, color and texture.

Increased residence times or heating temperatures at the cooking step 24 can result in an increase in the Maillard browning levels in the chip, as well as a lower moisture content. If it is desirable to incorporate ingredients into the potato slices prior to frying, it may be necessary to establish mechanisms that provide for the absorption of the added ingredients into the interior portions of the slices without disrupting the cellular structure of the chip or leaching beneficial compounds from the slice.

[0013] By way of another example of heated food products that represent unique challenges to reducing acrylamide levels in the final products, snacks can also be made as a fabricated snack. The term “fabricated snack” means a snack food that uses as its starting ingredient something other than the original and unaltered starchy starting material. For example, fabricated snacks include fabricated potato chips that use a dehydrated potato product as a starting material and corn chips which use a masa flour as its starting material. It is noted here that the dehydrated potato product can be potato flour, potato flakes, potato granules, or any other form in which dehydrated potatoes exist. When any of these terms are used in this application, it is understood that all of these variations are included.

[0014] Referring back to **Figure 2**, a fabricated potato chip does not require the peeling step 21, the slicing step 22, or the washing step 23. Instead, fabricated potato chips start with a dehydrated potato product such as potato flakes. The dehydrated potato product is mixed with water and other minor ingredients to form a dough. This dough is then sheeted and cut before proceeding to a cooking step. The cooking step may involve frying or baking. The chips then proceed to a seasoning step and a packaging step. The mixing of the potato dough generally lends itself to the easy addition of other ingredients. Conversely, the addition of such ingredients to a raw food product, such as potato slices, requires that a mechanism be found to allow for the

penetration of ingredients into the cellular structure of the product. However, the addition of any ingredients in the mixing step must be done with the consideration that the ingredients may adversely affect the sheeting characteristics of the dough as well as the final chip characteristics.

[0015] It would be desirable to develop one or more methods of reducing the level of acrylamide in the end product of heated or thermally processed foods. Ideally, such a process should substantially reduce or eliminate the acrylamide in the end product without adversely affecting the quality and characteristics of the end product. Further, the method should be easy to implement and, preferably, add little or no cost to the overall process.

[0016] U.S. Patent No. 3,934,046 ("Weaver"), does not specifically address a method for reducing acrylamide formation but, its teachings are pertinent to the problem at hand. It is well known in the art that the browning of thermally processed foods is caused in part by the heating of amino acids, such as asparagine, in the presence of reducing sugars. As explained in Weaver, "the browning tendency of the tubers increases as the content of reducing sugars increases. It has also been demonstrated that the reducing sugars react with the nitrogenous constituents in the potatoes, producing dark-colored reaction products." Weaver teaches that leaching raw potato pieces with hot water reduces the browning that occurs in the cooking phase. Weaver, however, also explains the undesirable effect of leaching purely with hot water: "in the case of potato chips, hot-water leaching is not employed because texture and flavor are almost completely destroyed under conditions necessary to adequately prevent darkening." This is because the water leaches all components of the potato slices for which a concentration gradient exists between the potato stock and the water. Consequently, all sugars and amino acids are leached indiscriminately from the potato stock.

[0017] Although Weaver was not directed towards reducing acrylamide levels in thermally processed foods, Weaver's general concept of leaching potato pieces can be improved upon and applied to the present problem of reducing acrylamide formation. It would therefore be useful to have a method for reducing acrylamide formation in thermally processed foods by leaching acrylamide pre-cursors selectively out of raw food pieces without substantially affecting food texture and flavor. Such a method would ideally require removing the leached acrylamide pre-cursors from the leaching extract in order to reuse the leaching extract.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0018] This present invention is a method for reducing the amount of asparagine in a potato products comprising in one embodiment: continuously providing a substantially untreated potato feed having a first concentration of asparagine and leaching asparagine out of said untreated potato feed with an asparagine-deficient potato extract, thereby forming a post-wash extract containing asparagine, as well as a treated potatoes having a second concentration of asparagine that is less than said first concentration. In one embodiment, the method further comprises removing asparagine from said post-wash extract with at least one asparagine removal unit, thereby regenerating said asparagine-deficient potato extract and reusing said asparagine-deficient potato extract.

[0019] In one embodiment, the post-wash extract can be regenerated to reduce asparagine or other acrylamide pre-cursors by one or more methods such as using an enzyme, such as asparaginase, to breakdown the acrylamide pre-cursor asparagine into reaction products to reduce the concentration of the pre-cursor. The resultant reaction products can then be removed in later unit operations. Another method that can be employed to remove the acrylamide pre-cursor is use of an ion exchange resin.

[0020] In another embodiment, the leaching liquid is ultrasonically vibrated while it is in contact with the potato pieces. In yet another embodiment, acrylamide pre-cursors, along with other water-soluble compounds, are non-selectively leached out of the raw potato pieces by pure water, in a first contacting stage. Next, the acrylamide pre-cursors are removed from the leaching extract, and the previously leached, desirable compounds are then returned to the potato pieces in a second contacting stage.

[0021] In one embodiment, the invention provides a method of reducing asparagine in a food ingredient comprising the steps of providing a food ingredient having a first concentration of asparagine, selectively leaching asparagine out of said food ingredient with an asparagine-deficient food extract, such that said food ingredient has a second concentration of asparagine
5 that is less than said first concentration. The above, as well as additional features and advantages of the invention will become apparent in the following written detailed description.

26

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0022] The novel features believed characteristic of the invention are set forth in the appended claims. The invention itself, however, as well as a preferred mode of use, further objectives and advantages thereof, will be best understood by reference to the following detailed description of illustrative embodiments when read in conjunction with the accompanying drawings, wherein:

[0023] **Figure 1** is a schematic of suspected chemical pathways for acrylamide formation;

[0024] **Figure 2** is a schematic of prior art potato chip processing steps;

[0025] **Figure 3** is a graph showing, on the y-axis in parts per billion ("ppb"), acrylamide concentrations of potato test samples that were fried after contacting in various ways described along the x-axis, as well as the final moisture content by weight;

[0026] **Figure 4** is a graph comparing the original results from **Figure 3** with the **Figure 3** results after normalization to a moisture content of about 1.32% by weight;

[0027] **Figure 5** is a graph showing the relationship between acrylamide concentration and final fried product moisture wherein the acrylamide concentration in ppb is on the y-axis, and the moisture content in weight percent is on the x-axis;

[0028] **Figure 6** is a graph showing the relationship between acrylamide concentration and final baked product moisture wherein the acrylamide concentration in ppb is on the y-axis, and the moisture content in weight percent is on the x-axis;

[0029] **Figure 7a** is a graph showing the acrylamide concentrations in potato test samples that were par-fried and then oven-dried at about 120°C (250°F) after various methods of

contacting, wherein acrylamide concentrations are shown on the y-axis in ppb, and the various contact methods are described on the x-axis;

[0030] **Figure 7b** is a graph showing the last six data points of **Figure 7a** on a narrower acrylamide concentration scale;

5 [0031] **Figure 8** is a graph showing the data from **Figure 7a** after normalizing the par-fry data to a moisture level of about 3.13% by weight and normalizing the oven-dry data to a moisture level of about 1.25% by weight;

[0032] **Figure 9** is a graph showing on the y-axis in ppb: 1) the acrylamide levels of potato test samples that were contacted in the various ways shown on the x-axis, then par-fried at
10 about 178°C (353°F), and 2) the acrylamide levels of those same potato test samples after oven-drying at about 176°C (350°F), normalized to a moisture level of about 0.76% by weight;

[0033] **Figure 10** is a chart showing the operating conditions and results of an experiment in which a control sample of potato slices was atmospheric fried to about 1.4% moisture by weight, and a test sample was atmospheric fried to about 2.5% moisture by weight, then oven-
15 dried to about 1.4% moisture by weight;

[0034] **Figure 11** is a chart showing the operating conditions and results of several experiments in which a control sample of potato slices was atmospheric fried to about 0.8% moisture by weight, and four test samples were atmospheric par-fried to about 3-10% moisture by weight, then low-temperature vacuum fried to below 1% moisture by weight; and

20 [0035] **Figure 12** is a chart showing the operating conditions and results of seven experiments in which four test samples were atmospheric fried in oil with initial temperatures ranging from about 165°C to about 180°C (329°F-356°F) for about 3-4 minutes, and three test samples were low-temperature vacuum fried for about 4-10 minutes at temperatures ranging

from about 100°C to about 140°C (212°F-284°F) and pressures ranging from about 50 to about 100 millibars.

[0036] **Figure 13a** is a schematic diagram of a system and method for leaching asparagine out of a continuous feed of raw potato pieces according to one embodiment of the present invention;

[0037] **Figure 13b** is a schematic diagram of a unit and method for regenerating a pre-cursor-removing unit saturated with acrylamide pre-cursors according to another embodiment of the invention;

[0038] **Figure 14** is a schematic diagram of a system and method for non-selectively leaching water-soluble compounds from a continuous feed of raw potato pieces into a stream of water, removing asparagine from the stream of water, and returning some of the previously-leached water-soluble compounds to the potato pieces according to another embodiment of the invention; and

[0039] **Figure 15** is a schematic diagram of a system and method adding an enzyme to the de-starched, post-wash extract to provide an acrylamide pre-cursor deficient solution, contacting raw food or untreated potato pieces having a native concentration of asparagine in the acrylamide pre-cursor deficient solution to preferentially leach out the acrylamide pre-cursor from the untreated food pieces such that the raw food piece has a reduced concentration of asparagine that is less than the native concentration, and removing the treated food pieces from the extraction unit.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0040] The formation of acrylamide in thermally processed foods requires a source of carbon and a source of nitrogen. It is hypothesized that carbon is provided by a carbohydrate source and nitrogen is provided by a protein source or amino acid source. Many plant-derived food ingredients such as rice, wheat, corn, barley, soy, potato and oats contain asparagine and are primarily carbohydrates having minor amino acid components. Typically, such food ingredients have a small amino acid pool, which contains other amino acids in addition to asparagine. There are twenty standard amino acids that are the building blocks of proteins and can be found in these food ingredients including, but not limited to, lysine, alanine, asparagine, glutamine, arginine, histidine, glycine and aspartic acid.

[0041] By "thermally processed" is meant food or food ingredients wherein components of the food, such as a mixture of food ingredients, are heated to food temperatures of at least 120°C at ambient pressure. Thermally processing can also encompass lower temperatures at pressures below atmospheric. The food ingredient may be separately processed at elevated temperature prior to the formation of the final food product. As referred to herein, the thermally-processed foods include, by way of example and without limitation, all of the foods previously listed as examples of fabricated snacks and fabricated foods, as well as French fries, yam fries, other tuber or root materials, cooked vegetables including cooked asparagus, onions, and tomatoes, coffee beans, cocoa beans, cooked meats, dehydrated fruits and vegetables, heat-processed animal feed, tobacco, tea, roasted or cooked nuts, soybeans, molasses, sauces such as barbecue sauce, plantain chips, apple chips, fried bananas, and other cooked fruits. Examples of thermally processed food ingredients include processed oats, par-boiled and dried rice, cooked soy products, corn masa, roasted coffee beans and roasted cacao beans.

[0042] Alternatively, raw food ingredients can be used in the preparation of the final food product wherein the production of the final food product includes a thermal heating step. One example of raw material processing wherein the final food product results from a thermal heating step is the manufacture of potato chips from raw potato slices by the step of frying at a temperature of from about 120°C to about 220°C or the production of French fries or other fried food products at similar temperatures. In accordance with the present invention, however, a significant formation of acrylamide has been found to occur when the amino acid asparagine is heated in the presence of a simple sugar. Heating other amino acids such as lysine and alanine in the presence of a simple sugar such as glucose does not lead to the formation of acrylamide. But, surprisingly, the presence of asparagine with another amino acid, such as lysine, in the presence of a simple sugar does cause an increase in the formation of acrylamide that is much greater than when asparagine is the only amino acid present.

[0043] Having established the rapid formation of acrylamide when asparagine is heated in the presence of a simple sugar, a reduction of acrylamide in thermally processed foods can be achieved by inactivating the asparagine. By "inactivating" is meant removing asparagine from the food or rendering asparagine non-reactive along the acrylamide formation route by means of conversion or binding to another chemical that interferes with the formation of acrylamide from asparagine.

[0044] One such method for inactivating is to contact asparagine with the enzyme asparaginase. This enzyme decomposes asparagine to aspartic acid and ammonia. Asparagine may also be inactivated as the pre-cursor of acrylamide in a thermally processed food by leaching. The solubility of asparagine in an aqueous solution can be facilitated when the pH of the solution is maintained as slightly acidic or slightly basic, preferably between a pH of about 5

and about 6.5 and between about 7.5 and about 9.0 at ambient temperature. The solubility of asparagine can also be facilitated by supplying an elevated temperature of between about 100°F (37°C) and about 150°F. Asparagine may further be inactivated as the pre-cursor of acrylamide in a thermally processed food by fermentation. Asparagine can also be incorporated into
5 proteins to inactivate asparagine as a pre-cursor to acrylamide. Asparagine may be further inactivated as the pre-cursor of acrylamide by the addition of a pH reducing salt such as calcium lactate, calcium chloride or calcium malate.

[0045] Other techniques will be evident to those skilled in the art to effect the inactivation of asparagine in a way that interferes with the formation of acrylamide. With lower
10 levels of asparagine in the food ingredient or the food product prior to thermal processing, the level of acrylamide in the final processed food will be dramatically reduced.

Example:

[0046] The reduction of acrylamide formation when asparagine and glucose are heated in the presence of the enzyme asparaginase is demonstrated in this example. The enzyme
15 asparaginase was dissolved in about 0.05 M Tris-hydrochloric acid buffer at pH 8.6 to make an active asparaginase solution. A control asparaginase solution was also made by heating a portion of the active asparaginase solution at about 100°C for about 20 minutes to deactivate the enzyme. In the control, about 0.2 grams glucose, about 0.1 gram asparagine and about 20 mils of the heated asparaginase solution were combined in a 20-ml headspace vial. In the active enzyme
20 experiment, about 0.2 grams of glucose, about 0.1 grams asparagine and about 20 mils of active asparaginase solution were combined in a 20-ml headspace vial. The amount of enzyme in the vial was about 250 enzyme units. The control and active enzyme mixtures were processed together in duplicate. The vials were kept at about 37°C for about 2 hours, then placed in an

about 80°C oven for about 40 hours to evaporate to dryness. After heating, about 0.2 ml of water was added to each vial. The vials were then heated in a gas chromatographic oven with the following temperature profile: proceeding from an initial temperature of about 40°C; heating about 20°C per minute to about 200°C; and holding at about 200°C for about 2 minutes before
5 cooling to about 40°C. The reaction mixtures were then extracted with about 50 ml water and acrylamide in the water was measure by GC-MS. The values measured are shown in Table 1 below:

Test Material	Acrylamide (ppb)	Percent Reduction
Control 1	334,810	-----
Control 2	324,688	-----
Active Asparaginase 1	66	99.9
Active Asparaginase 2	273	99.9

TABLE 1: Acrylamide Formation in the Presence of Asparaginase and Glucose

[0047] As can be seen, treatment of the system with an enzyme that decomposes
10 asparagine to aspartic acid and ammonia reduced acrylamide formation by more than 99.9%. This experiment establishes that reducing the concentration of asparagine, or the reactive nature of asparagine, will reduce acrylamide formation.

[0048] In addition to inactivating asparagine, plant-derived food ingredients can also be sourced from plants that are bred and selected for having asparagine levels that are lower than
15 those of other similar plants. A reduction in the amount of asparagine in the plant-derived food ingredient will be reflected in the amount of acrylamide that is formed under the same conditions of thermal treatment.

[0049] The above demonstrates the reduction of acrylamide that can be achieved by additives such as asparaginase. However, investigations into the effects of the various unit operations or processing steps on the formation of acrylamide in finished food products have also lead to interesting results. These results demonstrate an ability to modify one or more unit operations in any given prior art process for making a food product so that the resulting cooked food product has a reduced concentration of acrylamide. By "reduced concentration of acrylamide" is meant a concentration of acrylamide that is lower than the concentration that would have formed during an unmodified prior art process for cooking the particular food product in question. The terms "reduced concentration of acrylamide," "reduced acrylamide concentration," and "reduced acrylamide level" are all used interchangeably in this application. For the purpose of this application, "unit operations" means a definable segment of an overall method for producing a food product. For example, referring to **Figure 2**, each one of the potato chip processing steps (the peeling step 21, the slicing step 22, the washing step 23, the cooking step 24, the seasoning step 25, and the packaging step 26) is considered a separate unit operation with regard to the overall process of producing a potato chip food product.

[0050] A first example of the manipulation of a unit operation involves the washing step 23 (illustrated in **Figure 2**) of potato chips produced by slicing raw potato stock. The prior art method of washing slices involves rinsing the chips with water at room temperature. The average residence time of each chip in this water rinse in the prior art is typically less than about 60 seconds, depending on the equipment used.

[0051] **Figure 3** illustrates how the chip washing unit operation can be manipulated such that acrylamide levels in the finished chip product can be adjusted. According to the present invention, the washing step 23 can be manipulated to comprise a contacting step, where a

continuous feed of potato slices is contacted with an aqueous solution for residence times and at temperatures that differ from those used in the prior art washing step. **Figure 3** is a chart showing on the left (from the viewer's perspective) vertical or y-axis, the amount of acrylamide ("AA") in parts per billion ("ppb") found in the finished potato chip product. The right vertical or y-axis of the graph in **Figure 3** shows the percent moisture by weight in the finished chip product. The acrylamide level is charted on the graph by the vertical bars, while the percent moisture level is charted by the line plot. The horizontal or x- axis of the chart shown in **Figure 3** lists various processing parameter changes made to the washing unit operations of a potato chip manufacturing process. The cooking time and temperature were identical for all product runs reflected in **Figure 3**. Specifically, each sample was fried at about 178°C (353°F) for about 120-140 seconds. Consequently, the moisture levels of the end product tended to vary.

[0052] By way of comparison to the results shown in **Figure 3**, the prior art washing step described above, using chip-stock potatoes sliced to a thickness of .05 inches and fried at about 178°C (353°F) for about 120-140 seconds, results in a finished product having an acrylamide level of about 300-500 ppb (which can be higher depending on glucose content and other potato stock variable) and a final moisture level by weight of about 1.4%. This prior art result is quite similar to the first data point 31 found on the chart shown in **Figure 3**, which represents the base data point and involves a washing step with a water residence time for the potato slices of two to three minutes. Maintaining all other parameters in the overall processing of the potato chip, this minor change in the washing unit operations results in no noticeable change in the acrylamide level (approximately 330 ppb) or the moisture level of the finished product (approximately 1.35%), as compared to a product finished according to the prior art washing step.

[0053] The next data point 32 shown on the graph in **Figure 3** reflects a change in the washing step that comprises contacting the potato slices with water as the aqueous solution, increasing the contact time of the aqueous solution with the potato slices to ten minutes, and increasing the temperature of the aqueous solution from ambient or room temperature to about 38°C (100°F). This adjustment resulted in a decrease of the acrylamide in the finished product to approximately 210 ppb and a reduction in the moisture level of the finished product to less than 1% by weight. Interestingly, the third data point 33 reflects that increasing the aqueous solution (again, water) temperature to about 54°C (130°F) with an average contact time of five minutes did not result in appreciable reduction in acrylamide levels in the finished product. By contrast, the fourth data point 34 demonstrates an appreciable reduction in acrylamide levels in the final product (below 100 ppb) when the washing unit operation involves a contacting step providing one minute contact time with an aqueous solution comprising water at a temperature of about 82°C (180°F). However, the moisture level of the end-product chip was nearly 1.8%. The fifth data point 35 reflects that using a 1% L-Cysteine solution as the aqueous solution, at ambient temperatures for fifteen minutes, reduces the acrylamide level in the final product to less than 250 ppb.

[0054] In the graph illustrated in **Figure 4**, the experiment results shown in **Figure 3** (the first of each pair of vertical bars) are normalized to depict the acrylamide levels that could be expected if the test samples were fried to the same standardized moisture level (the second of each pair of vertical bars). By assuming that the percent change in acrylamide level is inversely proportional to the percent change in the moisture level when moisture levels are low, the results of the test data shown in **Figure 3** can be normalized by multiplying the actual acrylamide levels by the percent change in the moisture levels required to reach the final moisture level of the

base/standard sample. Normalizing the experiment data to the same moisture level allows one to more accurately compare the relative effectiveness of each contacting method at reducing acrylamide formation.

[0055] Referring back to **Figure 4**, the vertical or y- axis is again labeled in ppb of acrylamide found in the finished product. The horizontal or x- axis is labeled to show the parameters of each data point. In **Figure 4**, each data point shows a pair of vertical bars, the bars on the left of a pair are imported from **Figure 3** while the bars on the right of a pair reflect the expected results of the same contacting process parameters if the final product were fried to a uniform or standardized moisture level of 1.32%.

[0056] Once again, the first data point 41 is the base sample involving a two to three minute water wash at ambient temperature. The second data point 42 involves the contacting step according to the present invention, where the potato slices are contacted with an aqueous solution comprising water at a temperature of about 38°C (100°F) for a ten minute contact time. The left-hand bar again reflects that such contacting followed by frying at approximately 178°C (353°F) for about 120-130 seconds will result in just over 200 ppb acrylamide in the finished product and a finished product having a moisture level of less than 1%. However, the right-hand bar demonstrates that if a chip thus contacted were fried to a standardized moisture level of 1.32%, the projected acrylamide level would drop to approximately 150 ppb.

[0057] A similar desirable result occurs with regard to the third data point 43, while the fourth data point 44 reflects that the reduction of the moisture level of the finished product slightly raises the acrylamide level found. Interestingly, the last data point 45 reflects significant acrylamide reduction when an aqueous solution comprising 1% L-Cysteine and a fifteen-minute contact time is used. Furthermore, a particularly low acrylamide level is projected for a final

chip moisture level of 1.32% by weight. It is also interesting to note that the projected acrylamide level for potato slices contacted with 1% L-Cysteine for a fifteen-minute contact time is nearly the same as the projected level for slices contacted with an aqueous solution comprising water for ten minutes at about 38°C (100°F).

5 [0058] Acrylamide reduction can also be achieved in other ways. Because asparagine appears to be the major pre-cursor to acrylamide, it is desirable to remove asparagine prior to cooking potato pieces so that acrylamide formation is reduced in the final cooked product. One embodiment of the present invention comprises a method for removing asparagine by using an asparagine-deficient potato extract or solution to leach asparagine out of raw potato pieces before
10 cooking. Note that the terms 'pre-cursor' and 'asparagine' can be used interchangeably in this description, since asparagine has been identified as the single pre-cursor most directly linked to acrylamide formation. However, the invention can likewise be used to remove any specific pre-cursor identified as necessary for acrylamide formation.

[0059] Leaching of components in the potato slices by the potato extract or the leaching
15 stream occurs for those components for which a concentration gradient exists between the soluble matter in the potato slices and the potato extract or the leaching stream. The leaching may be accomplished selectively by a potato extract that is deficient in the acrylamide pre-cursor to be removed, but has concentration levels of other desirable soluble matter or solutes that are at or near equilibrium with the corresponding concentration levels in the potato slices. By
20 'equilibrium' is meant one of two conditions: 1) the aqueous concentrations of a particular solute are substantially the same both in the extract and in the potatoes; or 2) the extract is saturated and cannot absorb any more of that particular solute. As used herein, desirable soluble matter is

defined as any native soluble potato compound, other than reducing sugars, that is not an acrylamide pre-cursor.

[0060] An example of selective leaching involves making the potato extract deficient in asparagine, and then contacting the raw potato slices with the asparagine-deficient potato extract to selectively leach asparagine out of the raw potato slices. In one embodiment, the leaching is further enhanced by ultrasonically vibrating the potato extract while the potato extract is in contact with the potato slices. If desired, the potato extract or the leaching stream can be treated to remove the leached acrylamide pre-cursors so that the potato extract or the leaching stream can be recycled for continuous use in the leaching of more potato slices.

[0061] Tests were run to ascertain the levels of asparagine in potato slices soaked in different solutions for different residence times. Twelve separate tests and a control test were performed. The control sample consisted of a fresh, unsoaked potato slice. The twelve tests consisted of soaking potato slices in four different solutions at three different residence times. The results are summarized in the Table 2 below.

Solution heated to 120°F	Residence Time Soaked in Solution	Asparagine in Potatoes (wt%)	% Asparagine Reduction from Control
Control	--	0.66	0
Water	15 minutes	0.47	29
Water with Asparaginase	15 minutes	0.37	43
Potato Extract	15 minutes	0.39	41
Potato Extract with Asparaginase	15 minutes	0.39	41
Water	40 minutes	0.33	51
Water with Asparaginase	40 minutes	0.31	53
Potato Extract	40 minutes	0.25	63
Potato Extract with Asparaginase	40 minutes	0.12	81

Water	60 minutes	0.26	61
Water with Asparaginase	60 minutes	0.20	70
Potato Extract	60 minutes	0.25	62
Potato Extract with Asparaginase	60 minutes	0.05	93

TABLE 2: Asparagine reduction of potato slices soaked in potato extract.

[0062] Each batch of potato extract started with about 800 grams of peeled potato slices and about 1500 mL of water placed in a blender and made into an unfiltered potato extract. The unfiltered extract was then vacuum filtered through a laboratory filter paper with a 20 to 25 micrometer pore size to remove solids.

[0063] The filtered extract was further concentrated by repeating the steps in the above paragraph, but instead of adding about 800 grams of peeled potato slices to about 1500 mL of water, the 800 grams of potato slices were added to the filtered extract. This process was repeated several times to build-up the concentration of desirable soluble matter in the potato extract so as to minimize the amount of desirable soluble matter that was leached out of the potato slices.

[0064] The filtered potato extract was next heated to a temperature of 120°F. About 340 microliters of asparaginase having 14,280 units/ml was added to 1500 mL of the potato extract to result in an asparagine-deficient potato extract having about 4844 units of asparaginase. Of course, other levels of asparaginase can be used and in one embodiment, about 3,000 units to about 100,000 units of asparaginase are used per kilogram of total raw potato used to make the asparagine-deficient potato extract. Lower levels of asparaginase can be used, but more time may be required to achieve desired, lowered levels of asparagine in the asparagine-deficient

potato extract. Higher levels of asparaginase can be used, but may be cost prohibitive in commercial embodiments.

[0065] All potato slice samples having a solids content of about 17.6% and were peeled and sliced. The control samples were not placed into any solution and the other samples were placed into each of the four solutions depicted in Table 2 above (water, water + asparaginase, potato extract, potato extract + asparaginase) that were maintained at 120°F for about 15, about 40 and about 60 minutes and were tested for asparagine. The test results depicted by Table 2 above illustrate that potato extract is more effective than water in removing asparagine from potato slices. Further, because the asparagine was selectively removed from the potato slice, the serious impairment of texture and flavor from prior art hot water leaching does not occur since the levels of reducing sugars and other desirable soluble matter in the potato slice remains at acceptable levels. Consequently, one embodiment of the present invention comprises providing a potato extract deficient in asparagine and contacting potatoes such as sliced potatoes having a first concentration of asparagine with the asparagine-deficient potato extract to selectively leach asparagine from the potato slices. The potato slices can then be removed from the asparagine deficient potato extract, optionally rinsed and thermally processed. Separate tests have shown a relationship between the level of asparagine in a food product and the resultant level of acrylamide in that food product. Consequently, the resultant thermally processed potato slices with a reduced level of asparagine will have a reduced level of acrylamide.

[0066] In one embodiment, the potato extract is initially made from a potato to water ratio of between about 0.5 grams and about 2 grams of peeled potato is used per 1 mL of added solution. Higher potato to water ratios can make filtration more difficult. Thus, a lower ratio may be more desirable, especially if the potato extract is further concentrated by blending

additional raw potato and filtered extract into an unfiltered extract and filtering the unfiltered extract into a potato extract. This process can be repeated until the potato extract is at or near equilibrium with the corresponding concentration levels in the potato slices.

[0067] Further, although the potato extract disclosed above uses a ratio of 800 grams of peeled potato slices to 1500 mL of water or filtered extract, this ratio can be optimized. Added water creates some concentration gradient between desirable soluble matter such as reducing sugars and the potato extract. Consequently, in one embodiment, additives such as reducing sugars including fructose and glucose are added to the potato extract to further minimize the concentration gradient of desirable soluble matter. Further, the initial solution can comprise additives such as reducing sugars or other desirable soluble matter to further reduce the concentration gradient.

[0068] In one embodiment, the level of added water is minimized. In one embodiment, the level of water initially added is eliminated. Consequently, no water is added and the extract comprises macerated potato. In one embodiment, the macerated potato is vacuum filtered into a potato extract.

[0069] Although the above illustrates a batch method that can be used to reduce asparagine, the method can be modified to run on a semi-continuous or continuous basis, as described below.

[0070] Before cooking potato slices or pieces, raw potatoes are typically peeled, sliced or cut, and then washed to remove excess starch and debris. As illustrated by the selective leaching system 1300 in **Figure 13a**, the washing phase can be modified to include a continuous process for leaching acrylamide pre-cursors out of a continuous substantially untreated potato feed. For purposes herein, a peeled potato slice is untreated. In one embodiment, three main unit

operations are used to wash the potatoes and selectively extract the main pre-cursor, asparagine:

- 1) an extraction unit 1320 leaches asparagine out of an untreated potato feed 1310 and into an asparagine-deficient potato extract 1380; 2) a starch removal unit 1340 removes excess, unbound starch 1336; and 3) at least one asparagine removal unit 1350 removes asparagine from the de-
- 5 starched, post-wash potato extract 1334, which is then recycled (as asparagine-deficient extract 1380) to continuously wash and leach the untreated potato feed 1310. Thus treated potato slices 1312 then proceed to the next processing step, such as cooking or heating.

[0071] In the first unit operation, a stream of peeled and sliced potatoes containing acrylamide pre-cursors ("untreated potatoes") 1310 enters an extraction unit 1320, similar to the

10 prior art washing step 23 of **Figure 2**, where the potatoes are contacted with a pre-cursor deficient potato extract 1380. The pre-cursor deficient potato extract 1380 comprises a stream of water containing all of the water-soluble potato components with the exception of the particular acrylamide pre-cursor to be removed from the untreated potato feed 1310. Thus, at steady-state in the preferred embodiment, the pre-cursor deficient potato extract 1380 comprises an aqueous

15 solution or suspension of all the water-soluble potato solids and compounds except asparagine. The potato extract generally includes water-soluble compounds such as reducing and non-reducing sugars, starches, and various amino acids. At steady-state, the concentrations of water-

soluble compounds in the pre-cursor deficient extract 1380, other than starch and asparagine, are either in or nearly in equilibrium with the corresponding concentrations of water-soluble

20 compounds in the untreated potato feed 1310. During the system start-up, the concentrations of water-soluble compounds in the pre-cursor deficient extract 1380 are brought up to equilibrium levels by cycling a predetermined amount of pure water (distilled, de-ionized, or treated by reverse-osmosis) through the leaching system 1300 until enough water-soluble matter is leached

out of the untreated potato feed 1310 and into the extract 1322. Because the initial stream of potatoes entering the extraction unit are leached with water that is still relatively pure, a significant amount of desirable soluble matter is extracted out of those potatoes and into the cycling water. Some of those potatoes leached during start-up may result in lower quality potato chips after cooking, thus it may be desirable to simply discard those start-up potatoes after leaching. Similarly, it may also be desirable during start-up to use potatoes that would have otherwise been discarded because of an unacceptable size or shape. Again, those start-up potatoes may be discarded after washing if too much of the desired soluble compounds have been leached out.

[0072] In this and other embodiments involving selective leaching of asparagine, it is desirable for the pre-cursor deficient extract 1380 concentration levels (other than asparagine, excess starch, and undesirable impurities) to be in or nearly in equilibrium with the corresponding concentration levels in the untreated potato feed 1310 so that no concentration gradients draw desirable soluble matter out of the untreated potato feed 1310 during leaching.

Thus, in one embodiment, there are only two major concentration gradients that should exist between the untreated potato feed 1310 and the pre-cursor deficient extract 1380 entering the extraction unit 1320: one drawing asparagine from the untreated potato feed 1310 to the pre-cursor deficient extract 1380, and another drawing starch from the untreated potato feed 1310 to the pre-cursor deficient extract 1380. In one embodiment, the potato slices are pre-washed to

remove loose starch from the slices and reduce starch build-up in the extraction unit 1320.

Furthermore, it may be desirable to use a heated pre-cursor deficient extract 1380. Because the solubility of asparagine in water increases with temperature, higher wash/leaching temperatures increase the amount of asparagine that can be leached with a given flow rate of pre-cursor

deficient extract 1380. For example, typical leaching solution temperatures can range from about 70°F to about 150°F. Further, the higher end of this temperature range (about 120°F to about 150°F) can be more preferred when potato extract is the leachate because less desirable soluble matter is leached due to the preferential leaching of asparagine.

5 [0073] Referring again to **Figure 13a**, as the asparagine-deficient potato extract 1380 contacts the untreated potatoes 1310 in the extraction unit 1320, asparagine and starch are leached into the pre-cursor deficient extract 1380. In the preferred embodiment, the pre-cursor deficient extract 1380 contacts the untreated potatoes 1310 in a continuous, countercurrent fashion. It is well understood in the art that countercurrent flow, as compared to parallel flow,
10 more effectively leaches a desired solute from a given solid. In another embodiment, the extraction process is further enhanced by ultrasonically vibrating the pre-cursor deficient extract 1380 while it is in contact with the untreated potato feed 1310. High frequency, short amplitude vibrations help increase the rate of mass transfer by reducing the thickness of boundary layers around the potato pieces. For example, more asparagine is leached out of potato slices in pure
15 water when the slices are subjected to ultrasonic frequencies of 68 kHz and 170 kHz than is leached in pure water when no ultrasonic frequency is applied to the potato slices. Thus, ultrasonic frequencies will therefore also leach more asparagine out of potato slices into an asparagine-deficient extract than would be leached into the same extract absent ultrasonic treatment.

20 [0074] Various methods can be used to effect a continuous countercurrent extraction between the untreated potato feed 1310 and the pre-cursor deficient extract 1380. For example, one embodiment of the extraction unit 1320 utilizes at least one screw-type, immersion extractor similar to the kind used for blanching potatoes. In general, a screw-type extractor comprises a

helix rotating inside a tube. The helix moves the solid to be leached in one direction along down the length of the tube while a countercurrent stream of extracting solvent flows along down the length of the tube in the opposite direction. Screw-type extractors for blanching potatoes are well known in the art, thus the construction and operation of screw-type extractors need not be described in detail herein. In this embodiment, untreated potatoes 1310 enter a screw-type extraction unit 1320 and are then continuously moved along by a rotating spiral or helix that runs the length of the extraction unit 1320. To increase throughput, the untreated potato feed 1310 can be divided and sent through several screw-type extraction units 1320 in parallel, then rejoined after exiting the extraction units. Within each such screw-type extraction unit 1320, the pre-cursor deficient potato extract 1380 enters the unit at the end where the treated potatoes 1312 exit, flows through down the extraction unit 1320 in the opposite direction that the treated potato stream 1310 travels, and exits the unit where the untreated potatoes 1310 first enter the unit 1320. As the pre-cursor deficient extract 1380 flows through down the tube in this countercurrent fashion, the pre-cursor deficient extract 1380 is forced to contact the untreated potato feed 1310, and acrylamide pre-cursors and starch are leached from the untreated potatoes 1310 into the pre-cursor deficient extract 1380. Because the potato pieces 1310 are firmly controlled by the helix, the pre-cursor deficient extract 1380 extract can be pumped through the extraction unit 1320 at higher pressures and velocities to more effectively leach out the acrylamide pre-cursors. However, where the size of the potato piece is important for subsequent processing, care must be taken not to apply pressures that will break or damage individual potato pieces in the feed 1310. The concentration levels of acrylamide pre-cursors, such as asparagine, remaining in the potatoes exiting the extraction unit 1320 depend upon various parameters, such as the residence time in the unit, the flow rates of both the untreated potato feed 1310 and the

pre-cursor deficient extract 1380, and the temperature of the pre-cursor deficient extract 1380. For example, if a lower final concentration of pre-cursors is desired in the treated potato stream 1312, the length of the extraction unit 1320 can be increased, thereby increasing residence time.

[0075] Another embodiment of the extraction unit 1320 comprises a wash tank

5 containing pre-cursor deficient potato extract 1380. In this particular embodiment, an open- or wire-mesh type conveyor carries untreated potatoes 1310 into one end of the tank and immerses them in the pre-cursor deficient potato extract 1380 for a predetermined time and distance before bringing the leached potatoes 1312 out of the pre-cursor deficient extract 1380 at the opposite end of the wash tank. To impart a countercurrent exchange between the pre-cursor deficient
10 extract 1380 and the untreated potato feed 1310, the pre-cursor deficient extract 1380 can be introduced into the tank at the end where the leached potatoes 1312 are removed, and the post-wash extract 1322 can be removed at the end where the untreated potato feed 1310 enters the tank. In potato chip manufacturing processes currently using a wash-tank type unit for removing excess starch, this particular embodiment of the acrylamide pre-cursor deficient extraction unit
15 1320 is easily implemented. The existing starch-removal wash tank can still be used with only a few minor changes. However, one disadvantage of this type of extractor is that the relative velocity between the untreated potato feed 1310 and the pre-cursor deficient extract 1380, within the tank must be low enough to prevent the untreated potato feed 1310 from being forced off of the conveyor. Thus, this embodiment may not leach pre-cursors out a potato feed 1310 as
20 quickly as screw-type extractors.

[0076] Yet another embodiment of the extraction unit 1320 involves leaching by percolation of a pre-cursor deficient extract 1380 through moving beds of potato feed 1310. One such type of extractor is the Bollman extractor, which comprises a revolving bucket elevator in

47

an enclosed casing. The bottom of every bucket, which contains potato feed 1310 to be leached, is perforated so that extract 1380 can percolate downwards from bucket to bucket. As Bollman-type extractors are well known in the art, the construction and operation of such extractors need not be described in great detail herein. The revolving elevator has both a rising side and a

5 declining side, and it also has separate sumps for the rising and declining sides in which extract

collects. Unlike the previous extraction unit embodiments, Bollman-type extractors have both

countercurrent- and concurrent-flow sections: a countercurrent-flow section on the rising side

and a concurrent-flow section on the declining side. In operation, untreated potatoes 1310 are

placed into buckets at the top of the elevator on the declining side, and a pre-cursor deficient

10 extract 1380 is introduced over the top buckets on the rising side. Extract that has percolated its

way through the buckets on the rising side collects in the rising-side sump. The extract in the

rising-side sump is pumped back to the top of the elevator and introduced over the buckets on the

declining side. After reaching the declining-side sump, the post-wash extract 1322 is pumped

out of the extraction unit 1320 and on to the next unit operation. Once the untreated potatoes

15 1310 have made their way down the declining side and up the rising side, they are removed from

the top buckets on the rising side and transferred out of the extraction unit 1320. Leaching by

percolation offers several advantages over leaching by immersion. Percolation typically offers a

greater extraction rate than immersion because there tends to be more mixing in percolation, due

to a shorter boundary layer between the extract solvent and the solids. When compared to screw-

20 type immersion extractors, there tends to be less mechanical damage to the flakes. Furthermore,

there is less tendency for plugging.

[0077] Yet another embodiment of the extraction unit 1320 comprises an inclined channel through which a potato pre-cursor deficient extract 1380 flows. While the pre-cursor

48

deficient extract 1380 flows down the channel from its higher end to its lower end, an open- or wire-mesh type conveyor transports untreated potatoes 1310 up the channel and through the downward flowing pre-cursor deficient extract 1380. In order to promote greater surface area contact between the untreated potatoes 1310 and the pre-cursor deficient extract 1380, this wire-mesh type conveyor can be elevated slightly above the bottom of the channel so that the pre-cursor deficient extract 1380 flows above, below, and around the untreated potatoes 1310 to be leached. The conveyor can comprise any food-grade mesh, chain, perforated, or other liquid-pervious structure made from a durable material, such as stainless steel or another type of metal, a ceramic, or a polymer-based material. Several of these extraction units can be used in series to increase the leaching time and lower the final asparagine concentrations of the treated potatoes 1312 exiting the last extraction unit. Where several such extraction units are used in series, the pre-cursor deficient extract 1380 enters the top of the last extraction unit and makes its way down each unit's inclined channel until it reaches the bottom of the first extraction unit. By that time, the post-wash extract 1322 has pre-cursor concentrations near those of the untreated potatoes 1310.

[0078] After the post-wash extract 1322 exits the extraction unit 1320, it is transferred to the second unit operation, the starch removal unit 1340. In the preferred embodiment, the starch removal unit 1340 comprises a cyclone for centrifugally removing starch. Because starch particles have a higher density than most other water-soluble molecules in the post-wash extract 1322, the spinning cyclone 1340 causes the heavier-than-water starch particles to separate from the extract 1322 at the cyclone walls and then be directed out of the cyclone 1340 as a slurry or paste 1336. The de-starched, post-wash extract 1334 then leaves the cyclone 1340 and is transferred to at least one pre-cursor removal unit 1350. While the preferred embodiment of the

starch removal unit 1340 comprises a cyclone, other types of equipment and methods can be used to remove starch. For example, starch might also be removed by filtration, batch sedimentation, or flocculation. Note, however, that the starch removal unit 1340 is not necessary if starch is eliminated from the untreated potato feed 1310 prior to the extraction unit 1320.

5 [0079] In the third unit operation, the de-starched, post-wash extract 1334 enters at least one pre-cursor removal unit 1350 where the acrylamide pre-cursors are removed. In one embodiment, each pre-cursor removal unit 1350 comprises either a packed-tower- or baffle-tower-type resin column such as an ion exchange resin comprising adsorption materials that selectively bind with the particular acrylamide pre-cursor to be removed. In one embodiment
10 where asparagine is the major pre-cursor to be removed, each resin column comprises an immobilized enzyme such as asparaginase.

[0080] In one embodiment, the pre-cursor removal unit 1350 comprises a column having an asparaginase-coated resin or a resin that selectively removes asparagine from solution by, for example, binding with the asparagine. In one embodiment, as the de-starched, post-wash extract
15 1334 contacts the resin, the asparagine in the extract reacts with the resin and is converted in ammonia and aspartic acid.

[0081] In one embodiment, the de-starched, post-wash extract 1334 is introduced at the top of each column and percolates downward in a circuitous path on its way to the bottom. In one embodiment, as the de-starched, post-wash extract 1334 contacts the resin, asparagine is
20 selectively removed by the resin. In any of the above embodiments, a significant amount of asparagine is removed from the de-starched, post-wash extract 1334 by the time it reaches the bottom of the resin column. As used herein, a significant amount is removed when at least 50% of the asparagine concentration is removed from the de-starched, post-wash extract 1334. The

asparagine-deficient extract 1380 is then removed from the bottom of the resin column and recycled to the extraction unit 1320 for another round of leaching. Several such columns can be operated in series to further reduce the asparagine concentrations in the de-starched, post-wash extract 1334. Furthermore, two or more columns or series of columns can be run in parallel in order to allow one column (or series of columns) to be taken off-line for regeneration without halting the continuous leaching process 1300.

[0082] **Figure 13b** illustrates the regeneration process if required for a resin column that selectively removes asparagine from the solution by binding with the asparagine. When one column's asparagine-removing matter is saturated with asparagine, that column is taken off-line, and the de-starched, post-wash extract 1334 is redirected to the remaining column or columns. A regenerating solution 1360 is sent through the saturated column 1350 to free the asparagine from the surface of the resin. The asparagine-laden regenerating solution 1362 exiting the off-line column 1350 can be discarded, or it can be further processed to isolate the asparagine and recycle the regenerating solution 1360. When most of the asparagine has been stripped out of the column, the flow of regenerating solution 1360 into the column is stopped. A small amount of de-starched, post-wash extract 1334 can then be used to flush out any regenerating solution entrained in the column. At that point, the regeneration is complete, and the column can then be reinstated in the leaching process 1300 shown in **Figure 13a**.

[0083] In an alternative embodiment, the extraction unit operation 1320 can be split into two separate unit operations. The first of these unit operations would involve a washing step similar to the prior art washing step 23 shown in **Figure 2**. This washing step would involve water and would be for the purpose of removing excess starch from the surface of the potato slices. The thus-washed potato slices would then proceed to an extractor unit 1320 to be treated

with a pre-cursor deficient potato extract 1380 that also contained a concentration of starch sufficient to eliminate or substantially reduce the extraction of additional starch from the potato slices. Under such alternative embodiment, the starch removal unit operation 1340 would occur on a separate stream than that depicted on **Figure 13a**.

5 [0084] **Figure 14** depicts another embodiment of the invention in which a non-selective leaching system 1400 is used to wash raw potato pieces and remove asparagine. This non-selective leaching system 1400 comprises four main unit operations: 1) an extraction unit 1420 non-selectively leaches water-soluble compounds, including asparagine, out of a potato feed stream 1410 and into a pre-cursor deficient extract 1460; 2) a starch removal unit 1440 removes
10 excess, unbound starch 1466 from the resulting post-wash extract 1462; 3) at least one asparagine removal unit 1450 removes asparagine from the de-starched, post-wash potato extract 1464; and 4) an absorption/replenishing unit 1480 replenishes the treated potatoes 1412 with some of the previously extracted water-soluble compounds.

 [0085] The extraction unit 1420, starch removal unit 1440, and pre-cursor removal unit(s)
15 1450 shown in **Figure 14** are constructed and operated in a manner similar to that described with respect to the extraction unit 1320, starch removal unit 1340, and pre-cursor removal unit(s) 1350 shown in **Figure 13a**. Unlike the selective leaching system 1300 shown in **Figure 13a**, however, the non-selective leaching system 1400 depicted in **Figure 14** does not require that the untreated potato feed 1410 in the extraction unit 1420 be leached with a potato extract. A
20 continuous stream untreated potato feed 1410 entering the extraction unit 1420 of **Figure 14** can instead be leached with pure water (distilled, de-ionized, or treated by reverse-osmosis) as the pre-cursor deficient extract 1460. Furthermore, as will be understood by reviewing the entire process, the spent potato extract 1472 leaving the last unit operation 1480 can be discarded and

does not have to be recycled to the extraction unit 1420. However, the potato spent extract 1472 can be recycled if desired.

[0086] In the first unit operation of the non-selective leaching system 1400, a continuous stream of raw potatoes containing acrylamide pre-cursors ("untreated potatoes") 1410 flow from one end of an extraction unit 1420 to the other end while a pre-cursor deficient extract 1460 flows through the extraction unit 1420 in the opposite direction, countercurrent to the flow of untreated potatoes 1410. The pre-cursor deficient extract 1460 typically comprises pure water but can alternatively comprise spent potato extract 1472 exiting from an absorption/replenishing unit 1480 or a combination of both pure water and spent extract 1472.

[0087] Unlike the extraction unit 1320 shown in **Figure 13a** where only asparagine and starch molecules are drawn out of a potato feed 1310, the extraction unit 1420 shown in **Figure 14** non-selectively draws any water-soluble compounds out of an untreated potato feed 1410. Because the pre-cursor deficient extract 1460 contains little or none of the water-soluble compounds contained in the untreated potato feed 1410, such as reducing and non-reducing sugars, starch, and asparagine, the concentration gradients between the untreated potato feed 1410 and the pre-cursor deficient extract 1460 cause the water-soluble compounds in the untreated potato feed 1410 to diffuse into the pre-cursor deficient extract 1460. After washing and leaching, the treated potatoes 1412 exit the extraction unit 1420 and proceed to an absorption/replenishing unit 1480, while the post-wash extract 1462 exits the extraction unit 1420 and proceeds to a starch removal unit 1440.

[0088] In the second unit operation of the non-selective leaching system 1400, the post-wash extract 1462, which now contains starch, asparagine, reducing and non-reducing sugars, and other water-soluble compounds, enters a starch removal unit 1440. This unit is constructed



and operated in essentially the same manner as described above with respect to the starch removal unit 1340 shown in **Figure 13a**. The starch removal unit 1440 separates the starch particles from the post-wash extract 1462, and the starch exits the unit as a slurry or paste 1466. The de-starched, post-wash extract 1464 then leaves the starch removal unit 1440 and is
5 transferred to at least one pre-cursor removal unit 1450.

[0089] In the third unit operation of the non-selective leaching system 1400, at least one pre-cursor removal unit 1450 removes asparagine in the same manner as described above with respect to the pre-cursor removal unit(s) 1350 in **Figure 13a**. Similarly, each pre-cursor removal unit 1450 in **Figure 14** is regenerated the same way as each pre-cursor removal unit 1350 shown
10 in **Figure 13b** is regenerated, if necessary. After asparagine is removed from the de-starched, post-wash extract 1464, the resulting pre-cursor deficient replenishing extract 1470 exits the pre-cursor removal unit(s) 1450 and proceeds to an absorption/replenishing unit 1480.

[0090] The fourth unit operation of the non-selective leaching system 1400 returns previously leached water-soluble compounds to the treated potatoes 1412. An
15 absorption/replenishing unit 1480 is used for this purpose and comprises any one of the apparatuses discussed in the several embodiments of the extraction unit 1320 shown in **Figure 13a**. For example, the absorption/replenishing unit 1480 can comprise a screw-type extractor, a wash-tank type extractor, or a Bollman-type percolation extractor. Although most often used to extract solute from solids into a leaching solvent, these apparatuses can also be used to
20 accomplish the reverse -- diffuse solute from solution into solids. Such equipment merely enhances mass transfer between solid and liquid phases. For example, one embodiment of the absorption/replenishing unit 1480 comprises a screw-type extractor. The treated potatoes 1412 from the extraction unit 1420 enter one end of the screw-type extractor 1480 and encounter a

countercurrent flow of pre-cursor deficient replenishing extract 1470. Because the entering pre-cursor deficient replenishing extract 1470 has a relatively high concentration of water-soluble compounds (mainly sugars), and the treated potatoes 1412 have a relatively low concentration of water-soluble compounds, the water-soluble compounds diffuse from the pre-cursor deficient replenishing extract 1470 back into the treated potatoes 1412. Thus, the water-soluble solute concentrations in the treated potatoes 1412 increase as the treated potatoes 1412 progress through the absorption/replenishing unit 1480, and the solute concentrations in the pre-cursor deficient replenishing extract 1470 decrease as the pre-cursor deficient replenishing extract 1470 progresses through the unit 1480. The spent extract 1472 exiting the absorption/replenishing unit can be discarded, or it can be recycled as part of the pre-cursor deficient extract 1460 in the extraction unit 1420. The replenished potatoes 1414 exit the unit 1480 with water-soluble solute levels greater than those in the treated potato stream 1412 but lower than the initial levels in the raw, untreated potatoes 1410.

[0091] If the spent potato extract 1472 is recycled as the pre-cursor deficient extract 1460 entering the extraction unit 1420, the non-selective leaching system will, over time, operate much like the selective leaching system shown in **Figure 13a**. As steady-state is approached, the concentrations of water-soluble matter other than asparagine and starch will increase in the pre-cursor deficient extract 1460, and less matter will be leached out of the untreated potato feed 1410. At steady-state, only asparagine and starch are extracted out of the potato feed 1420 and into the pre-cursor deficient extract 1460, rendering the absorption/replenishing 1480 unit superfluous. Thus, another embodiment of the invention involves using the non-selective leaching system 1400 only during start-up, recycling the spent extract 1472 as pre-cursor deficient extract 1460 in the extraction unit 1420, and then transforming the non-selective

leaching system 1400 into the selective leaching system 1300 shown in **Figure 13 a** by bypassing the absorption/replenishing unit 1480 after steady-state is reached. This embodiment minimizes the amount of solute matter (such as sugars) that is undesirably leached out of the untreated potatoes 1310, 1410 during start-up. It also decreases the number of treated potato pieces 1312, 1412 that must be discarded during start-up due to intolerably low levels of desired solutes.

[0092] In one embodiment, the removal of pre-cursors occurs through leaching by prolonging the blanching step that involves treating whole or sliced potatoes 1410 with hot water 1460 from 100°F to 150°F and more preferably about 120°F to 150°F with soaking times ranging from about 1 minutes to about 5 minutes and more preferably about 3 minutes to about 5 minutes. The temperature/time relation is important because lower temperatures do not remove sufficient amounts of precursors and higher temperatures remove all components too readily. In one embodiment, the potato slices are blanched in a solution having one or more desirable soluble material additives including but not limited to reducing sugars such as glucose and fructose. The blanching step in accordance with one embodiment of the present invention removes amounts of asparagine to effect up to 95% reduction of acrylamide formation. The de-starched, post-wash extract 1464 which contains leached out components from the blanching step is then cooled to prevent the enzyme from becoming inactivated and mixed with enzyme asparaginase with a concentration ranging from 500 to 100,000 units and more preferably between about 3000 to about 100,000 units per 1.4 liters of solution for 5 to 20 minutes. In one embodiment, the de-starched, post-wash extract 1464 is cooled to a temperature of less than about 70°C (158°F) to prevent destruction of asparaginase. In one embodiment, the solution is cooled to a temperature of between about ambient and about 100°F. The asparaginase removes a

majority of the asparagine from the de-starched, post-wash extract 1464. Next, in one embodiment, the blanched treated slices 1412 are replenished with desirable soluble matter with the enzyme treated pre-cursor deficient replenishing extract 1470 to infuse back into the slices the rest of the components (without asparagine) to produce replenished potatoes 1414. The infusion step that occurs in the absorption/replenishing unit 1480 may involve either various temperature/time treatments, possibly higher pressures or vacuum. The slices, after these treatments, are fried per normal frying temperature and times to produce chips.

[0093] Thirteen comparative tests were conducted under various time and temperature relationships to analyze the asparagine leached from potato slices by the prolonged blanching step. In some embodiments, leaching sugars were reintroduced by soaking at different times and assess the impact on asparagine removal. The results of the tests are provided in Table 3 below.

		Slices		Leach
		ASN*	ASN	water
		ppm	Red.	ASN*
Test Conditions		ppm	Red.	ppm
1	Control - Soak for 2 min at ambient temp	2902		20
2	Soak 15 min at 140 °F	1353	53.4	103
3	Soak 30 min at 140 °F	409	85.9	104
4	Soak 60 min at 140 °F	92	96.8	148
5	Soak 15 min@140 °F in 0.02% Glucose/fructose. Rinse.	487	83.2	159
6	Soak 30 min@140 °F in 0.02% Glucose/fructose. Rinse	385	86.8	137
7	Soak 60 min@140 °F in 0.02% Glucose/fructose. Rinse	114	96.1	166
8	Soak 15 min@140 °F /soak 15 min @ 95°F	440	84.8	119
9	Soak 15 min@140 °F /soak 30 min @ 95°F	108	96.3	174
10	Soak 15 min@140 °F /soak 60 min @ 95°F	117	96	167
11	Soak 15 min@140 °F /Cool wash water to 95°F; add 10,000 units enzyme/mix for 10min/soak slices for 15 min.	7	99.8	150
12	Soak 15 min@140 °F Cool wash water to 95 °F; add 10,000 units enzyme/mix for 10min/soak slices for	9	99.7	0

27

	30 min.			
13	Soak 15 min@140 °F / Cool wash water to 95 °F; add 10,000 units enzyme; mix for 10min/soak slices for 60 min.	17	99.4	0
* Avg. of 2 samples				

TABLE 3: Asparagine Reduction of Blanched Potato Slices

[0094] For each test in the table above, 200 grams of potatoes were peeled, sliced to a thickness of 0.053 inches, and soaked in 5 L of water. The slices were then soaked under various conditions to leach out asparagine. After each test, the potato slices and of the leach water were sampled for asparagine. Thus, in the Test 1 control sample, 200 grams of potato slices having a thickness of 0.053 inches were soaked for two minutes in 5 liters pure water at ambient temperature (about 70 °F). Two potato slices tested had an average asparagine concentration of 2,902 ppm of asparagine and the leach water had 20 ppm of asparagine. As indicated by tests 2-4, longer soak times yielded a greater reduction of the concentration of asparagine in the soaked or leached potato slices and a greater concentration of asparagine in the leach water. As indicated by tests 5-7, soaking the potato slices in a solution having 0.02% reducing sugars resulted in a greater (test 5 was greater than test 2) or similar reduction (tests 3 and 6 and tests 4 and 7 were comparable) of the asparagine concentration of potato slices than soaking at the same time and temperature in pure water. This discovery is important because it demonstrates that desired selective leaching can be achieved as effectively or more effectively than non-selective leaching.

[0095] An additional soaking step in pure water at a lower temperature yielded a greater reduction of asparagine as indicated by tests 8-10 as compared to results found by a single soaking step in tests 2-4. Tests 11-13 reveal that a first soaking step in water at 140°F, followed by cooling the water to 95°F to prevent the enzyme from becoming inactivated by surrounding

the bucket with ice, followed by adding 10,000 units of asparaginase, mixing for 10 minutes and allowing the potato slices to soak removes over 99% of the asparagine in the potato slices. Further, when the final soak step is 30 minutes or longer, as indicated by tests 12 and 13, no detectable amount of asparagine is left in the leached water.

5 [0096] **Figure 15** is a schematic diagram of a system and method adding an enzyme 1555 to the de-starched, post-wash extract 1574 to provide an acrylamide pre-cursor deficient solution 1580, contacting raw food or untreated potato pieces 1510 having a native concentration of asparagine in the acrylamide pre-cursor deficient solution 1580 to preferentially leach out the acrylamide pre-cursor from the untreated food pieces 1510 such that the raw food piece has a
10 reduced concentration of asparagine that is less than the native concentration, and removing the treated food pieces 1512 from the extraction unit 1520. As illustrated by the leaching system 1500 in **Figure 15**, the washing phase can be modified to include a continuous process for leaching acrylamide pre-cursors out of a continuous potato feed 1510.

[0097] In one embodiment, five main unit operations are used to wash the potatoes and
15 selectively extract the main pre-cursor, asparagine: 1) a blender 1530 makes a potato extract 1532; 2) a starch removal unit 1540 removes excess, unbound starch and potato solids 1546; 3) at least one asparagine removal unit 1550 removes asparagine from the de-starched, post-wash potato extract 1534, which is then recycled (as asparagine-deficient extract 1552) to continuously wash and leach the untreated potato feed 1510; and 4) at least one reaction product removal unit
20 1560 can be used to avoid build-up of reaction products such as ammonia and aspartic acid that can result from reacting asparagine with asparaginase in the pre-cursor removal unit 1550; and 5) an extraction unit 1520 leaches asparagine out of an untreated potato feed stream 1510 and into an asparagine-deficient potato extract 1580.

[0098] In the first unit operation, used principally during start-up, or as a make-up stream, raw peeled and sliced potatoes 1514 and water 1516 are added to a blender 1530 to make potato puree or potato extract 1532. In this and other embodiments involving selective leaching of asparagine, it is desirable for the extract concentration levels (other than asparagine, excess starch, and undesirable impurities) to be as close to equilibrium with the corresponding concentration levels in the untreated potato feed 1510 to minimize concentration gradients that can draw desirable soluble matter out of the untreated potato feed 1510 during leaching. Thus, in one embodiment, if the potato slices are not pre-washed, there are only two major concentration gradients that should exist between the untreated potato feed 1510 and the asparagine-deficient extract 1580 entering the extraction unit 1520: one drawing asparagine from the untreated potato feed 1510 to the asparagine-deficient extract 1580, and another drawing starch from the untreated potato feed 1510 to the asparagine-deficient extract 1580. Consequently, the amount of water 1516 used to make the extract 1532 is preferably minimized. In one embodiment, the extract comprises between about 300 grams to about 1,000 grams of potato per 1.4 liters of water. In one embodiment, the water comprises between about 500 units and about 100,000 units per 1.4 liters. Furthermore, it may be desirable to use a heated asparagine-deficient extract 1580. Because the solubility of asparagine in water increases with temperature, higher wash/leaching temperatures increase the amount of asparagine that can be leached with a given flow rate of extract. For example, typical leaching solution temperatures ranging from about 100°F - about 150°F can be used.

[0099] Referring again to **Figure 15**, as the asparagine-deficient potato extract 1580 contacts the untreated potatoes 1510 in the extraction unit 1520, asparagine and starch are

leached into the asparagine-deficient extract 1580. The same extraction units discussed above with respect to **Figure 13a** can be used in the embodiments depicted in **Figure 15**.

[0100] After the post-wash extract 1522 exits the extraction unit 1520, it can be transferred to the starch removal unit 1540. The same starch removal units discussed above with respect to **Figure 13a** can be used in the embodiments depicted in **Figure 15**.

In the next unit operation, the de-starched, post-wash extract 1534 enters at least one pre-cursor removal unit 1550 where the acrylamide pre-cursors are removed.

[0101] The pre-cursor removal unit 1550 comprises one or more asparaginase 1555 injection ports. In one embodiment, the pre-cursor removal unit 1550 comprises a continuous mixer. Sufficient asparaginase 1555 should be added such that the asparagine concentration in the asparagine-deficient exit stream 1552 comprises less than about 50% and more preferably less than about 90% of the asparagine concentration of the de-starched post-wash extract 1534.

[0102] The asparagine-deficient exit stream 1552 will have reaction products, namely ammonia and aspartic acid as a result of the asparaginase reacting with the asparagine. It is desirable in a continuous process to remove some or all of the reaction products prior to entering the extraction unit 1520 to maintain a favorable preferential or selective asparagine driving force out of the untreated potatoes 1510 and minimize any undesirable collateral effect such reaction products may have on the quality and characteristics of the treated potatoes 1512 exiting the extraction unit 1520. Consequently, several techniques can be used alone or in conjunction to lower the concentration of reaction products in the asparagine-deficient extract 1580 entering the extraction unit 1520.

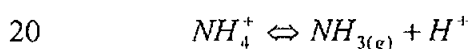
[0103] In one embodiment, an amount 1558 of the asparagine-deficient exit stream 1552 is removed from the leaching system 1500 and can be routed to a waste water stream. In one

embodiment, the potato extract 1532 make-up stream entering the leaching system 1500 is proportional or equal to the amount 1558 of asparagine-deficient extract that exits the leaching system 1500.

[0104] In one embodiment, the asparagine-deficient exit stream 1552 is divided into a by-pass stream 1556 and a slip stream 1554 that is routed to one or more reaction product removal units. In one embodiment, an ammonia removal unit 1560 preferentially removes ammonia 1562 from the asparagine-deficient slip stream 1554. The slip stream 1554 can comprise about 0% to about 100% of the flow of the asparagine-deficient extract stream 1552. The slip stream 1554 can be set to operate intermittently such that all or a portion of the asparagine-deficient extract stream 1552 is routed to one or more reaction product removal units 1560 for a selected amount of time. For example, for every hour of operation of the leaching system 1500, the asparagine-deficient slip stream 1554 may operate for about 30 consecutive or intermittent minutes and may process all or portion of the asparagine-deficient extract stream 1552.

[0105] In one embodiment, the ammonia removal unit 1560 can remove ammonia by one or more ammonia removal methods alone or in combination. The ammonia removal method can be selected from heating the stream, reducing the pressure of the stream, bubbling a gas such as air, steam, or nitrogen through the stream, adjusting the pH of the stream, and using an ion exchange resin to selectively remove ammonia from the stream.

[0106] Ammonia in an aqueous solution is present as an equilibrium system defined by:



Techniques available for the removal of ammonia from aqueous streams can normally only recover either the ionic (NH_4) or the gaseous form of ammonia (NH_3). Because the system is in equilibrium, removal of the gaseous form of ammonia causes more of the ionic form to convert

into the gaseous form, thereby shifting the above reaction towards the right. Ammonia in the gaseous form is also favored under basic conditions, since the ionic form of ammonia will try to establish equilibrium. Because heat can volatilize the ammonia gas from solution, a heated solution of ammonia will also shift the above reaction towards the right. Any gaseous ammonia in the headspace of a solution will also have an impact on the ammonia gas in solution.

Consequently, removing the ammonia gas from the headspace by for example use of a vacuum or other depressurization method can also help to volatilize the ammonia gas in solution, which will shift the reaction towards the right. Ammonia can also be removed by other known methods disclosed by U.S. Pat. No. 6,838,069 so long as the methods are food-safe. For example, the ammonia can be contacted with a sorbent that is a solid metal hydroxide so as to load ammonia on the sorbent and the sorbent can be regenerated with a weak acid. Consequently, in one embodiment, the ammonia removal unit 1560 can comprise two units; one unit for regeneration and one unit for ammonia removal.

[0107] In one embodiment, an aspartic acid removal unit 1570 can remove aspartic acid 1572 by one or more aspartic acid removal methods alone or in combination. The aspartic acid removal method can be selected from using an ion exchange resin to selectively remove aspartic acid from the stream, filtering with an ultra-filtration membrane, electrophoresis, and adjusting the pH of the stream.

[0108] An ion exchange resin in the ammonia removal unit 1560 and/or the aspartic acid removal unit 1570 can be used in a packed bed. Alternatively, the ion exchange resin can be used in a batch-continuous operation where resin is placed into a vat and mixed with the slip stream 1554 and the resin absorbs the reaction pre-cursors and the resin can be removed and regenerated.

[0109] In one embodiment, the pH of the slip stream 1554 is lowered to precipitate aspartic acid. The precipitate can then be removed by centrifuge, hydroclone, filtration, or other suitable means. In one embodiment, the pH is adjusted to a range of between about 4 and about 6 and more preferably between about 4.5 and about 5.5. An ultrafiltration membrane can be used in alone or in combination with a pH adjustment to filter out the aspartic acid. The resultant purified pre-cursor deficient potato extract 1574 having been routed through the ammonia removal unit 1560 and/or the aspartic acid removal unit 1570 will have fewer reaction products or by-products (e.g., less ammonia and/or aspartic acid) than the asparagine deficient exit stream 1552. The purified pre-cursor deficient potato extract 1574 can mixed with the by-pass stream 1556 and become the asparagine-deficient potato extract 1580.

[0110] Next, a stream of peeled and sliced potatoes containing acrylamide pre-cursors ("untreated potatoes") 1510 enters an extraction unit 1520, similar to the prior art washing step 23 of **Figure 2**, where the potatoes are contacted with a pre-cursor deficient potato extract 1580. The asparagine-deficient potato extract 1580 comprises a stream of water containing all of the water-soluble potato components with the exception of the particular acrylamide pre-cursor to be removed from the untreated potato feed 1510. Thus, at steady-state in the preferred embodiment, the asparagine-deficient potato extract 1580 comprises an aqueous solution or suspension of all the water-soluble potato solids and compounds except asparagine. The potato extract generally includes water-soluble compounds such as reducing and non-reducing sugars, starches, and various amino acids. At steady-state, the concentrations of water-soluble compounds in the asparagine-deficient extract 1580, other than starch and asparagine, are either in or nearly in equilibrium with the corresponding concentrations of water-soluble compounds in the untreated potato feed 1510. One point that must be kept in mind when reviewing the effects of

manipulating various parameters of unit operations, such as those effects shown in **Figures 13** and **14**, is that all of these adjustments will have some collateral effect on the quality and characteristics of the final product. Consequently, any adjustments made in any of the unit operations must be carefully selected in order to arrive at the product exhibiting the desired final characteristics. These characteristics include color, flavor, mouth-feel, density, smell, and the shelf-life aspects of the finished product.

[0111] **Figure 5** focuses on another aspect of unit operations and shows the effect of decreasing moisture level in the chip during the cooking stage. Referring back to **Figure 2**, the cooking step 24 is a unit operation that typically involves cooking sliced potato chips in a continuous oil fryer at high temperatures. Returning to **Figure 5**, the graph thereon reflects on the horizontal or x- axis the moisture level of the final chip product. The vertical or y- axis is again labeled in ppb of acrylamide ("AA") found in the final product. A number of data points are then plotted showing a percent moisture versus the acrylamide level of the final chip. Two different frying temperatures were used with diamond symbols representing chips fried at about 178°C (353°F) while square symbols are used to represent data points for chips fried at about 149°C (300°F). The line plots 51, 52 are curve-fitted to the data points in order to establish a trend. The curve-fitted line plots 51, 52 follow the general equation: $y = c \times x^b$, where "y" represents the acrylamide level, "c" is a constant, "x" is the moisture level, and "b" is the exponent of "x." The first line plot 51 relates to the 149°C (300°F) frying temperature data points. The second line 52 relates to the data points plotted for the 178°C (353°F) frying temperature. As can be seen in **Figure 5**, acrylamide levels remain very low at chip moisture levels above about 3% moisture by weight regardless of frying temperature.

[0112] Whereas **Figure 5** shows the relationship between acrylamide levels and moisture content in fried potato slices, **Figure 6** depicts the same relationship in baked potato chip products made from a dry mix. The vertical axis of the graph in **Figure 6** shows acrylamide concentrations, while the horizontal axis shows moisture levels by weight. While the acrylamide concentrations tend to be higher in baked potato chip products than in fried potato slices, **Figures 5** and **6** both show that the acrylamide concentrations remain fairly low in cooking potato products until the moisture level falls below about 3%.

[0113] What is made apparent by **Figures 5** and **6** is that acrylamide levels in potato chips cooked in a typical fryer increase rather dramatically once the moisture level falls below 3% moisture by weight, at which point it seems there is not enough moisture left to keep the product temperature below an acrylamide formation temperature. For example, **Figure 5** illustrates that the level of acrylamide found in the final product is relatively low when the moisture level of the chip during the cooking unit operation is 3% by weight or greater, regardless of the exposure to high-temperature cooking environments. **Figures 5** and **6** demonstrate that moisture level is a useful additional parameter in a unit operation that can be adjusted for the reduction of acrylamide formation in the final product.

[0114] Unfortunately, the moisture level in a finished potato chip should ideally be below about 2%, and preferably between about 1.3 and 1.4%. Anything higher than 2%, and even higher than 1.4% can lead to staling and microbial spoilage issues in the packaged product, as well as organoleptic consequences, for example, taste, texture, etc. However, changes in color, taste, and consistency of the final product can be adjusted by various means. In addition, it may be possible to counter the consequences of finishing the food product with a higher moisture content by adjusting various factors in the pre-packaging step, such as extending fryer hoods,

covering conveyors to the packaging machine, dehumidification of the plant environment, and various factors in the packaging, such as packaging materials, films, bags and seals. Thus, according to another embodiment of the disclosed method for reducing acrylamide formation in thermally processed foods, a further unit operation comprises finishing the food product as it emerges from its final cooking step at a moisture content, for example, at about 1.4% by weight, about 1.6% by weight, about 1.8% by weight and about 2% by weight, or at any % moisture weight between 1.4% and 2%.

[0115] However, it is important to note that other potato products have been known to form significant amounts of acrylamide even at relatively high moisture content. For example, French fries, which typically leave a fryer with over 15% moisture by weight, have been shown to develop significant amounts of acrylamide during cooking. This suggests that acrylamide formation depends on the temperature (particularly the surface temperature) of a cooking product rather than overall moisture content. In fact, studies have shown that acrylamide does not form in significant amounts until the necessary reactants are exposed to temperatures of about 250°F / 120°C. It thus appears that a potato product containing acrylamide pre-cursor compounds will not form significant amounts of acrylamide until, upon cooking, the product temperature, which may differ significantly from the cooking medium's temperature, rises above about 120°C (250°F). Nevertheless, the moisture content of such product can be a good indication of whether the product temperature has risen above a formation temperature for acrylamide.

[0116] It has been theorized by those of ordinary skill in the art that moisture in the product helps keep the internal product temperature below the acrylamide formation temperature, even while in a relatively high-temperature environment. When most of the moisture is removed, however, high-temperature surroundings can cause the product temperature to rise above the

acrylamide formation temperature. It is important to keep in mind, though, that not all portions of a cooking product share the same internal temperature. French fries, for example, can be fairly thick when compared to potato slices and thus tend to have a larger moisture gradient between the inner and outer portions of the product. Consequently, it is possible for a French fry being cooked to have a fairly high surface temperature even though its interior moisture content is high. In contrast, a potato slice is thinner and tends to have more consistent moisture levels throughout the slice during cooking. Thus, at least for thin products such as potato slices or fabricated potato pieces, moisture level can still be a good gauge of its internal temperature. This also holds true for non-potato products made from corn, barley, wheat, rye, rice, oats, millet, and other starch-based grains. Furthermore, continuous cooking equipment can be designed with different temperature stages that progressively decrease from higher to lower temperatures as the moisture content of the cooking product decreases. This enables moisture to be removed rapidly without allowing the product temperature to rise above the acrylamide formation temperature.

[0117] Consequently, one element of this invention involves dividing the cooking unit operation (the fourth unit operation 24 shown in **Figure 2**) into at least two separate heating steps. A first heating step occurs at elevated temperatures to reduce the moisture level to some point near but above 3% by weight. The product is then finished to the desired moisture level of about 1-2% by weight, but preferably about 1.4% by weight, with a lower-temperature cooking step having a temperature below about 120°C (250°F). However, the process modifications described herein are not limited to prior art processes for cooking potato slices such as the one disclosed in **Figure 2**. These modifications are also applicable in processes for making fabricated products derived from potato, corn, wheat, rye, rice, oats, millet, and other starch-based grains. For example, these process modifications can be used to reduce acrylamide

formation in fabricated potato and corn products, cereals, cookies, crackers, hard pretzels, and breads, to name a few. Note that the terms “modified cooking step” and “modified cooking unit operation” are meant to include not only **Figure 2**’s prior art method for cooking potato slices but also prior art methods for preparing other food products in which it is desirable to reduce acrylamide formation. In addition, the term “potato-based pieces” is meant to include both raw potato slices and fabricated potato pieces derived from potato starch or dough.

[0118] Each heating step can be accomplished using various heating methods. For example, the first heating step can comprise atmospheric frying, vacuum frying, microwave-assisted frying, or baking. The first heating step, however, can alternatively comprise any other method for cooking the product and lowering its moisture level with primary consideration given to production efficiencies such as residence time, energy costs, equipment capital costs and available floor space. When the first heating step involves frying the product, the first heating step is often called “par-frying,” as such frying only partially cooks the product until its moisture content is lowered to some point near but above 3% by weight. The second heating step can comprise vacuum frying, low temperature oven drying, vacuum oven drying, or any method of cooking that maintains cooking temperatures required by the second heating step. However, other methods can also be used to reduce moisture content while avoiding the low-moisture/high-temperature conditions most favorable to acrylamide formation as long as the product temperature remains below the acrylamide formation temperature of about 120°C (250°F). The second heating step is often called “finish-frying” or “finish-drying,” as the moisture content is further reduced to the final desired level.

[0119] By modifying the washing step 23 and/or the cooking step 24 of the process for making potato chips shown in **Figure 2**, acrylamide levels in the final product can be reduced

significantly without adversely affecting product quality and final characteristics. In one preferred embodiment, a potato-chip-making process using fresh chipping potatoes combines traditional peeling, slicing, and washing steps with a modified cooking unit operation involving par-frying at about 165 to about 182°C (330-360°F) for about 1-3 minutes, followed by oven-drying below about 120°C (250°F) until the chip moisture level is reduced to about 1.4% by weight. In tests using this preferred embodiment, acrylamide levels below 130 ppb are achieved. This preferred embodiment achieves a balance between a high level of acrylamide reduction with an acceptable change in product quality associated with the necessary process modifications. However, other embodiments are possible. **Figures 7a, 7b, and 8** show various examples of combinations of washing modifications comprising contacting with an aqueous solution and cooking modifications that reduce final acrylamide levels from those levels resulting from the prior art methods. For example, a final acrylamide level of more than 300 ppb is reduced to less than 100 ppb. Although **Figures 7a, 7b, and 8** involve embodiments for processing raw potato slices, the modified washing methods used in those embodiments can also apply to other types of raw foods in which acrylamide reduction is desirable, such as sweet potatoes, yams, and plantains. Likewise, the cooking modifications used in those embodiments can also apply to other fried food products such as fried tortillas, fried plantains, fried sweet potatoes, and fried yams.

[0120] **Figure 7a** depicts the resulting acrylamide levels of potato chips made from combining several different embodiments of a modified washing step comprising contacting with one particular embodiment of a modified cooking step. The modified cooking step of **Figure 7a** comprises partially frying ("par frying") potato slices at about 178°C (353°F) for approximately one to three minutes in a first heating step, then oven-drying the potato slices at about 120°C

(250°F) until the moisture content is reduced to approximately 1.3% by weight in a second heating step. The advantage of par-frying followed by oven-drying is that the low-moisture/high-temperature conditions most favorable to acrylamide formation can be avoided while still producing final products that are organoleptically similar to traditionally fried products. However, extensive oven-drying can give the product a dry-mouth feel and may cause product scorching that is difficult to mask.

[0121] The vertical or y- axis of the graph in **Figure 7a** shows acrylamide concentrations in ppb, while the horizontal or x- axis is labeled to show the parameters of each embodiment of the modified washing step comprising contacting the potato slices with an aqueous solution. Each data point shows a pair of vertical bars: the left bar represents acrylamide concentrations after contacting and par-frying while the right bar represents acrylamide concentrations after oven-drying. Reading left to right, the first data point 71 of **Figure 7a**, like that of **Figures 3** and **4**, is a base sample involving a two to three minute water wash at ambient temperature, after which the sample is then atmospherically fried to roughly 1.3% moisture by weight. The second data point 72 is like the first except the sample is fried to about 1.0% moisture. Note that the first and second samples 71, 72 developed about 320 ppb and 630 ppb of acrylamide, respectively. The third data point 73 involves the same two to three minute ambient water wash, but the sample is then par fried to slightly above 3% moisture and oven-dried to about 1.3% moisture. The left and right bars show that the sample exited the par-frying step with a relatively low acrylamide concentration of about 65 ppb and gained less than 15 ppb in the oven-drying step. The fourth data point 74 involves an aqueous solution comprising water contacting the potato slices for a five minute contact time at about 60°C (140°F), followed by the par-frying and oven-drying steps of the modified cooking unit operation. This five-minute, 60°C (140°F)

contact combined with the par-frying and oven-drying steps resulted in an even lower final acrylamide concentration of less than 40 ppb.

[0122] The samples contacted with calcium chloride solutions 75, 76, 77 all produced acrylamide levels higher than that produced by the sample 74 contacted with pure water for five minutes at about 60°C (140°F). However, the final acrylamide levels of all such samples were still below 80 ppb, which is significantly lower than the 320 ppb in the base sample.

[0123] The last data point 78 involves a 15-minute contact with an aqueous solution comprising 1% L-cysteine. Interestingly, of the several contacting methods shown in **Figure 7a**, this contacting method produced the lowest concentration of acrylamide. This contacting method, however, also required the longest contact time of the various methods shown in **Figure 7a**. Although using 1% L-cysteine 78 as the aqueous solution for contacting resulted in the lowest level of acrylamide in the final product, other factors must be considered, such as the effect of such a long contact time on product quality, as well as the expense of increasing contact time.

[0124] **Figure 7b** shows the last six data points 73, 74, 75, 76, 77, 78 of **Figure 7a** on a graph with a narrower acrylamide concentration scale.

[0125] In **Figure 8**, the results shown in **Figure 7b** have been normalized to depict the acrylamide levels that could be expected if the test samples were fried to a moisture level slightly above 3% by weight and then oven-dried at about 120°C (250°F) to a standardized moisture level of about 1.3% by weight. The acrylamide levels are normalized in the same manner described above with respect to **Figure 4**. When comparing the results 83, 84, 88 shown in **Figure 8** with those of similar experiments 41, 43, 45 shown in **Figure 4**, one can see that dividing the cooking unit operation into a first high-temperature heating step and a second lower-temperature heating

72

step significantly reduces acrylamide levels. Whereas **Figure 4** shows that frying in a traditional manner to a standardized 1.32% moisture level by weight should result in acrylamide concentrations ranging from slightly above 100 ppb to over 400 ppb, **Figure 8** shows that par-frying and oven-drying to the same standardized moisture level should result in significantly lower acrylamide concentrations under 100 ppb. The cumulative benefit of combining both a modified washing unit operation comprising a contacting step with a modified cooking unit operation is particularly apparent when comparing the about 54°C (130°F)/5min contact data point 43 of **Figure 4** and the about 60°C (140°F)/5minute contact data point 84 of **Figure 8** with the base data point 41 of **Figure 4**. As discussed above with respect to **Figure 4**, increasing the contacting time from 2-3 minutes to 5 minutes and increasing the contacting temperature from ambient to about 54°C (130°F) causes the acrylamide level in the final product to decrease from about 330 ppb to approximately 230 ppb. The second data point 84 of **Figure 8** shows that the final acrylamide level can be further reduced to less than about 40 ppb when a similar 5-minute, about 60°C (140°F) contacting step is followed by a modified cooking unit operation involving par-frying and oven-drying.

[0126] **Figure 9** shows the dramatic increase in final acrylamide concentrations that results from using an oven-drying temperature above about 120°C (250°F). In **Figure 9**, the test samples were contacted and then par-fried in the same manner as in **Figure 7b**, but the samples were then oven-dried at about 176°C (350°F) rather than about 120°C (250°F). The final acrylamide concentrations of the test samples were then normalized to show the expected acrylamide levels upon reaching about 0.76% by weight (which is the final moisture content that was reached in the base-point/standard two-to-three minute water wash shown as the first data point). Comparing the second data point 74 of **Figure 7b** with the second data point 94 of

Figure 9, for example, increasing the oven-drying temperature from about 120°C (250°F) to about 176°C (350°F) increased the acrylamide concentration from slightly below 40 ppb to approximately 270 ppb. This oven-drying temperature increase similarly caused the acrylamide concentrations of the other test samples to dramatically increase from below 100 ppb to over 500 ppb. Another test sample (not shown) was washed to remove surface starch, par-fried at about 176°C (350°F) to a moisture content of between about 3-5% by weight, and then dried in a commercial Wenger oven at about 132°C (270°F) to a final moisture content of about 1.3% by weight, resulting in an acrylamide level of about 270 ppb. The results 93, 94, 95, 96, 97, 98 shown in **Figure 9**, as well as the results from the test sample oven-dried at about 132°C (270°F), thus illustrate the advantages of keeping the cooking and/or drying temperature of the product less than or equal to about 120°C (250°F) when the moisture content falls below approximately 3% by weight. This principle applies not only to raw potato slices but also to other raw foods, such as yams and plantains, and fabricated products derived from potato, corn, barley, wheat, rye, rice, oats, millet, and other starch-based grains.

[0127] **Figure 10** charts the results and operating conditions of yet another embodiment in which potato slices were washed, par-fried, and then oven-dried. A control sample 101 was processed in a manner similar to that described with respect to the base samples 71, 72 shown in **Figure 7a**. After about a 20-30 second ambient-temperature water wash, followed by briefly contacting the potato slices with a dilute (3 – 5%) solution of sodium chloride for a few seconds, a control sample 101 of 1.45 mm thick slices of peeled Hermes chipping potatoes was par-fried in oil having an initial temperature of about 179°C (354°F) for approximately three minutes to 1.4% moisture by weight. The control sample 101 had an acrylamide concentration of 640 ppb, similar to the 630 ppb produced in the second base sample 72 shown in **Figure 7a**. The test

74

sample 102 was similarly washed and contacted like the control sample 101. Using a large commercial fryer, the test sample 102 was then par-fried in oil having an initial temperature of about 174°C (345°F) for about three minutes until the moisture content decreased to 2.5% by weight. The par-fried test sample 102 was then finish-dried for about six minutes using an oven at about 110°C (230°F) until the moisture level decreased to 1.4% by weight. Cooking in this manner produced product with a reduced acrylamide concentration of 160 ppb, which is roughly 25% of the acrylamide concentration of the control sample 101.

[0128] In yet another set of tests (not shown) similar to those shown in **Figure 10**, potato slices underwent a standard wash procedure, were par-fried to about 3-5% moisture by weight, and then oven-dried to less than about 2% moisture by weight. A control sample was washed and then fried at about 179°C (354°F) to a finished moisture content of about 1.3% by weight, resulting in an acrylamide level of 380 ppb. However, par-frying test samples at about 179°C (354°F) to a moisture content of between about 3 to about 5% resulted in acrylamide levels of approximately 64 ppb. The par-fried product was then dried in a commercial Wenger oven at various temperatures. It was shown that drying the par-fried slices at about 115°C (240°F) to a final moisture content of about 1.3% moisture by weight in a Wenger oven resulted in acrylamide levels of 125 ppb. Interestingly, drying the par-fried slices at about 100°C (212°F) and under atmospheric or slightly less than atmospheric pressure (13.6 to 14.6 psia), even for extended periods of time (even as long as 10-15 minutes), did not increase the acrylamide levels. This embodiment demonstrates that potato slices can be par-fried at about 179°C (354°F) to a moisture content of between 3-5% and then oven-dried at about 100°C (212°F) under atmospheric or slightly below atmospheric pressure without increasing the acrylamide levels beyond what is formed in the par-frying operation. To further reduce the concentration of

acrylamide formed in the cooked product, potato slices can be removed from the par-fry step with moisture levels as high as 10% by weight, but removing the product too soon can affect the final texture of the product. Note, however, that this method is not limited to raw potato slices and can be applied to other fried food products such as fried tortillas, fried plantains, fried sweet potatoes, and fried yams. The advantage of par-frying and then oven-drying at about 100°C (212°F) is that the cooking unit operation alone can be modified to significantly reduce acrylamide formation from above 300 ppb to less than about 70 ppb; the standard peeling, slicing, and washing steps need not be modified.

[0129] In the set of embodiments involving par-frying followed by oven-drying, it is also possible to conduct the oven-drying under vacuum in order to enhance moisture removal. By oven-drying under vacuum, less time is required to dry the product to the desired final moisture content. Although it has been shown that oven-drying at or near 100°C (212°F) does not cause any measurable increase in acrylamide levels, oven-drying at that temperature takes a relatively long time to dry the product. Thus, vacuum oven-drying helps decrease the amount of time it takes for product to dry. It also helps decrease the amount of time the product is exposed to acrylamide-forming temperatures, should higher oven-drying temperatures be used.

[0130] While **Figures 7a, 7b, 8, and 10** depicted test results from combining one particular embodiment of a modified cooking unit operation with several different embodiments of a modified washing unit operation comprising a contacting step, other embodiments and combinations are possible. For example, the various different contacting steps shown in those figures can instead be followed by a different modified cooking unit operation. Alternatively, an improved method for reducing acrylamide formation can simply utilize a modified cooking unit operation without modifying any of the other unit operations. In another set of embodiments of

76

the invention, the second of the two heating steps of a modified cooking unit operation comprises vacuum finish-frying rather than atmospheric frying. By finish-frying under vacuum, the partially fried or cooked product emerging from the first heating step can continue to be fried, but at a temperature too low to form significant amounts of acrylamide. According to one
5 embodiment, the vacuum pressure should be such that frying occurs below about 120°C (250°F). Such vacuum finish-frying can also be applied to other fried food products such as those derived from potato, corn masa, barley, wheat, rice, oats, millet, and other starch-based grains.

[0131] **Figure 11** charts the results and operating conditions of several examples of a modified cooking unit operation involving par-frying followed by vacuum finish-frying. In the
10 control 110 and test samples 111, 112, 113, 114, Hermes variety of chipping potatoes were peeled, sliced to about 1.35 mm thickness, and subjected to a standard 20-to-30-second ambient-temperature water wash. After washing, the control sample 110 was fried at atmospheric pressure in oil having an initial temperature of about 177°C (351°F) for about 2.5 minutes to a moisture level of 0.83% by weight, producing an acrylamide concentration of 370 ppb. In Tests
15 1-4, all of the test samples 111, 112, 113, 114 were atmospheric par-fried at about 177°C (351°F) and vacuum finish-fried at about 120°C (248°F) and 100 millibars, but each was par-fried and vacuum finish-fried for different lengths of time. In Test 1 111, 220 ppb of acrylamide were found in the test sample after washing, atmospheric par-frying for about 100 seconds to 3% moisture by weight, and vacuum finish-frying for 44 seconds to about 0.7% moisture by weight.
20 The results of Tests 2-4 112, 113, 114 show that acrylamide levels in the final product dramatically decrease when par-frying is stopped, and vacuum finish-drying is commenced, before the moisture content decreases to 3% by weight. Tests 2-4 112, 113, 114 all produced final acrylamide concentrations below 50 ppb. In Test 4 114, an acrylamide level of only 13 ppb

77

was achieved by par-frying to 10% moisture by weight, then vacuum-frying to about 1% moisture by weight. As can be seen from the data, partially frying slices to higher moisture content before they are low-temperature vacuum finish-fried dramatically lowers final acrylamide concentrations. This method can also be used to reduce the final acrylamide concentrations in other fried products such as fried tortillas, fried plantains, fried sweet potatoes, and fried yams. The advantages of vacuum finish-frying after par-frying to about 3-10% moisture by weight are that the final stages of cooking can be completed at low temperatures without affecting product texture, and its effectiveness at reducing acrylamide formation can eliminate the need for a modified washing step comprising contacting the product with an aqueous solution. However, vacuum finish-frying also allows for the final stages of cooking to be completed at temperatures higher than those that can be used when not frying under a vacuum, while still providing a reduced acrylamide concentration in the finished product. It is noted that the vacuum finish-fried product had a lighter color than the control sample, and transferring cooking product from the par-frying operation to the vacuum finish-frying unit at higher moisture levels may impart a bland flavor to the product. It should be kept in mind that the capital cost of vacuum finish-frying equipment may be greater than that of oven-drying equipment.

[0132] Similarly, vacuum par-frying can be used in the first of the two heating steps of a modified cooking unit operation. As an example, one embodiment of a modified cooking unit operation involves vacuum par-frying to a moisture content near but above the threshold moisture level of 3-4% by weight, then oven-drying at no greater than about 120°C (250°F) to completion. By par-frying under vacuum, the product can be fried at lower temperature, thus producing less acrylamide. Furthermore, oven-drying at or below about 120°C (250°F) ensures

78

that little to no additional acrylamide is formed during the oven-drying stage. The advantage of using vacuum par-frying in the first of the two heating steps, particularly when doing so below about 120°C (250°F) and even below about 140°C (284°F) when under vacuum, is that little to no acrylamide will be formed in the first step, whereas par-frying generally produces at least some level of acrylamide. However, vacuum-frying in the first heating step may create product with different finished characteristics.

[0133] For baked product lines, which can involve fabricated snacks or products such as cereals, cookies, crackers, hard pretzels, and bread, another embodiment of the invention comprises a modified cooking unit operation with a higher-temperature first baking step and a lower-temperature second baking step. In the cooking unit operation of this embodiment, the product is first baked at higher temperature (above about 120°C (250°F)) until its moisture content is reduced to about 4% to about 10% by weight. The product is then oven-dried (finish-dried or baked) at a temperature no greater than about 120°C (250°F) until the desired moisture level, typically about 1% to about 3% by weight, is attained. For example, a convection oven can be used in the higher-temperature first heating step to reduce product moisture content to about 10% by weight. The oven may be divided into four heating zones in which the temperature is highest in the first zone and gradually decreases through the remaining three zones. A downdraft, single zone, convection oven may be used in the lower-temperature second heating step to complete the cooking process. Other types of ovens, however, can be used for the two heating steps of this embodiment. Also, the lower-temperature second heating step of this particular embodiment, like that of the embodiments involving par-frying followed by oven-drying, can be performed at about 100°C (212°F) and slightly below atmospheric pressure so that little to no additional acrylamide is formed after the higher-temperature first heating step.

79

[0134] In tests using one example embodiment that involved a higher-temperature first baking step and a lower-temperature second baking step, fabricated potato pieces were first baked at a temperature above about 120°C (250°F) until the moisture levels decreased to approximately 10% by weight. The pieces were then finish-dried at about 110°C (230°F) for about 10 minutes until the moisture content decreased to about 1.7-2.2% by weight. Final acrylamide levels of about 100-200 ppb were reported. However, when several samples of partially-baked pieces were finish-dried at about 120°C (250°F) to about 1.6% moisture by weight, acrylamide levels of between 470 and 750 ppb were reported. Furthermore, substantially higher acrylamide levels of between 460 and 1900 ppb were produced when samples of partially-baked slices were finish-fried at about 132°C (270°F) to about 1.6-2.2% moisture by weight. These results reemphasize the importance of keeping the cooking or drying temperature of a cooking product at or below about 120°C (250°F) during the final stages of cooking. This principle applies not only to the cooking of fabricated potato pieces but also to other fabricated products derived from potato, corn, barley, wheat, rye, rice, oats, millet, and other starch-based grains. This principle also applies to the cooking of raw foods such as yams and plantains.

[0135] In another embodiment of the invention, rather than dividing the modified cooking unit operation into a higher-temperature first heating step and a lower-temperature second heating step, the modified cooking unit operation instead comprises vacuum frying for the entire cooking process. **Figure 12** charts the results and operating conditions of several examples of such an embodiment. In Tests 1-4 121, 122, 123, 124, various control groups of peeled, sliced, 1.45 mm thick Hermes chipping potatoes were washed in ambient-temperature water for about 30 seconds, then processed through a standard continuous fryer. The fryer inlet oil temperature was varied within the range of about 165 to about 180°C (329-356°), and the

control samples were fried for about 3-4 minutes, resulting in acrylamide levels over 300 ppb. In contrast, the test samples in Tests 5-7 125, 126, 127 all produced acrylamide concentrations below 60 ppb after low-temperature vacuum frying for about 4 to about 10 minutes at temperatures ranging from about 100 to about 140°C (212-284°F) and pressures ranging from about 50 to about 100 millibars. As can be seen from the data, vacuum frying at reduced temperatures dramatically reduces the amount of acrylamide formed. Furthermore, little to no acrylamide is formed when the product is vacuum-fried below a temperature of about 120°C (250°F) throughout the entire cooking process. Tests 6 and 7 126, 127, for instance, show that vacuum frying under about 120°C (250°F) and at a pressure of no greater than 100 millibars results in virtually undetectable levels (less than 5 ppb) of acrylamide. The advantage of frying under about 120°C (250°F) is that little to no acrylamide is formed, whereas high-temperature par-frying causes at least some acrylamide to form. However, temperatures greater than about 120°C (250°F) can be used when vacuum frying or vacuum finish-frying is employed, while still achieving a reduced acrylamide concentration in the finished product. For example, in test 5 125, vacuum frying at about 140°C (284°F) produced a product with an acrylamide content of about 53 ppb. Given this result, it seems likely that vacuum finish frying or vacuum frying alone could produce products having less than about 100 ppb acrylamide at temperatures up to about 143°C (290°F). It should be kept in mind, however, that vacuum frying throughout the entire cooking process may significantly alter product texture, appearance, and flavor.

[0136] For baked product lines, which can involve fabricated snacks, cereals and other starch or dough-based products as explained above, the modified cooking unit operation can alternatively comprise low-temperature baking for the entire cooking process. Low-temperature baking can be performed at or below about 120°C (250°F) so that little to no acrylamide is

formed. However, lower-temperature baking may create lighter-colored products, while higher-temperature baking may create darker-colored products. Thus, the applicability of low-temperature baking depends in part on the desired color characteristics of the final product.

[0137] This invention contemplates combining the teachings herein with regard to various unit operation manipulations in order to achieve a desired acrylamide level in the end product along with the desired end-product characteristics. The combinations used depend on the starting product and the desired end product and can be adjusted by one skilled in the art pursuant to the teachings herein. The effect of pH on acrylamide formation is another factor that may be considered and combined with the teachings herein.

[0138] It should be understood that changes in the characteristics of the final product, such as changes in color, taste, and consistency can be adjusted by various means. For example, color characteristics in potato chips can be adjusted by controlling the amount of sugars in the starting product. Some flavor characteristics can be changed by the addition of various flavoring agents to the end product. The physical texture of the product can be adjusted by, for example, the addition of leavening agents or various emulsifiers.

[0139] While the invention has been particularly shown and described with reference to one or more embodiments, it will be understood by those skilled in the art that various approaches to the reduction of acrylamide in thermally processed foods may be made without departing from the spirit and scope of this invention. For example, while the process has been disclosed herein with regard to potato products, the process can also be used in processing of food products made from corn, barley, wheat, rye, rice, oats, millet, and other starch-based grains. In addition to potato chips, the invention can be used in making corn chips and other types of snack chips, as well as in cereals, cookies, crackers, hard pretzels, breads and rolls, and

the breading for breaded meats. In each of these foods, the present invention's method for manipulating one or more unit operations can be combined with other strategies for the reduction of acrylamide to produce an acceptable acrylamide level without adversely affecting the taste, color, odor, or other characteristics of an individual food.

CLAIMS:

We claim:

1. A method of reducing asparagine in a food product comprising the steps of:
 - (a) continuously providing an untreated potato feed having a first concentration of asparagine; and
 - (b) leaching asparagine out of said untreated potato feed with an asparagine-deficient potato extract, thereby forming:
 - a post-wash extract containing asparagine, and
 - a treated potato stream having a second concentration of asparagine that is less than said first concentration.
2. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 1 wherein said leaching of step (b) further comprises counter-current leaching.
3. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 1 wherein step (b) is performed using a screw-type extractor.
4. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 1 wherein step (b) is performed using a wash-tank type extractor.
5. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 1 wherein step (b) is performed using a Bollman-type percolation extractor.

6. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 1 wherein said asparagine-deficient potato extract and said untreated potato feed are in equilibrium with each other with respect to the concentrations of water-soluble matter other than asparagine.
7. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 1 further comprising the steps of:
 - (c) removing asparagine from said post-wash extract with at least one asparagine removal unit, thereby regenerating said asparagine-deficient potato extract;
 - (d) reusing said asparagine-deficient potato extract in step (b).
8. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 7 wherein said untreated potato feed further contains starch, step (b) further comprises leaching starch out of said untreated potato feed with said asparagine-deficient potato extract, said post-wash extract further contains starch, and step (c) further comprises removing starch from said post-wash extract with a starch removal unit.
9. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 7 wherein step (c) further comprises percolating said post-wash extract through an extraction column filled with an ion exchange resin.
10. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 7 wherein step (c) further comprises percolating said post-wash extract through an extraction column filled with an immobilized asparaginase resin.

11. The method of claim 10 further comprising the step of removing ammonia from said asparagine deficient potato extract.
12. The method of claim 7 wherein an effective amount of asparaginase is added to said post-wash extract at step c) such that said asparagine-deficient potato extract comprises less than about 50% of the asparagine concentration in said post-wash extract.
13. The method of claim 12 further comprising the step of removing ammonia from said asparagine deficient potato extract.
14. The method of claim 1 wherein said treated potato stream comprises potato slices and wherein said potato slices are par-fried in cooking oil having a temperature above about 120°C until said potato slices have a moisture content of between about 3% by weight and about 10% by weight thereby forming a plurality of par-fried potato slices, and
cooking said par-fried potato slices at less than about 120°C until said par-fried potato slices have a final moisture content ranging from about 1% by weight to about 2% by weight thereby forming a plurality of potato chips having a reduced acrylamide concentration.

15. A method of reducing asparagine in a food product comprising the steps of:
- (a) continuously providing a substantially untreated potato feed wherein said untreated potato feed contains asparagine;
 - (b) leaching water-soluble solutes out of said untreated potato feed with a stream of pure water, thereby forming a post-wash extract containing asparagine, as well as a treated potato stream having reduced levels of asparagine.
 - (c) removing asparagine from said post-wash extract with at least one asparagine removal unit thereby forming an asparagine-deficient potato extract;
 - (d) returning at least a portion of the previously extracted water-soluble solutes from said asparagine-deficient potato extract to said treated potatoes.
16. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 15 wherein said untreated potato feed further contains starch, step (b) further comprises leaching starch out of said untreated potato feed with said stream of pure water.
17. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 15 wherein said leaching of step (b) further comprises counter-current leaching, and step (d) is performed by counter-currently contacting said treated potatoes with said asparagine-deficient potato extract.
18. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 17 wherein step (d) is performed using a screw-type extractor.

19. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 17 wherein step (d) is performed using a wash-tank type extractor.
20. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 17 wherein step (d) is performed using a Bollman-type percolation extractor.
21. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 15 wherein step (b) is performed using a screw-type extractor.
22. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 15 wherein step (b) is performed using a wash-tank type extractor.
23. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 15 wherein step (b) is performed using a Bollman-type percolation extractor.
24. The method of reducing asparagine in a food product of Claim 15 wherein step (c) further comprises percolating said post-wash extract through an extraction column filled with an ion exchange resin.
25. The method of claim 24 further comprising the step of removing ammonia from said asparagine deficient potato extract.

26. The method of reducing asparagine of claim 15 wherein the removal unit at step c) comprises post wash extract and an asparagine deficient potato extract wherein step c) further comprises adding an effective amount of asparaginase such that said asparagine-deficient potato extract comprises less than about 50% of the asparagine concentration in said post-wash extract.
27. The method of claim 26 further comprising the step of removing ammonia from said asparagine deficient potato extract.
28. The method of claim 15 wherein said treated potato stream comprises potato slices and wherein said potato slices are par-fried in cooking oil having a temperature above about 120°C until said potato slices have a moisture content of between about 3% by weight and about 10% by weight thereby forming a plurality of par-fried potato slices, and cooking said par-fried potato slices at less than about 120°C until said par-fried potato slices have a final moisture content ranging from about 1% by weight to about 2% by weight thereby forming a plurality of potato chips having a reduced acrylamide concentration.

29. A method of reducing acrylamide in a thermally processed food product comprising the steps of:
- a) providing a plurality of untreated potato slices having a first concentration of asparagine;
 - b) selectively leaching asparagine out of said potato slices with an asparagine-deficient potato extract to make a plurality of treated potato slices having second concentration of asparagine that is less than said first concentration;
 - c) thermally processing said potato slices at a temperature of greater than about 120°C.
30. The method of claim 29 wherein said leaching at step b) occurs for at least 15 minutes.
31. The method of claim 29 wherein said asparagine-deficient potato extract is heated to a temperature of between about 100°F and about 150°F.
32. The method of claim 29 wherein said asparagine-deficient potato extract at step b) comprises between about 0.5 grams and about 2 grams of a raw potato per 1 mL of added solution.
33. The method of claim 29 wherein said asparagine-deficient potato extract comprises between about 3000 units to about 100,000 units of asparaginase per 1.4 liters of said asparagine deficient potato extract.

34. A method of reducing asparagine in a food ingredient comprising the steps of:
- a) providing a food ingredient having a first concentration of asparagine; and
 - b) selectively leaching asparagine out of said food ingredient with an asparagine-deficient food extract, such that said food ingredient has a second concentration of asparagine that is less than said first concentration;
35. The method of claim 34 wherein said leaching at step b) occurs for at least 15 minutes.
36. The method of claim 34 wherein said asparagine-deficient food extract is heated to a temperature of between about 100°F and about 150°F.
37. The method of claim 34 wherein said asparagine-deficient food extract at step b) comprises between about 0.5 grams and about 2 grams of a raw food per 1 mL of added solution.
38. The method of claim 34 wherein said asparagine-deficient food extract comprises between about 3,000 units to about 100,000 units of asparaginase per kilogram of a raw food used to make said asparagine deficient food extract.
39. The method of claim 34 wherein said food ingredient comprises a sliced food ingredient.
40. The method of claim 39 wherein said sliced food ingredient comprises potato.

41. The method of claim 34 wherein said food ingredient comprises French fries.
42. The method of claim 34 comprising one or more food ingredients selected from rice, wheat, corn, barley, soy, oats, and roasted cacao beans.

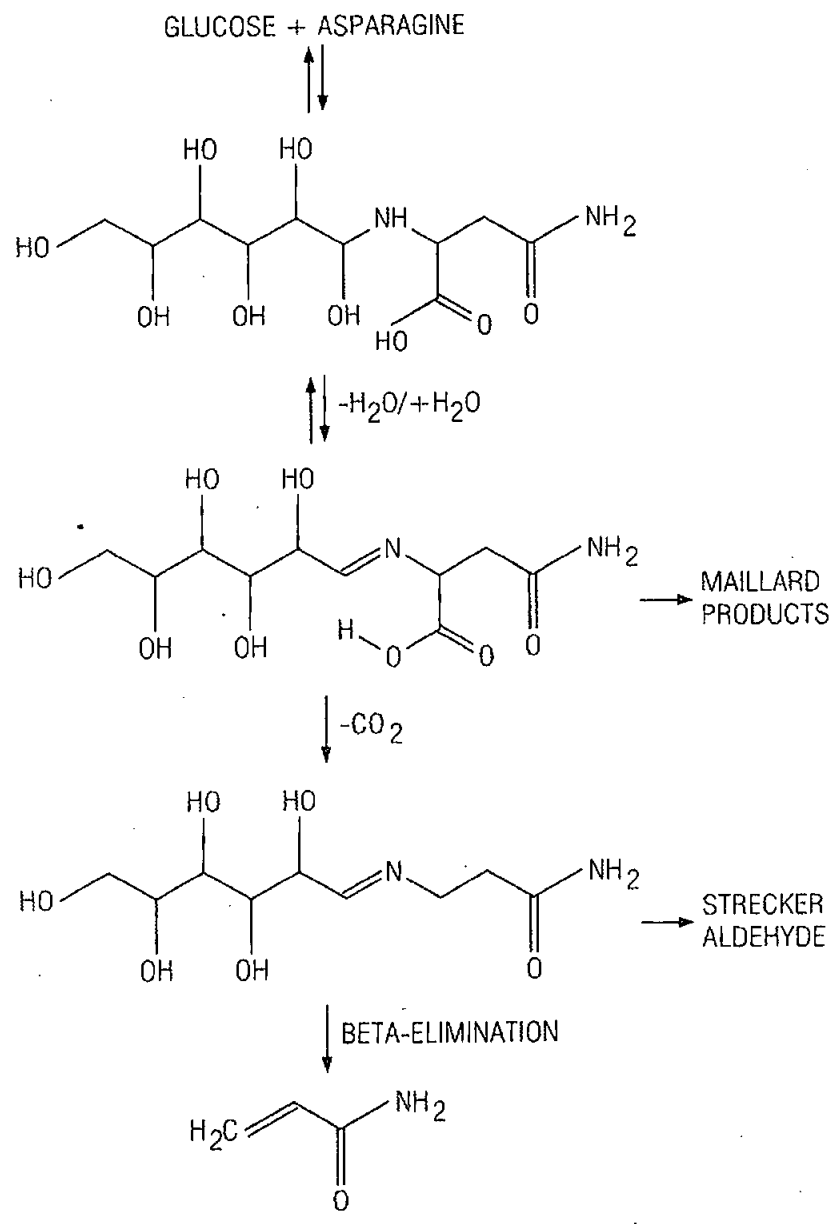


FIG. 1

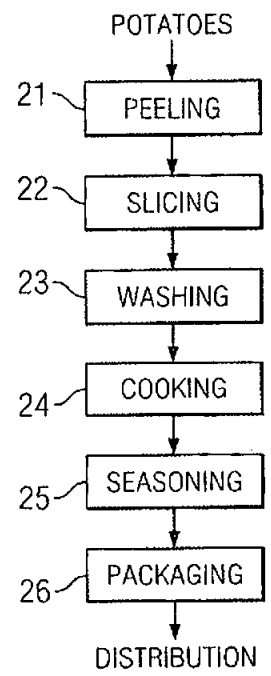
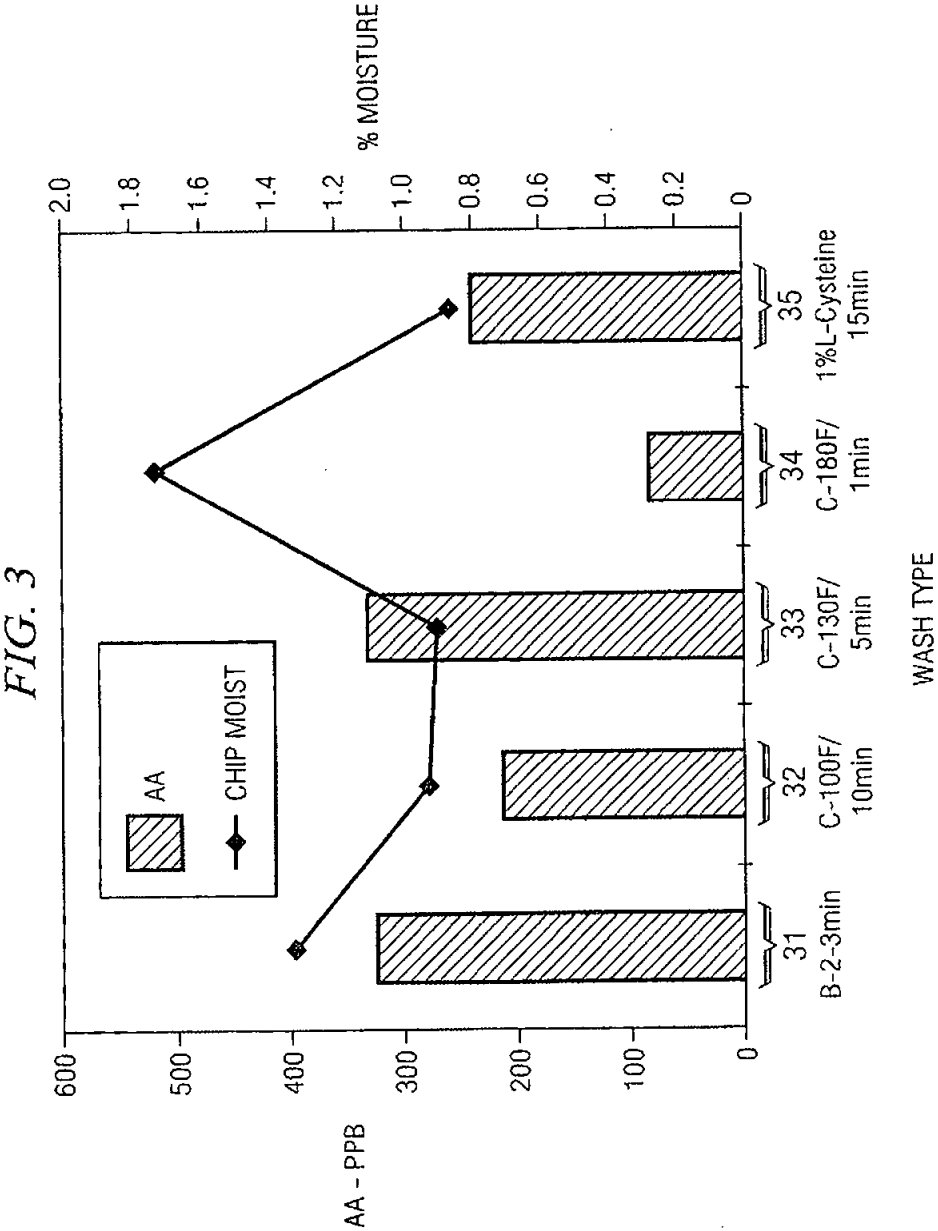
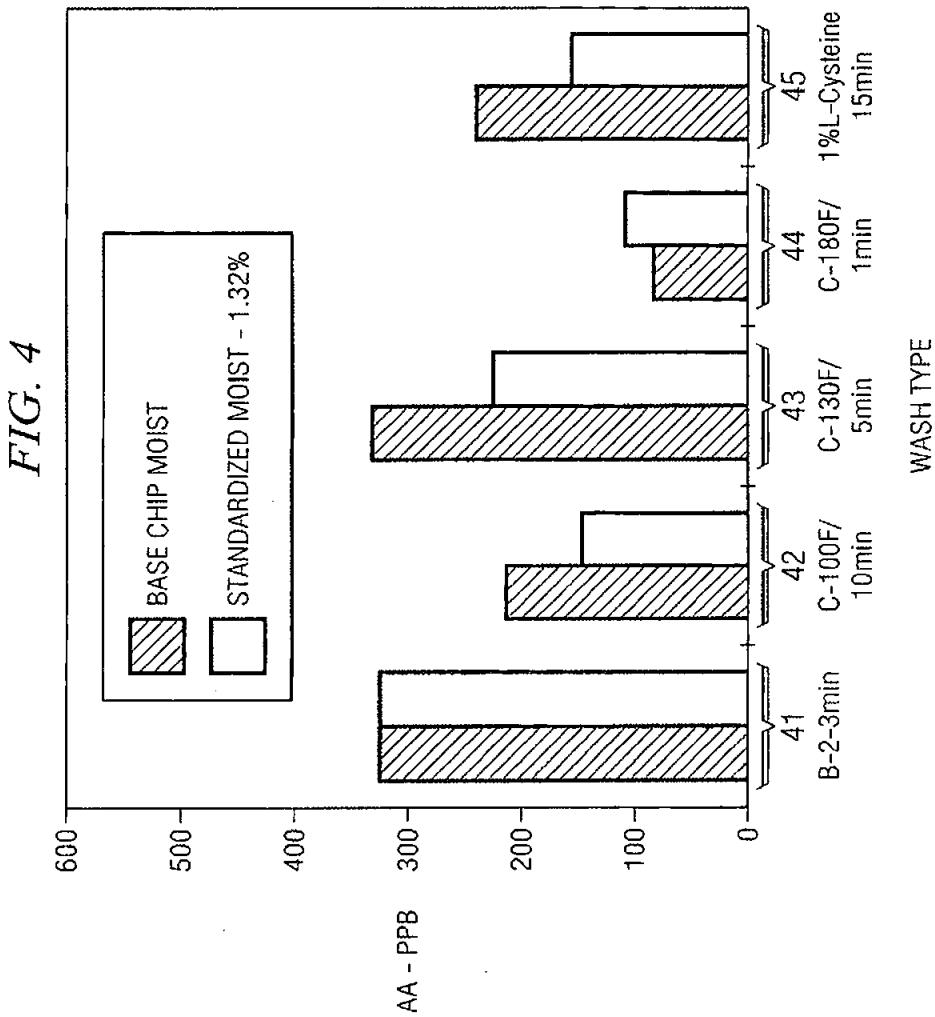


FIG. 2
(PRIOR ART)

2/12





95

4/12

FIG. 5

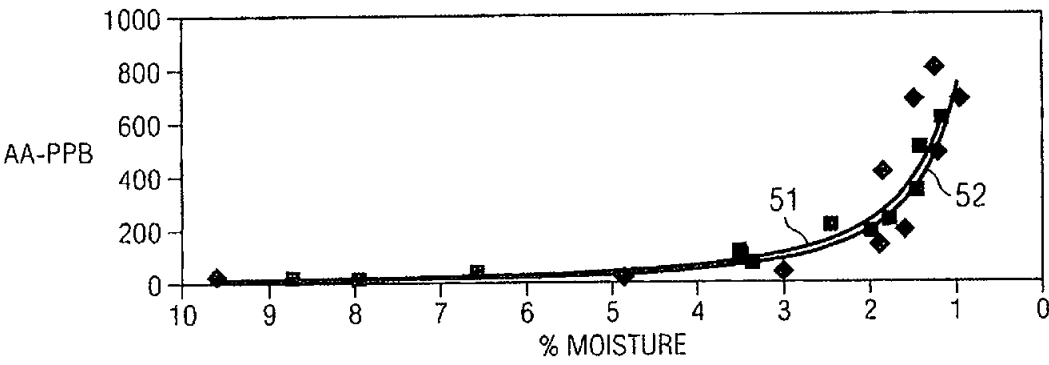
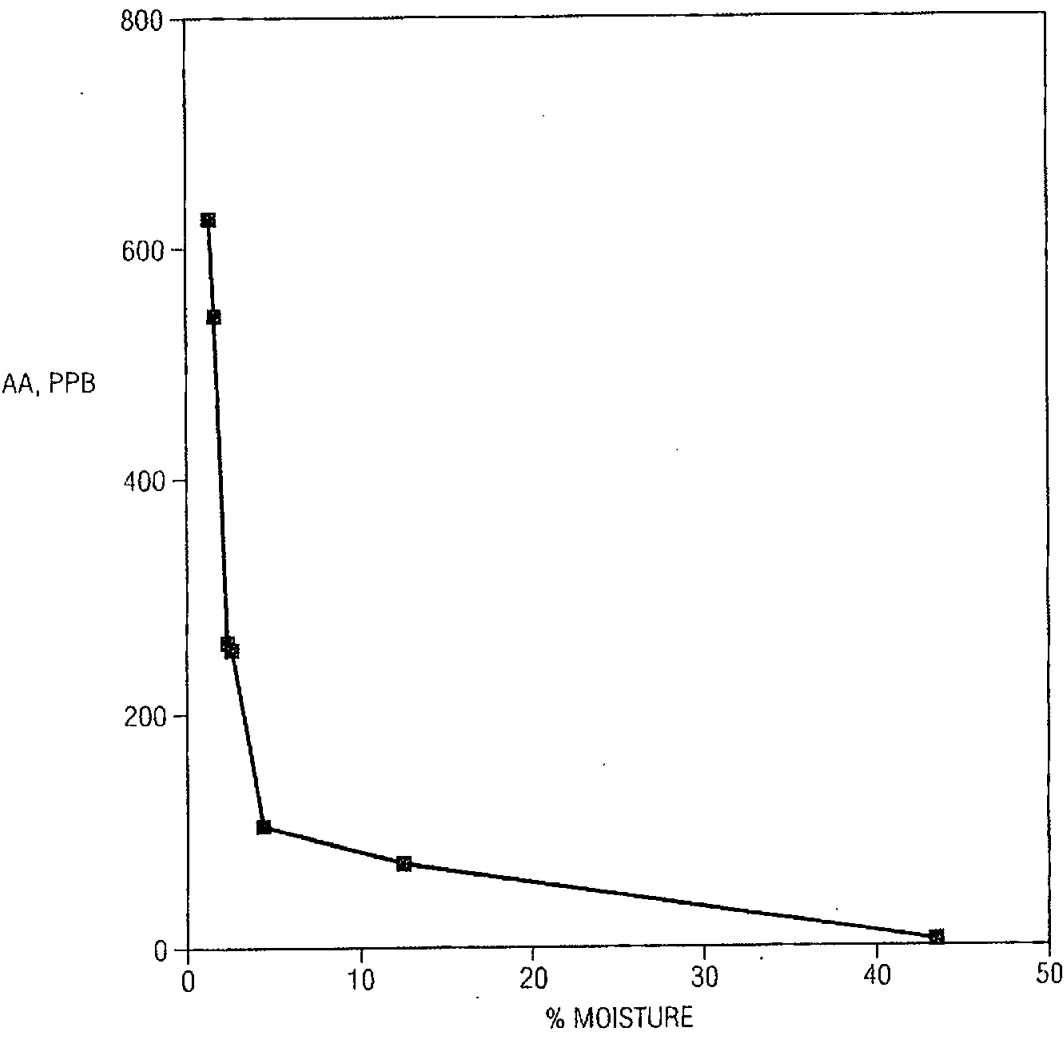


FIG. 6



96

FIG. 7a

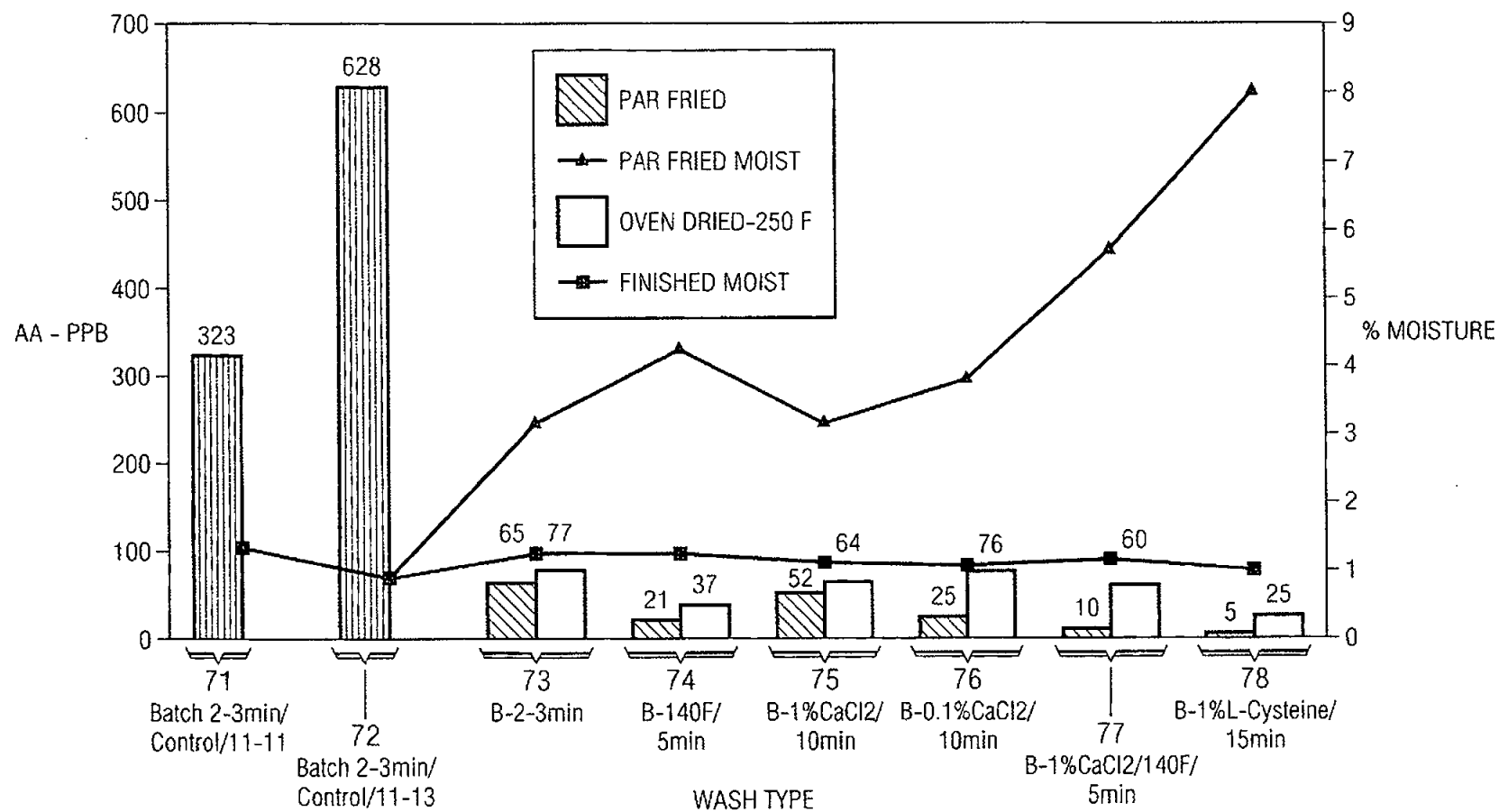
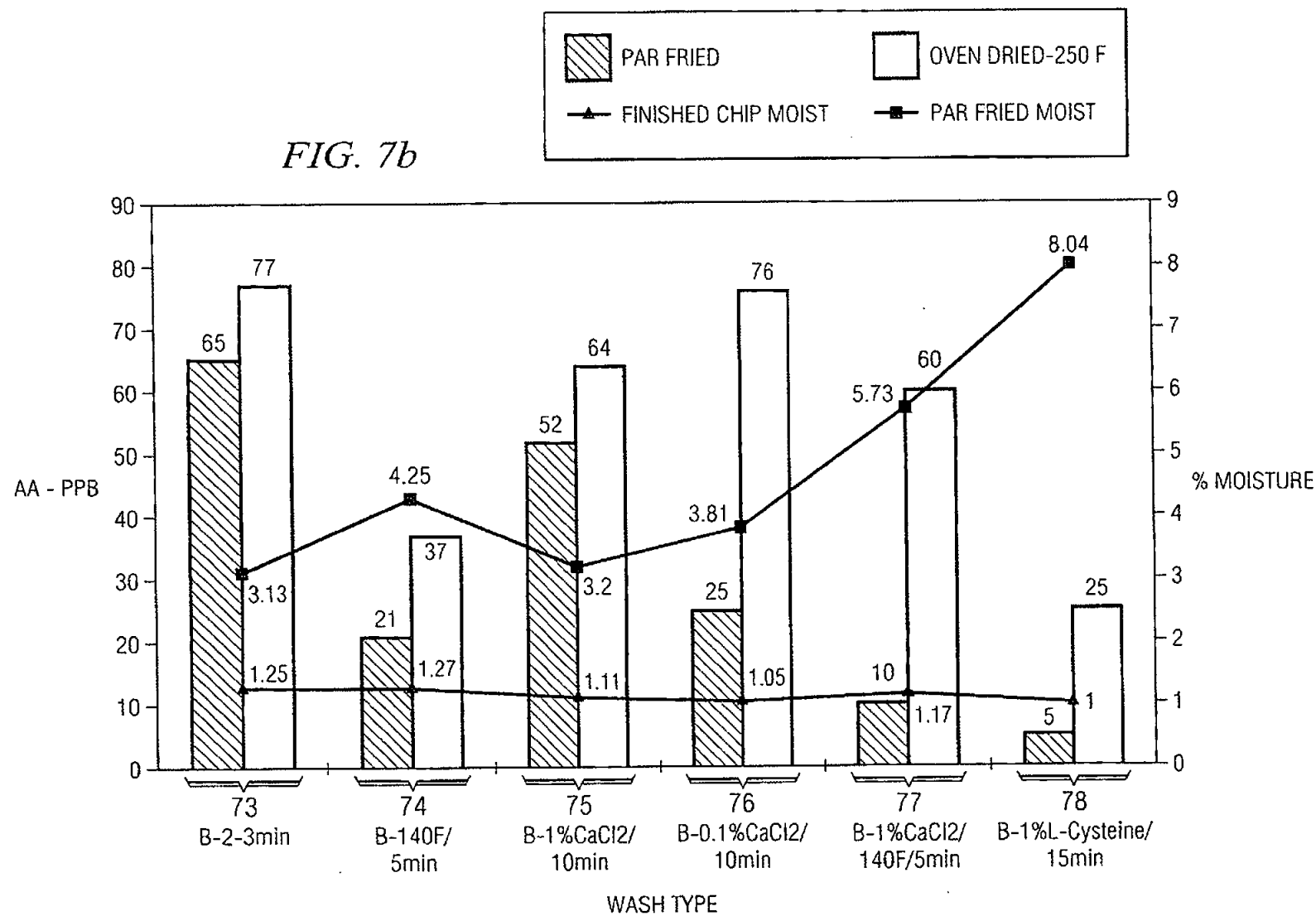


FIG. 7b



76

FIG. 8

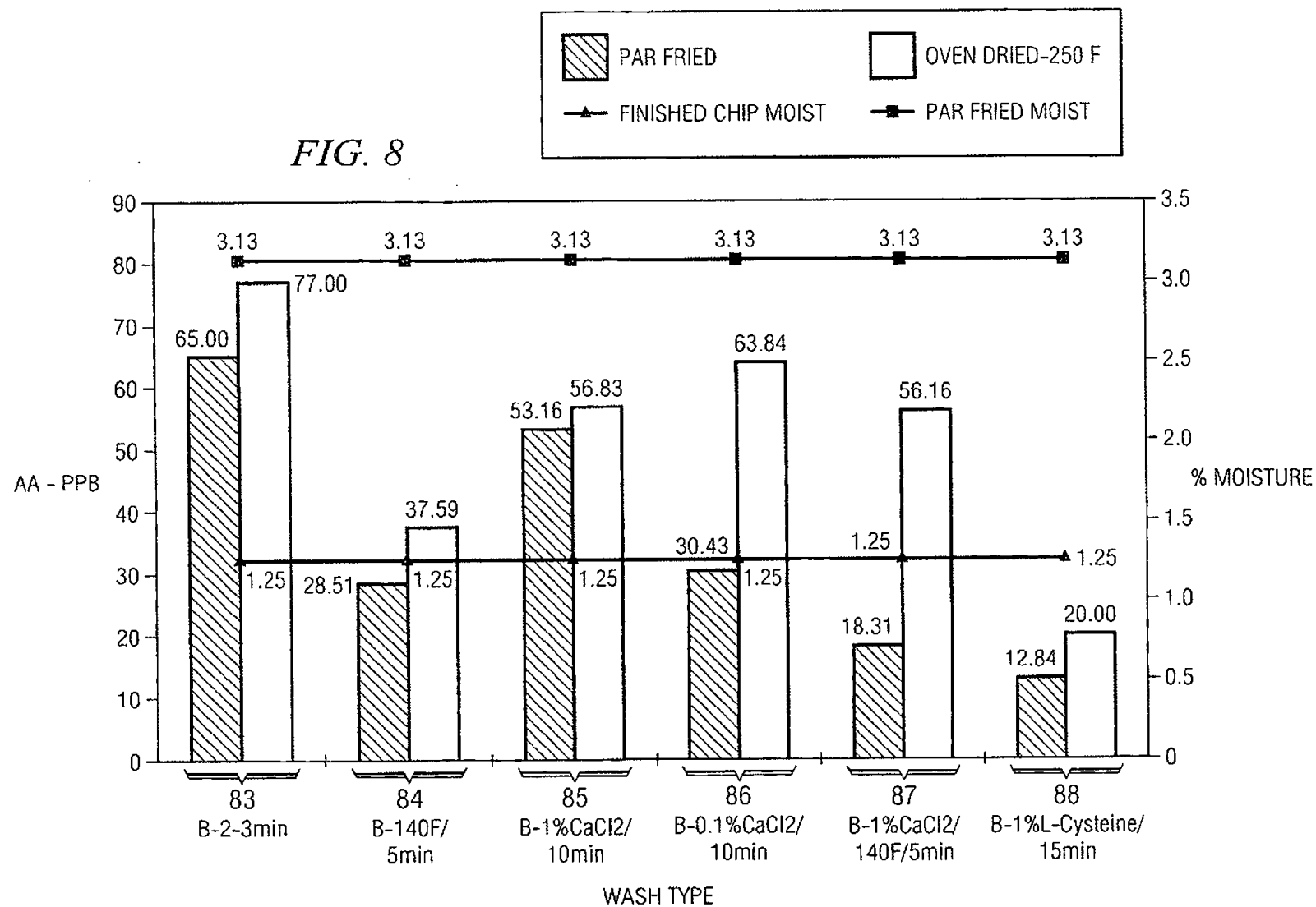
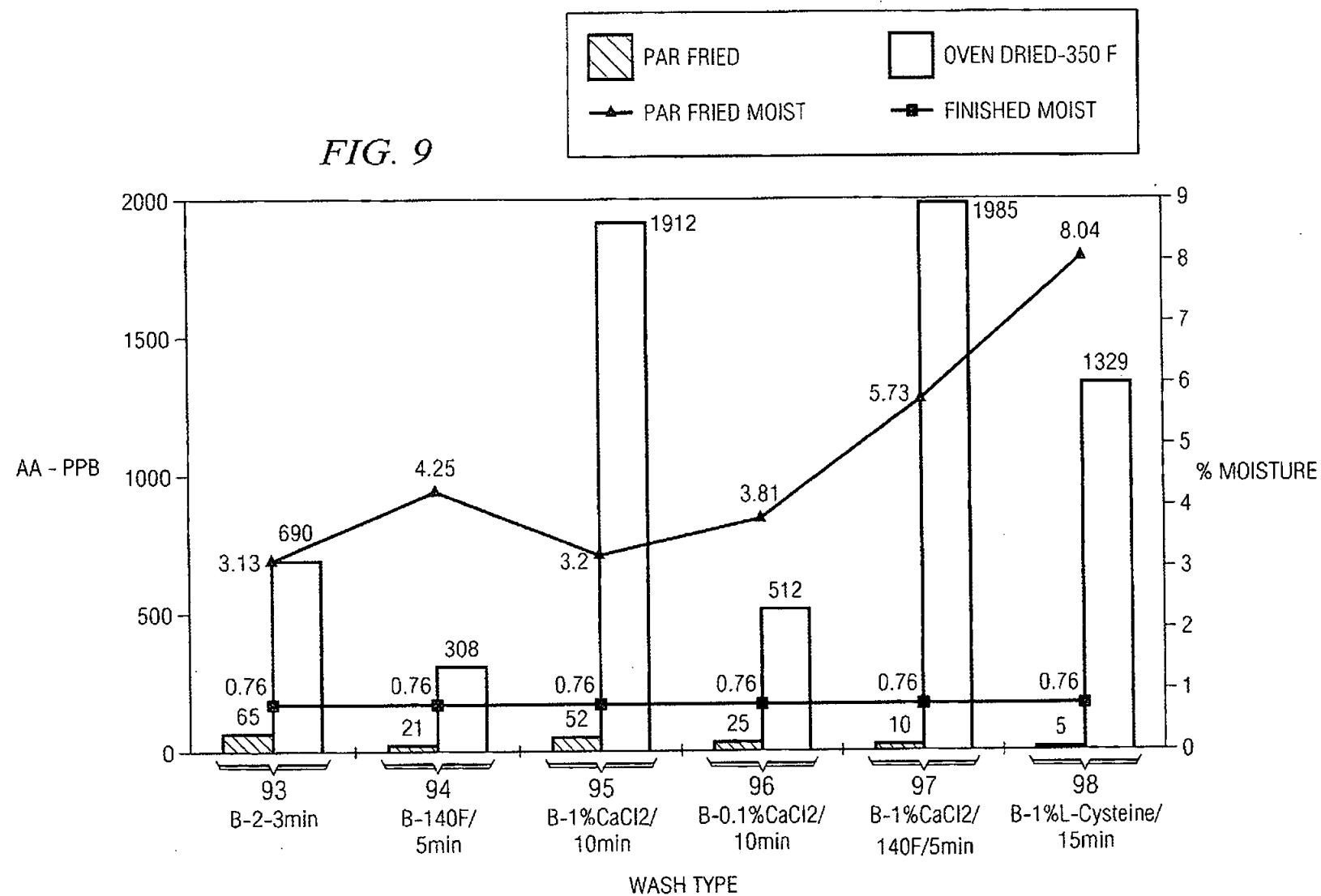


FIG. 9



8/12

100

9/12

FIG. 10

PARAMETER	101		102
	CONTROL	TEST	
FRYER INLET OIL TEMPERATURE, C	179	174	
FRYER SLICE DWELL TIME, SEC	190	190	
FRYER EXIT OIL TEMPERTURE, C	154	149	
SLICE MOISTURE AT FRYER EXIT, WT %	1.4	2.5	
FINISH DRYER AIR TEMPERATURE, C	NOT USED	110	
PAR FRIED SLICE DWELL TIME IN FINISH DRYER, SEC	NOT USED	360	
FINISHED DRIED CHIP MOISTURE AT DRYER EXIT, WT %	NOT APPLICABLE	1.4	
FINISHED CHIP AA LEVEL, PPB	640	160	

FIG. 12

TEST	INITIAL OIL TEMPERATURE, C	FRYING PRESSURE, MBAR	FRYING TIME, SEC	FINISHED CHIP MOISTURE, WT %	FINISHED CHIP AA, PPB
121 1	180	ATMOSPHERIC	185	1.28	470
122 2	175	ATMOSPHERIC	205	1.59	350
123 3	170	ATMOSPHERIC	215	1.6	610
124 4	165	ATMOSPHERIC	240	1.57	350
125 5	140	100	240	1.6	53
126 6	120	100	300	1.8	<5
127 7	100	50	600	1.6	<5

10/12

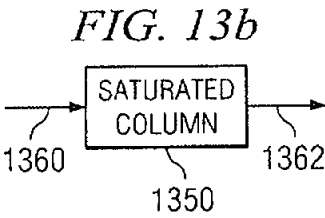
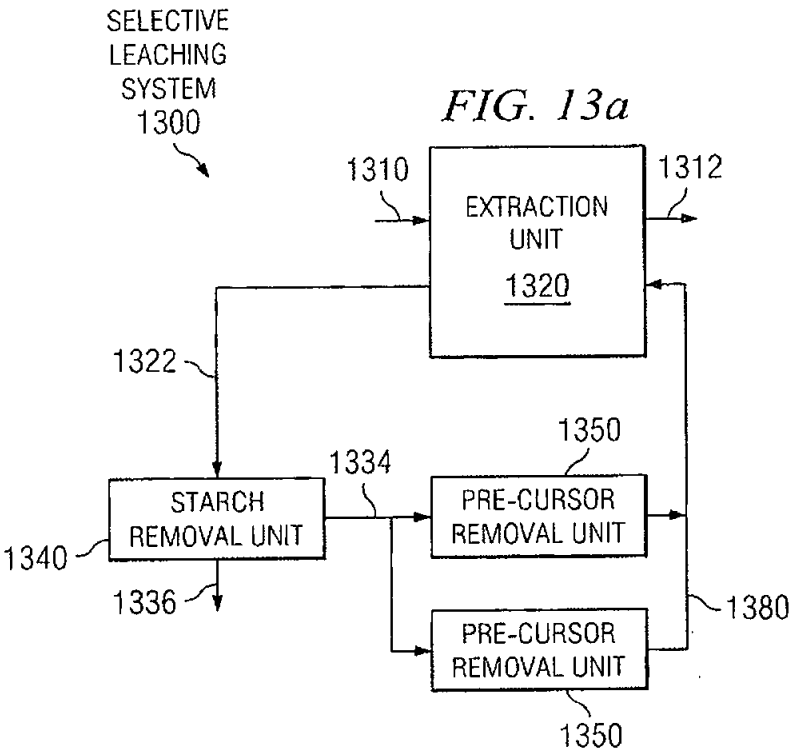
101

PARAMETER	CONTROL	TEST 1	TEST 2	TEST 3	TEST 4
INITIAL PAR FRY OIL TEMPERATURE C	177	177	177	177	177
PAR FRYER PRESSURE, MBAR	ATMOSPHERIC	ATMOSPHERIC	ATMOSPHERIC	ATMOSPHERIC	ATMOSPHERIC
PAR FRY TIME, SEC	153	101	76	63	43
PAR FRY SLICE MOISTURE, WT %	0.83	3	5	7.5	10
FINISH FRY OIL TEMPERATURE, C	NO FINISH FRY	120	120	120	120
FINISH FRY PRESSURE, MBAR	NO FINISH FRY	100	100	100	100
FINISH FRY TIME, SEC	NO FINISH FRY	44	85	101	118
FINISHED CHIP MOISTURE, WT %	0.83 (SAME AS PAR FRY MOISTURE)	0.71	0.74	0.82	0.96
FINISHED CHIP AA, PPB	370	220	48	34	13
FINISHED CHIP OIL CONTENT %	49.8	47.5	44.4	44.8	42.5

FIG. 11

102

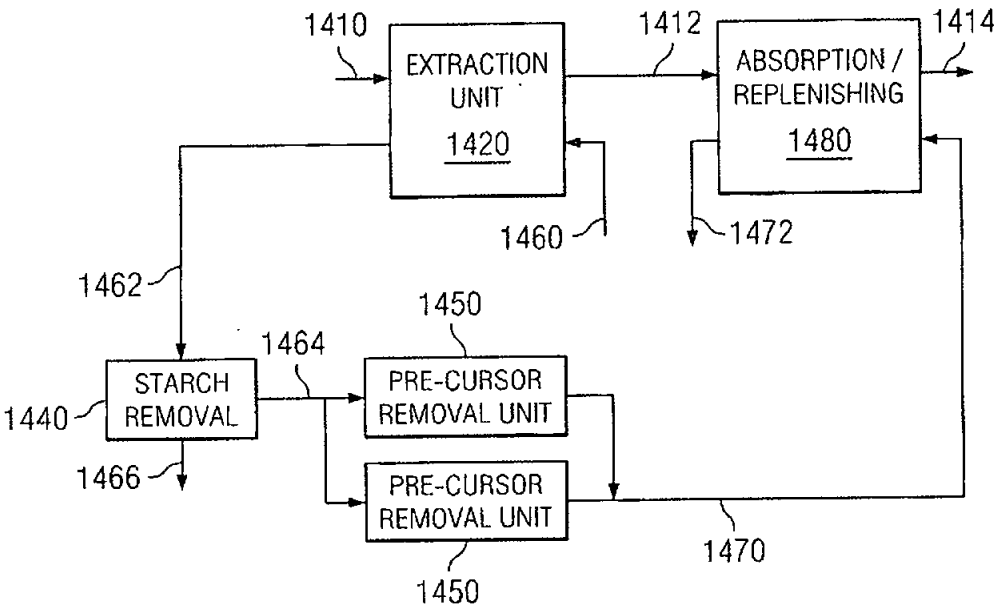
11/12



12/12

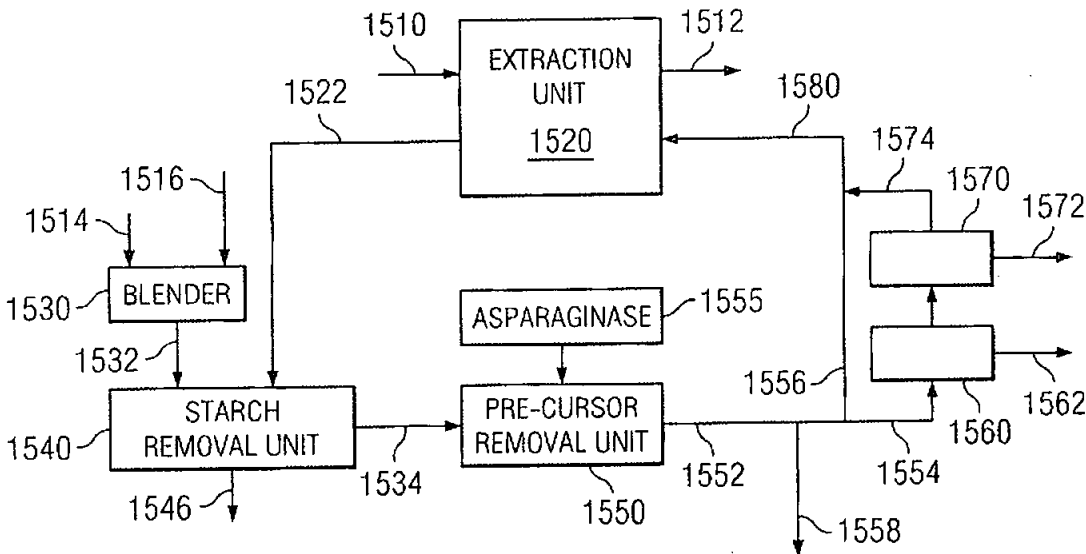
NON-SELECTIVE
LEACHING
SYSTEM
1400

FIG. 14



1500

FIG. 15



MÉTODO PARA REDUCIR LA FORMACIÓN DE ACRILAMIDA EN ALIMENTOS

TÉRMICAMENTE PROCESADOS

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo Técnico

La presente invención se relaciona con un método para reducir la cantidad de asparagina, un precursor de la acrilamida en un producto alimenticio. Esta invención permite la producción de alimentos que tienen niveles significativamente reducidos de acrilamida, y más particularmente la invención está dirigida hacia un método para lixiviar por lo menos un precursor de la acrilamida con un extracto que es deficiente en el precursor de acrilamida que está siendo lixiviado.

Descripción de la Técnica Relacionada

La acrilamida química ha sido utilizada durante largo tiempo en su forma de polímero en aplicaciones industriales para el tratamiento de agua, la recuperación mejorada de petróleo, la elaboración de papel, floculantes, espesantes, procesamiento de minerales y telas con planchado permanente. Los precipitados de acrilamida como un sólido cristalino blanco, es inoloro, y es altamente soluble en agua (2155 g/L a 30°C). Los sinónimos de la acrilamida incluyen 2-propenamida, etileno carboxamida, amida de ácido acrílico, vinil amida y amida de ácido propenoico. La acrilamida tiene una masa molecular de 71.08, un punto de fusión de 84.5°C, y un punto de ebullición de 125° a 25 mmHg.

En tiempos muy recientes, una amplia variedad de alimentos han probado ser positivos para la presencia de un monómero de acrilamida. La acrilamida se ha encontrado especialmente de manera principal en productos de alimentos con carbohidratos que se han calentado y procesado a altas temperaturas. Ejemplos de alimentos que han probado ser positivos para la acrilamida incluyen café, cereales, galletas, papas en pedacitos, crackers, papas freídas a la francesa, panes y rollos, y carnes freídas apanadas. En general, los contenidos relativamente bajos de acrilamida se han encontrado en alimentos ricos en proteínas calentados, mientras que contenidos relativamente altos de acrilamida se han encontrado en alimentos ricos en carbohidratos, comparados con los niveles no detectables en alimentos no calentados y hervidos. Niveles reportados de acrilamida encontrados en varios alimentos similarmente procesados incluyen un rango de 330 - 2,300 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en pedacitos de papa, un rango de 300 - 1100 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en papas a la francesa, un rango de 120 - 180 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en pedacitos de maíz, y niveles que varían desde no detectable hasta 1400 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en varios cereales para el desayuno.

Se considera actualmente que la acrilamida se forma de la presencia de aminoácidos y azúcares reductores. Por ejemplo, se cree que una reacción entre asparagina libre, un aminoácido comúnmente encontrado en vegetales crudos, y azúcares reductores libres cuenta para la mayoría de la acrilamida encontrada en productos alimenticios freídos. La asparagina cuenta con

aproximadamente el 40% de los aminoácidos libres totales encontrados en papas crudas, aproximadamente 18% de los aminoácidos libres totales encontrados en centeno alto en proteína, y aproximadamente 14% de los aminoácidos libres encontrados en el trigo.

La formación de acrilamida de aminoácidos diferentes de la asparagina es posible, pero no se ha confirmado aún con ningún grado de certidumbre. Por ejemplo, alguna formación de acrilamida se ha reportado de probar glutamina, metionina, cisterna, y ácido aspártico como precursores. Estos hallazgos son difíciles de confirmar, sin embargo, debido a las impurezas potenciales de la asparagina en aminoácidos en almacenamiento. Sin embargo, la asparagina se ha identificado como el precursor de aminoácido más responsable por la formación de acrilamida.

En razón a que la acrilamida en alimentos es un fenómeno recientemente descubierto, su mecanismo exacto de formación no se ha confirmado. Sin embargo, ahora se cree que la ruta más probable para la formación de acrilamida involucra una reacción de Maillard. La reacción de Maillard se ha reconocido durante largo tiempo en la química de alimentos, una de las reacciones químicas más importantes en el procesamiento de alimentos y puede afectar el sabor, color, y el valor nutricional del alimento. La reacción de Maillard requiere calor, humedad, azúcares reductores y aminoácidos.

La reacción de Maillard involucra una serie de reacciones complejas con numerosos intermedios, pero se puede describir

generalmente como involucrando tres etapas. La primera etapa de la reacción de Maillard involucra la combinación de un grupo de aminos libres (de aminoácidos libres y/o proteínas) con un azúcar reductor (tal como glucosa) para formar productos de
5 redisposición de Amadori o Heyns. La segunda etapa involucra la degradación de los productos de redisposición de Amadori o Heyns vía diferentes rutas alternativas que involucran desoxiosonas, fisión o degradaciones de Strecker. Una serie compleja de reacciones que incluyen la deshidratación, eliminación,
10 ciclización, fisión y fragmentación dan como resultado en un grupo de intermedios de sabor y de compuestos de sabor. La tercera etapa de la reacción de Maillard se caracteriza por la formación de polímeros y copolímeros nitrogenados café. Utilizando la reacción de Maillard como la ruta probable para la
15 formación de acrilamida, la **Figura 1** ilustra una simplificación de sendas de las que se sospecha para la formación de acrilamida que parte con asparagina y glucosa.

La acrilamida no se ha determinado que afecte a los humanos, pero
20 su presencia en productos alimenticios, especialmente en niveles elevados, es indeseable. Como se notó previamente, concentraciones relativamente altas de acrilamida se encuentran en productos alimenticios que se han calentado o procesado térmicamente. La reacción de la acrilamida en tales productos
25 alimenticios se podría lograr al reducir o eliminar los compuestos precursores para formar acrilamida, inhibir la formación de acrilamida durante el procesamiento de alimentos, descomponer o hacer reaccionar el monómero de acrilamida una vez formado en los alimentos, o remover la acrilamida del producto

antes del consumo. Entendiblemente, cada producto alimenticio presenta retos únicos para lograr cualquiera de las opciones anteriores. Por ejemplo, los alimentos que son tajados y cocinados como piezas coherentes pueden ser fácilmente mezclados con varios aditivos sin destruir físicamente las estructuras de la célula que dan a los productos alimenticios sus características únicas luego de la cocción. Otros requisitos de procesamiento para los productos alimenticios específicos pueden generar de manera similar estrategias de reducción de acrilamida incompatibles o extremadamente difíciles.

Por vía de ejemplo, la **Figura 2** ilustra métodos de la técnica anterior bien conocidos para la elaboración de pedacitos de papa freídos provenientes de un almacenamiento de papa cruda. Las papas crudas, que contienen aproximadamente 80% o más de agua en peso, primero se conduce a una etapa de pelado 21. Después de que son peladas las pieles de las papas crudas, las papas son entonces transportadas a una etapa de tajado 22. El grosor de cada tajada de papa en la etapa de tajado 22 es dependiente del grosor deseado del producto final. Un ejemplo en la técnica anterior involucra tajar las papas a un grosor de aproximadamente 0.04 a aproximadamente 0.08 pulgadas. Estas tajadas son luego transportadas a una etapa de lavado 23, en donde el almidón de la superficie sobre cada tajada es removido con agua. Las tajadas de papa lavadas son entonces transportadas a una etapa de cocción 24. Esta etapa de cocción 24 involucra típicamente freír las tajadas en un freidor continuo en, por ejemplo, aproximadamente 171°C a aproximadamente 182°C (340-360°F) durante aproximadamente 2 a 3 minutos. La etapa de cocción reduce generalmente el nivel

de humedad del pedacito a menos de 2% en peso. Por ejemplo, un pedacito de papa freído típico sale de la freidora con aproximadamente 1-2% de humedad en peso. Los pedacitos de papa cocinados son entonces transportados a una etapa de razonamiento
5 25, donde los sazoadores son aplicados en un tambor de rotación. Finalmente, los pedacitos de papa sazonados se llevan a una etapa de empackado 26. Esta etapa de empackado 26 usualmente involucra alimentar los pedacitos de papa sazonados a una o más balanzas que luego dirigen los pedacitos a una o más máquinas verticales
10 de formado, llenado, y sellado para empackar en un empacke flexible. Una vez empackados, el producto va a distribución y es comprado por un consumidor.

Ajustes menores en un número de etapas de procesamiento de
15 pedacitos de papa descritos anteriormente pueden dar como resultado cambios significativos en las características del producto final. Por ejemplo, un tiempo de residencia extendido de las tajadas en el agua en la etapa de lavado 23 puede dar como resultado en compuestos lixivados de las tajadas que suministran
20 el producto final con su sabor, color y textura a papa.

Los tiempos de residencia o las temperaturas de calentamiento mayores en la etapa de cocción 24 pueden dar como resultado un incremento en los niveles de acaramelamiento Maillard en el
25 pedazo, así como también un contenido de humedad inferior. Si es deseable incorporar ingredientes en las tajadas de papa antes de freír, puede ser necesario establecer mecanismos que suministren la absorción de los ingredientes agregados en las porciones

interiores de las tajadas sin afectar la estructura celular del pedazo o lixiviando los compuestos benéficos de la tajada.

Por vía de otro ejemplo de productos alimenticios calentados que
5 representan retos únicos para reducir los niveles de acrilamida
en los productos finales, los pasabocas también se pueden hacer
como un pasabola fabricado. El término "pasaboca fabricado"
significa un alimento de pasabola que utiliza como su ingrediente
de partida algo diferente al material de partida almidonoso
10 original y no alterado. Por ejemplo, los pasabocas fabricados
incluyen pedacitos de papa fabricados que utilizan un producto de
papa deshidratado como un material de partida y pedacitos de maíz
que utilizan harina de masa como su material de partida. Se nota
aquí que el producto de papa deshidratado puede ser harina de
15 papa, hojuelas de papa, gránulos de papa, o cualquier otra forma
en que existan las papas deshidratadas. Cuando cualquiera de
estos términos se utilizan en esta aplicación, se entiende que
todas estas variaciones están incluidas.

20 En relación de nuevo a la **Figura 2**, un pedacito de papa fabricado
que no requiere la etapa de pelado 21, la etapa de tajado 22, o
la etapa de lavado 23. En su lugar, los pedacitos de papa
fabricados inician con un producto de papa deshidratado tal como
hojuelas de papa. El producto de papa deshidratado se mezcla con
25 agua y con otros ingredientes menores para formar una masa. Esta
masa es luego laminada y cortada antes de proceder a la etapa de
cocción. La etapa de cocción puede involucrar freído u horneado.
Los pedacitos son entonces llevados a una etapa de razonamiento y
a una etapa de empaque. La mezcla de masa de papa generalmente

tiende en si misma a la adición fácil de otros ingredientes. Por el contrario, la adición de tales ingredientes a materias primas de productos alimenticios tales como tajadas de papa, requieren que sea encontrado un mecanismo para permitir la penetración de los ingredientes en la estructura celular del producto. Sin embargo, la adición de cualquiera de los ingredientes en la etapa de mezclado se debe hacer con la consideración de que los ingredientes pueden afectar adversamente las características de laminado de la masa así como también las características de los pedazos finales.

Sería deseable desarrollar uno o más métodos para reducir el nivel de acrilamida en el producto final de los alimentos calentados o térmicamente procesados. De manera ideal, tal proceso no debe reducir o eliminar sustancialmente la acrilamida en el producto final sin afectar adversamente la calidad y las características del producto final. Además, el método debe ser fácil de implementar y, preferiblemente, agregar poco o ningún costo al proceso total.

20

La Patente U.S. No. 3,934,046 ("Weaver"), no está dirigida específicamente a un método para reducir la formación de acrilamida pero, sus enseñanzas son pertinentes para el problema en cuestión. Es bien conocido en la técnica que el acaramelamiento de los productos térmicamente procesados es originado en parte por el calentamiento de aminoácidos, tales como la asparagina, en la presencia de azúcares reductores. Como se explicó en Weaver "la tendencia al acaramelamiento de los tubérculos se incrementa en la medida en que el contenido de los

25

azúcares reductores se incrementa. También se ha demostrado que los azúcares reductores reaccionan con los constituyentes nitrogenosos en las papas, produciendo productos de reacción que oscurecen su color." Weaver enseña que lixiviar las piezas de
5 papa cruda sin agua caliente reduce el acaramelamiento que ocurre en la fase de cocción. Weaver, sin embargo, también explica el efecto indeseable de lixiviar puramente con agua caliente: "en el caso de pedacitos de papa, el lixiviado con agua caliente no se emplea porque la textura y el sabor casi completamente se
10 destruyen bajo las condiciones necesarias para evitar adecuadamente el oscurecimiento." Esto es porque el agua lixivia todos los componentes de las tajadas de papa para lo cual existe un gradiente de concentración entre el almacenamiento de papa y el agua. Consecuentemente, los azúcares y los aminoácidos son
15 lixiviados indiscriminadamente del almacenamiento de papa.

Aunque Weaver no está dirigido hacia reducir niveles de acrilamida en alimentos térmicamente procesados, el concepto general de Weaver de lixiviar piezas de papa se puede mejorar en
20 y aplicado al presente problema de reducir la formación de acrilamida. Sería por lo tanto útil tener un método para reducir la formación de acrilamida en alimentos térmicamente procesados al lixiviar precursores de acrilamida selectivamente además de las piezas de alimento crudo que afectan sustancialmente la
25 textura y el sabor del alimento. Tal método requeriría idealmente remover los precursores de acrilamida lixiviados provenientes del extracto del lixiviado con el fin de reutilizar el extracto de lixiviado.

RESUMEN DE LA INVENCION

Esta presente invención es un método para reducir la cantidad de asparagina en productos de papa que comprende en una modalidad:

5 suministrar continuamente un alimento de papa sustancialmente no tratado que tiene una primera concentración de asparagina y lixiviar la asparagina hacia afuera de dicho alimento de papa no tratado con un extracto de papa deficiente en asparagina, formando de esta manera un extracto pos-lavado que contiene

10 asparagina, así como también unas papas tratadas que tienen una segunda concentración de asparagina que es menor que dicha primera concentración. En una modalidad, el método comprende además remover asparagina de dicho extracto pos-lavado con por lo menos una unidad de remoción de asparagina, regenerando de esta

15 manera dicho extracto de papa deficiente en asparagina reutilizando dicho extracto de papa deficiente en asparagina.

En una modalidad, el extracto pos-lavado se puede regenerar para reducir la asparagina u otros precursores de acrilamida mediante

20 uno o más métodos tales como utilizar una enzima, tal como asparaginasa, descomponer la asparagina precursora de la acrilamida en productos de reacción para reducir la concentración del precursor. Los productos de reacción resultantes se pueden remover en operaciones unitarias posteriores. Otro método que se

25 puede emplear para remover el precursor de acrilamida es el uso de una resina intercambiadora de ion.

En otra modalidad, el líquido lixiviado es vibrado ultrasónicamente mientras que éste se pone en contacto con los

pedacitos de papa. En aún otra modalidad, los precursores de acrilamida, junto con otros compuestos solubles en agua, no son selectivamente lixiviados hacia afuera de las piezas de papa cruda con agua pura, en una primera etapa de contacto. Luego, los
5 precursores de acrilamida son removidos del extracto de lixiviado y los compuestos deseables lixiviados previamente son entonces regresados a las piezas de papa en una segunda etapa de contacto.

En una modalidad, la invención suministra un método para reducir
10 la asparagina en un ingrediente alimenticio que comprende las etapas de suministrar un ingrediente alimenticio que tiene una primera concentración de asparagina, lixiviar selectivamente la asparagina hacia afuera del ingrediente alimenticio de papa con un extracto de alimento deficiente en asparagina, de tal manera
15 que el dicho ingrediente alimenticio tiene una segunda concentración de asparagina que es menor que la dicha primera concentración. Lo anterior, así como también las características y ventajas adicionales de la invención serán evidentes de la siguiente descripción escrita detallada.

20

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las características novedosas que se consideran características de la invención se establecen en las reivindicaciones finales. La
25 invención misma, sin embargo, así como también el modo preferido de uso, los objetivos adicionales y las ventajas de esto, se entenderá mejor mediante referencia de la siguiente descripción detallada de las modalidades ilustrativas cuando se leen en conjunto con los dibujos que la acompañan, en donde:

La **Figura 1** es un esquema de una senda química que se sospecha para formación de acrilamida;

- 5 La **Figura 2** es un esquema de una de las etapas de procesamiento de pedacitos de papa de la técnica anterior;

La **Figura 3** es una gráfica que muestra, en el eje y en partes por billón ("ppb"), concentraciones de acrilamida en muestras de prueba de papa que fueron freídas después de poner en contacto de 10 varias maneras descritas a lo largo del eje x, así como también el contenido de humedad final en peso;

La **Figura 4** es una gráfica que compara los resultados finales de 15 la **Figura 3** con los resultados de la **Figura 3** después de la normalización a un contenido de humedad de aproximadamente 1.32% en peso.

La **Figura 5** es una gráfica que muestra la relación entre la 20 concentración de acrilamida y la humedad del producto freído final en donde la concentración de acrilamida en ppb está sobre el eje y y el contenido de humedad en porcentaje en peso está en el eje x;

25 La **Figura 6** es una gráfica que muestra la relación entre la concentración de acrilamida y la humedad del producto horneado final en donde la concentración de acrilamida en ppb está sobre el eje y y el contenido de humedad en porcentaje en peso está sobre el eje x;

La **Figura 7a** es una gráfica que muestra la concentración de acrilamida en muestras de prueba de papa que fueron freídas a la par y luego secadas en horno a aproximadamente 120°C (350°F) después de varios métodos de poner en contacto, en donde las concentraciones de acrilamida se muestran sobre el eje y en ppb y los varios métodos de contacto se describen en el eje x.

La **Figura 7b** es una gráfica que muestra los últimos seis puntos de datos de la **Figura 7a** a una escala de concentración de acrilamida más estrecha;

La **Figura 8** es una gráfica que muestra los datos de la **Figura 7a** después de normalizar los datos de freído parcial a un nivel de humedad de aproximadamente 3.13% en peso y normalizar los datos de secado en horno a un nivel de humedad de aproximadamente 1.25% en peso;

La **Figura 9** es una gráfica que muestra sobre el eje y en ppb:

- 1) los niveles de acrilamida de las muestras de prueba de papa que fueron puestos en contacto de varias maneras mostradas sobre el eje x, luego freír parcialmente a aproximadamente 178°C (353°F),
- y 2) los niveles de acrilamida de aquellas mismas muestras de prueba de papa después de secado en horno a aproximadamente 176°C (350°F) normalizados a un nivel de humedad de aproximadamente 0.765 en peso;

La **Figura 10** es un diagrama que muestra las condiciones operativas y los resultados de un experimento en el cual una

muestra de control de tajadas de papa fue fritada a condiciones atmosféricas a aproximadamente 1.4% de humedad en peso, y la muestra de la prueba fue freída a condiciones atmosféricas a aproximadamente 2.5% de humedad en peso, luego secadas al horno a
5 aproximadamente un 1.4% de humedad en peso;

La **Figura 11** es un diagrama que muestra las condiciones operativas y los resultados de varios experimentos en los cuales la muestra de control de las tajadas de papa fue freída a
10 condiciones atmosféricas a aproximadamente 0.8% de humedad en peso y cuatro muestras de prueba fueron freídos parcialmente a condiciones atmosféricas a aproximadamente 3-10% de humedad en peso, luego freídas al vacío a temperatura baja a menos de 1% de humedad en peso;

15

La **Figura 12** es un diagrama que muestra las condiciones operativas y los resultados de siete experimentos en los cuales cuatro muestras de prueba fueron freídas a condiciones atmosféricas en aceite con temperaturas iniciales que varían
20 desde aproximadamente 165°C a aproximadamente 180°C (329°F-356°F) durante aproximadamente 3-4 minutos y 3 muestras de prueba fueron freídas al vacío a temperatura baja durante aproximadamente 4-10 minutos a una temperatura que varía desde aproximadamente 100°C a aproximadamente 140°C (212°F-284°F) y presiones que varían desde
25 aproximadamente 50 a aproximadamente 100 milibares.

La **Figura 13a** es un diagrama esquemático de un sistema y método para lixiviar asparagina por fuera de un alimento continuo de

piezas de papa cruda de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

La **Figura 13b** es un diagrama esquemático de una unidad y método
5 para regenerar una unidad de remoción precursora saturada con precursores de acrilamida de acuerdo con otra modalidad de la invención;

La **Figura 14** es un diagrama esquemático de un sistema y método
10 para lixiviar no selectivamente compuestos solubles en agua de un alimento continuo de piezas de papa cruda en una corriente de agua, remover la asparagina de la corriente de agua y regresar algunos de los compuestos solubles en agua previamente lixiviados a las piezas de papa de acuerdo con otra modalidad de la
15 invención;

La **Figura 15** es un diagrama esquemático de un sistema y método que agrega una enzima a extracto pos-lavado desalmidonado para suministrar una solución deficiente en precursor de acrilamida,
20 poner en contacto alimento crudo o las piezas de papa no tratadas que tienen una concentración nativa de asparagina en la solución deficiente en precursor de acrilamida para lixiviar preferiblemente por fuera del precursor de acrilamida desde piezas de alimento no tratadas de tal manera que las piezas de
25 alimento crudo tiene una concentración reducida de asparagina que es menor que la concentración nativa y remover las piezas de alimento tratadas de la unidad de extracción.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La formación de acrilamida en alimentos térmicamente procesados requiere una fuente de carbono y una fuente de nitrógeno. Se
5 tiene la hipótesis de que el carbono se suministra mediante una fuente de carbohidrato y nitrógeno y el nitrógeno se suministra mediante una fuente de proteína o una fuente de aminoácido. Muchos ingredientes alimenticios derivados de plantas, tales como arroz, trigo, maíz, cebada, soya, papa y avena contienen
10 asparagina y tienen un grupo de aminoácidos pequeño, el cual contiene otros aminoácidos además de la asparagina. Existe veinte aminoácidos estándar que son los bloques de construcción de las proteínas y se pueden encontrar en estos ingredientes alimenticios que incluyen, pero no están limitados a, lisina,
15 alanina, asparagina, glutamina, arginina, histidina, glicina y ácido aspártico.

Por "térmicamente procesado" significa alimento o ingredientes alimenticios en donde los componentes del alimento, tal como una
20 mezcla de ingredientes alimenticios, son calentados a temperaturas de alimento de por lo menos 120°C a presión ambiente. El procesamiento térmico también puede comprender temperaturas más bajas por debajo de las presiones atmosféricas. El ingrediente alimenticio se puede procesar separadamente a
25 temperatura elevada antes de la formación del producto alimenticio final. Como se denomina aquí, los alimentos térmicamente procesados incluyen, por vía de ejemplo y sin limitación, todos los alimentos previamente listados como ejemplos de pasabocas fabricados y alimentos fabricados, así como

también frituras a la Francesa, frituras de ñame, otros materiales de tubérculo o raíz, vegetales cocinados que incluyen espárrago cocinado, cebollas y tomates, granos de café, granos de cacao, carnes cocinadas, frutas y vegetales deshidratados, 5 alimentos animales procesados térmicamente, tabaco, té, nueces tostadas o cocinadas, granos de soya, molasas, salsas tales como salsa para barbacoa, pedazos de plátano, pedazos de manzana, bananos freídos, y otras frutas cocinadas. Ejemplos de ingredientes alimenticios térmicamente procesados incluyen avenas 10 procesadas, arroz seco y parbolizado, productos de soya cocinados, masa de maíz, granos de café tostados y granos de cacao tostados.

Alternativamente, los ingredientes de alimentos crudos se pueden 15 utilizar en la preparación del producto alimenticio final en donde la producción del producto alimenticio final incluye una etapa de calentado térmico. Un ejemplo de procesamiento de material crudo en donde el producto alimenticio final resulta de una etapa de calentamiento térmico en la elaboración de los 20 pedacitos de papa provenientes de tajadas de papa crudas mediante la etapa de freír a una temperatura desde aproximadamente 120°C a 220°C o la producción de papas fritas u otros productos alimenticios freídos a temperaturas similares de acuerdo con la presente invención, sin embargo, una formación significativa de 25 acrilamida se ha encontrado que se presenta cuando el aminoácido asparagina se calienta en la presencia de un azúcar simple. Calentar otros aminoácidos tales como lisina y alamina en la presencia de un azúcar simple tal como la glucosa no conduce a la formación de acrilamida. Pero de manera sorprendente la presencia

de asparagina con otro aminoácido, tal como lisina, en la presencia de un azúcar simple origina un incremento en la formación de acrilamida que es mucho mayor que cuando la asparagina es el único aminoácido presente.

5

Habiendo establecido la formación rápida de acrilamida cuando la asparagina se calienta en la presencia de un azúcar simple, una reducción de acrilamida en los alimentos térmicamente procesados se puede lograr al inactivar la asparagina. Por "inactivar" significa remover la asparagina del alimento o hacer que la asparagina no se reactive junto con la ruta de formación de acrilamida por medio de la conversión o unión a otro químico que interfiere con la formación de acrilamida de la asparagina.

10

Uno de tales métodos para inactivar es poner en contacto al asparagina con la enzima asparaginasa. La enzima descompone la asparagina a ácido aspártico y amonio. La asparagina también se puede inactivar como un precursor de acrilamida en un alimento térmicamente procesado por lixiviado. La solubilidad de la asparagina en una solución acuosa se puede facilitar cuando el pH de la solución se mantiene ligeramente ácido o ligeramente básico, preferiblemente entre un pH de aproximadamente 5 y aproximadamente 6.5 y entre aproximadamente 7.5 y aproximadamente 9.0 a temperatura ambiente. La solubilidad de la asparagina también se puede facilitar al suministrar una temperatura elevada de entre aproximadamente 100°F (37°C) y aproximadamente 150°F. La asparagina puede además ser inactivada como el precursor de la acrilamida en un alimento térmicamente procesado mediante fermentación. La asparagina también se puede incorporar en las

20

25

proteínas para inactivar la asparagina como un precursor de la acrilamida. La asparagina se puede además inactivar como el precursor de la acrilamida mediante la adición de una sal que reduce el pH tal como lactato de calcio, cloruro de calcio o malato de calcio.

Otras técnicas serán evidentes para que aquellos expertos en el arte efectúen la inactivación de la asparagina de una manera que interfiera con la formación de acrilamida. Con niveles inferiores de asparagina en el ingrediente alimenticio o el producto alimenticio antes del procesado térmico, el nivel de acrilamida en el alimento procesado final se reducirá dramáticamente.

Ejemplo:

15

La reducción de la formación de acrilamida cuando la asparagina y la glucosa se calientan en la presencia de la enzima asparaginasa se demuestra en este ejemplo. La enzima asparaginasa se disuelve en aproximadamente 0.05 M de amortiguador de ácido Tris-clorhídrico a un pH de 8.6 para hacer una solución de asparaginasa activa. Una solución de asparaginasa de control también se hizo al calentar una porción de la solución de asparaginasa activa a aproximadamente 100°C durante aproximadamente 20 minutos para desactivar la enzima. En el control, aproximadamente 0.2 gramos de glucosa, aproximadamente 0.1 gramos de asparagina y aproximadamente 20 mils de la solución de asparaginasa calentada se combinaron en un frasco con espacio superior de 20 ml. En el experimento de enzima activa, aproximadamente 0.2 gramos de glucosa, aproximadamente 0.1 gramos

de asparagina y aproximadamente 20 mils de solución de asparaginasa activa se combinaron en un frasco con un espacio superior de 20 ml. La cantidad de enzima en los frascos era de aproximadamente 250 unidades de enzima. Las mezclas de enzima de control y activas se procesaron juntas en duplicado. Los frascos se mantuvieron a aproximadamente 37°C durante aproximadamente 2 horas, luego se colocaron en horno a aproximadamente 80°C durante aproximadamente 40 horas hasta evaporado a sequedad. Después de calentar, aproximadamente 0.2 ml de agua se agregó a cada frasco.

Los frascos fueron entonces calentados en un horno cromatográfico a gas con el siguiente perfil de temperatura: proceder desde una temperatura inicial de aproximadamente 40°C; calentar aproximadamente 20°C por minuto a aproximadamente 200°C; y mantener a aproximadamente 200°C durante aproximadamente 2 minutos antes de enfriar a aproximadamente 40°C. Las mezclas de reaccion fueron entonces extraídas con aproximadamente 50 ml de agua y se midió la acrilamida en el agua mediante GC-MS. Los valores medidos se muestran en la Tabla 1 adelante:

Material de Prueba	Acrilamida (ppb)	Reducción Porcentual
Control 1	334,810	-----
Control 2	324,688	-----
Asparaginasa Activa 1	66	99.9
Asparaginasa Activa 2	273	99.9

TABLA 1: formación de Acrilamida en la Presencia de Asparaginasa y Glucosa

Como se puede ver, el tratamiento del sistema con enzima que descompone la asparagina a ácido aspártico y amonio redujo la formación de acrilamida en más del 99.9%. Este experimento establece que reducir la concentración de asparagina, o la
5 naturaleza reactiva de la asparagina, reducirá la formación de acrilamida.

Además de inactivar al asparagina, los ingredientes alimenticios derivados de planta también pueden ser fuentes de plantas que son
10 cultivadas y seleccionadas por tener niveles de asparagina que son inferiores de aquellos de otras plantas similares. Una reducción de la cantidad de asparagina en el ingrediente alimenticio derivado de la planta se reflejará la cantidad de acrilamida que se forma bajo las mismas condiciones de
15 tratamiento térmico.

Lo anterior demuestra la reducción de acrilamida que se puede lograr mediante aditivos tales como la asparaginasa. Sin embargo, investigaciones para efectos de las varias operaciones unitarias
20 o etapas de procesamiento sobre la formación de acrilamida en productos alimenticios terminados también han conducido a resultados interesantes. Estos resultados demuestran la capacidad de modificar una o más operaciones unitarias en cualquier proceso de la técnica anterior dado para elaborar un producto alimenticio
25 de tal manera que el producto alimenticio cocinado resultante tenga una concentración reducida de acrilamida. Por "concentración reducida de acrilamida" significa una concentración de acrilamida que es inferior a aquella de la concentración que se hubiera formado durante un proceso de la

técnica anterior no modificado para cocinar el producto alimenticio particular en cuestión. Los términos "concentración reducida de acrilamida" y "nivel de acrilamida reducido" son todos utilizados intercambiabilmente en esta solicitud. Para el
5 propósito de esta solicitud, "operaciones unitarias" significa un segmento definible de un método total para producir un producto alimenticio. Por ejemplo, en referencia a la **Figura 2**, cada una de las etapas de procesamiento de los pedacitos de papa (la etapa de pelado 21, la etapa de tajado 22, la etapa de lavado 23, la
10 etapa de cocinado 24, la etapa de razonamiento 25 y la etapa de empaque 26) se consideran una operación unitaria separada con relación al proceso total de producción de un producto alimenticio de pedacitos de papa.

15 Un primer ejemplo de la manipulación de una operación unitaria involucra la etapa de lavado 23 (ilustrada en la **Figura 2**) de los pedacitos de papa producidos al tajar almacenado de papa crudo. El método de la técnica anterior de lavar tajadas que involucran enjuagar los pedacitos con agua a temperatura ambiente. El tiempo
20 de residencia promedio de cada pedacito en este enjuague de agua en la técnica anterior es típicamente menor de aproximadamente 60 segundos, dependiendo del equipo utilizado.

La **Figura 3** ilustra como la operación unitaria del lavado de
25 pedacitos se puede manipular de tal manera que los niveles de acrilamida en el producto del pedazo terminado se pueden ajustar. De acuerdo con la presente invención, la etapa de lavado 23 se puede manipular para comprender una etapa de puesta en contacto, donde un alimento continuo de tajadas de papa puesta en contacto

con una solución acuosa durante tiempos de residencia y a temperaturas que difieren de aquellas utilizadas en la etapa de lavado de la técnica anterior. La **Figura 3** es un diagrama que muestra a la izquierda (desde la perspectiva de quien lo ve) un eje vertical ó y, la cantidad de acrilamida ("AA") en partes por billón ("ppb") encontrado en el producto de pedacitos de papa terminado. El eje vertical derecho ó y de la gráfica de la **Figura 3** muestra la humedad porcentual en peso en el producto de pedazo terminado. El nivel de acrilamida se diagrama sobre la gráfica mediante barras verticales, aunque el nivel de humedad porcentual es diagramado sobre la gráfica de línea. El eje horizontal ó x del diagrama mostrado en la **Figura 3** lista varios cambios del parámetro de procesamiento hechos en las operaciones unitarias de lavado de un proceso de elaboración de pedazo de papa. El tiempo de cocción y la temperatura fueron idénticos para todas las corridas de producto reflejadas en la **Figura 3**. Específicamente, cada muestra fue freída a aproximadamente 178°C (353°F) durante aproximadamente 120-140 segundos. Consecuentemente, los niveles de humedad del producto final tendieron a variar.

Por vía de comparación con los resultados mostrados en la **Figura 3**, la etapa de lavado de la técnica anterior descrita anteriormente, que utiliza papas almacenadas en pedazos tajadas a un grosor de 0.05 pulgadas y freídas a aproximadamente 178°C (353°F) durante aproximadamente 120-140 segundos, dieron como resultado un producto terminado que tiene un nivel de acrilamida de aproximadamente 300-500 ppb (que puede ser mayor dependiendo del contenido de glucosa y otro almacenamiento variable de papa) y un nivel de humedad final en peso de aproximadamente 1.4%. Este

resultado de la técnica anterior es muy similar al primer punto de datos 31 encontrado en el diagrama mostrado en la **Figura 3**, que representa el punto de dato base e involucra una etapa de lavado con un tiempo de residencia de agua para las tajadas de papa de dos a tres minutos. Manteniendo todos los otros parámetros en el procesamiento total del pedazo de papa, este cambio menor en las operaciones unitarias de lavado no resulta en un cambio notable en el nivel de acrilamida (aproximadamente 330 ppb) o el nivel de humedad del producto terminado (aproximadamente 1.35%), comparado con un producto terminado de acuerdo con una etapa de lavado de la técnica anterior.

El siguiente punto de dato 32 mostrado en la gráfica en la **Figura 3** refleja un cambio en la etapa de lavado que comprende poner en contacto las tajadas de papa con agua como una solución acuosa, incrementando el tiempo de contacto de la solución acuosa con las tajadas de papa a diez minutos, e incrementar la temperatura de la solución acuosa desde temperatura ambiente a aproximadamente 38°C (100°F). Este ajuste dio como resultado una disminución de la acrilamida en el producto terminado hasta aproximadamente 210 ppb y una reducción en el nivel de humedad del producto terminado a menos de 1% en peso. De manera interesante el tercer punto de dato 33 refleja que incrementar la temperatura de la solución acuosa (de nuevo, agua) a aproximadamente 54°C (130°F) con un tiempo de contacto promedio de 5 minutos no dio como resultado una reducción a pesar de los niveles de acrilamida en el producto terminado. En contraste, el cuarto punto de datos 34 demuestra una reducción apreciable en los niveles de acrilamida en el producto final (por debajo de 100 ppb) cuando la operación

unitaria de lavado involucra una etapa de contacto que suministra un tiempo de contacto de un minuto con una solución acuosa que comprende agua a una temperatura de aproximadamente 82°C (180°F). Sin embargo, el nivel de humedad del pedazo de producto final fue de aproximadamente 1.8%. El quinto punto de dato 35 refleja que utilizar una solución de L-Cisteína al 1% como la solución acuosa a temperatura ambiente durante 15 minutos, reduce el nivel de acrilamida en el producto final a menos de 250 ppb.

En la gráfica ilustrada en la **Figura 4**, los resultados experimentales mostrados en la **Figura 3** (el primero de cada par de barras verticales) se normaliza para describir los niveles de acrilamida que se podrían esperar si las muestras de prueba fueran freídas al mismo nivel de humedad estandarizado (el segundo de cada par de barras verticales). Al asumir que el cambio porcentual en el nivel de acrilamida es inversamente proporcional al cambio porcentual en el nivel de humedad cuando los niveles de humedad son bajos, los resultados de los datos de prueba mostrados en la **Figura 3** se pueden normalizar al multiplicar los niveles de acrilamida presentes mediante un cambio porcentual en los niveles de humedad requeridos para alcanzar el nivel de humedad final de la muestra base-estándar. Normalizar los datos experimentales al mismo nivel de humedad le permite una comparación más precisa de la efectividad relativa de cada método de contacto en la formación reducida de acrilamida.

En referencia de nuevo a la **Figura 4**, el eje vertical ó y es de nuevo marcado en ppb de acrilamida encontrada en el producto terminado. El eje horizontal ó x es marcado para mostrar los

parámetros de cada punto de dato. En la **Figura 4**, cada punto de dato muestra un par de barras verticales, las barras a la izquierda de un par son importadas de la **Figura 3** mientras que las barras de la derecha de un par reflejan los resultados esperados de los mismos parámetros de proceso de contacto si el producto final fue freído a un nivel de humedad uniforme o estandarizado de 1.32%.

Una vez de nuevo, el primer punto de datos 41 es la muestra base que involucra un lavado de agua de uno a tres minutos a temperatura ambiente. El segundo punto de dato 42 involucra la etapa de contacto de acuerdo con la presente invención, donde las tajadas de papa son puestas en contacto con la solución acuosa que comprende agua a una temperatura de aproximadamente 38°C (100°F) durante 10 minutos de tiempo de contacto. La barra a mano izquierda de nuevo refleja que tal contacto seguido por el freído a aproximadamente 178°C (353°F) durante aproximadamente 120-130 segundos dará como resultado un poco más de 200 ppb de acrilamida en el producto terminado y un producto terminado que tiene un nivel de humedad de menos del 1%. Sin embargo, la barra a mano derecha demuestra que si el pedazo así contactado fue freído a un nivel de humedad estandarizado de 1.32% el nivel de acrilamida proyectado caería en aproximadamente 150 ppb.

Un resultado deseable similar ocurre con relación al tercer punto de datos 43, mientras que el cuarto punto de datos 44 refleja que la reducción del nivel de humedad del producto terminado sube ligeramente el nivel encontrado de acrilamida. De manera interesante, el último punto de datos 45 refleja una reducción

significativa de la acrilamida cuando la solución acuosa que comprende 1% de L-Cisteína y un tiempo de contacto de quince minutos se utiliza. Adicionalmente, un nivel de acrilamida particularmente bajo se proyecta para un nivel de humedad del pedazo final de 1.32% en peso. También es interesante notar que el nivel de acrilamida proyectado para las tajadas de papa puestas en contacto con la L-Cisteína al 1% durante un tiempo de contacto de quince minutos es aproximadamente el mismo que el nivel proyectado de tajadas puestas en contacto con la solución acuosa que comprende agua durante 10 minutos a aproximadamente 38°C (100°F).

La reducción de acrilamida también se puede lograr de otras maneras. En razón a que la asparagina parece ser el principal precursor de la acrilamida, es deseable remover la asparagina antes de cocinar las piezas de papa de tal manera que la formación de la acrilamida se reduzca en el producto cocinado final. Una modalidad de la presente invención comprende un método para remover la asparagina al utilizar un extracto o solución de papa deficiente en la asparagina para lixiviar la asparagina hacia afuera de las piezas de papa antes de cocinar. Nótese que los términos "precursor" y "asparagina" se pueden utilizar intercambiablemente en esta descripción, en razón a que la asparagina se ha identificado como el único precursor más directamente ligado a la formación de acrilamida. Sin embargo, la invención puede de manera similar ser utilizada para remover cualquier precursor específico identificado como necesario para la formación de acrilamida.

Lixiviar los componentes de las papas tajadas mediante el extracto de papa o la corriente de lixiviado ocurre para aquellos componentes para los cuales existe un gradiente de concentración entre la materia soluble en las tajadas de papa y el extracto de papa o la corriente de lixiviado. El lixiviado se puede lograr selectivamente mediante un extracto de papa que sea deficiente en el precursor de acrilamida a ser removido, pero tiene niveles de concentración de otra materia soluble deseable o solutos que están en o cerca al equilibrio con los niveles de concentración correspondientes en las tajadas de papa. Por "equilibrio" significa una de dos condiciones: 1) las concentraciones acuosas de un soluto particular son sustancialmente las mismas ambas en el extracto en las papas; o 2) el extracto es saturado y no puede absorber más del soluto particular. Como se utiliza aquí, la materia soluble deseable se define como un compuesto de papa soluble nativo, diferente de los azúcares reductores, que no es un precursor de la acrilamida.

Un ejemplo de lixiviado selectivo involucra extracto de papa deficiente en la asparagina y luego poner en contacto las tajadas de papa cruda con el extracto de papa deficiente en la asparagina para lixiviar selectivamente la asparagina por fuera de las tajadas de papa cruda. En una modalidad, el lixiviado se mejora adicionalmente al vibrar ultrasónicamente el extracto de papa mientras que el extracto de papa está en contacto con las tajadas de papa. Si se desea, el extracto de papa o la corriente de lixiviado se puede tratar para remover los precursores de acrilamida lixiviado de tal manera que el extracto de papa o la

corriente de lixiviado se puedan reciclar para uso continuo en el lixiviado de más tajadas de papa.

Las pruebas fueron corridas para definir el nivel de asparagina en las tajadas de papa embebidas en diferentes soluciones durante diferentes tiempos de residencia. Doce pruebas separadas y una prueba de control se efectuaron. La muestra de control consistió de tajadas de papas frescas, no embebidas. Las doce pruebas consistieron de tajadas de papa embebidas en cuatro diferentes soluciones en tres diferentes tiempos de residencia. Los resultados se resumen en la Tabla 2 de adelante.

Solución calentada a 120°F	Tiempo de Residencia Embebido en una Solución	Asparagina en Papas (peso%)	Porcentaje de Reducción de Asparagina del Control
Control	--	0.66	0
Agua	15 minutos	0.47	29
Agua con Asparaginasa	15 minutos	0.37	43
Extracto de Papa	15 minutos	0.39	41
Extracto de Papa con Asparaginasa	15 minutos	0.39	41
Agua	40 minutos	0.33	51
Agua con Asparaginasa	40 minutos	0.31	53
Extracto de Papa	40 minutos	0.25	63
Extracto de Papa con Asparaginasa	40 minutos	0.12	81

Agua	60 minutos	0.26	61
Agua con Asparaginasa	60 minutos	0.20	70
Extracto de Papa	60 minutos	0.25	62
Extracto de Papa con Asparaginasa	60 minutos	0.05	93

TABLA 2: Reducción de asparagina de tajadas de papa embebidas en un extracto de papa

Cada baño de extracto de papa inició con aproximadamente 800 gramos de tajadas de papa peladas y aproximadamente 1500 mL de agua colocada en un mezclador y hecha en un extracto de papa no filtrado. El extracto no filtrado fue entonces filtrado al vacío a través de un papel de filtro de laboratorio con un tamaño de poro de 20 a 25 micrómetros para remover los sólidos.

El extracto filtrado fue aún más concentrado al repetir las etapas en el párrafo anterior, pero en lugar de agregar aproximadamente 800 gramos de tajadas de papa pelada a aproximadamente 1500 mL de agua, los 800 gramos de las tajadas de papa fueron agregadas al extracto filtrado. Este proceso se repitió varias veces para incrementar la concentración de materia soluble deseable en el extracto de papa con el fin de minimizar la cantidad de materia soluble deseable que se lixivió hacia afuera de las tajadas de papa.

El extracto de papa filtrado fue luego calentado a una temperatura de 120°F. Aproximadamente 340 microlitros de asparaginasa que tienen 14,280 unidades/ml se agregaron a 1500 mL de extracto de papa para resultar en un extracto de papa
5 deficiente a la asparagina que tiene aproximadamente 4844 unidades de asparaginasa. Por supuesto, otros niveles de asparaginasa se pueden utilizar y en una modalidad, aproximadamente 3,000 unidades a aproximadamente 100,000 unidades de asparaginasa se utilizan por kilogramo de papa cruda total
10 utilizada para elaborar el extracto de papa deficiente en la asparagina. Niveles inferiores de asparaginasa se pueden utilizar, pero se requiere más tiempo para lograr los niveles disminuidos deseados de asparagina en el extracto de papa deficiente a la asparagina. Se pueden utilizar niveles de
15 asparaginasa mayores, pero puede ser prohibitivo en costos en modalidades comerciales.

Todas las muestras de tajadas de papa que tienen un contenido de sólido desde aproximadamente 17.6% fueron peladas y tajadas. Las
20 muestras de control no fueron colocadas en ninguna solución y las otras muestras fueron colocadas en cada una de las cuatro soluciones descritas en la Tabla 2 anterior (agua, agua + asparaginasa, extracto de papa, extracto de papa + asparaginasa) que se mantuvieron a 120°F durante aproximadamente 15,
25 aproximadamente 40 y aproximadamente 60 minutos y fueron probadas para asparagina. Los resultados de la prueba descritos en la Tabla 2 anterior ilustran que el extracto de papa es más efectivo que el agua para remover la asparagina de las tajadas de papa. Además, en razón a que la asparagina fue selectivamente removida

de la tajada de papa, el serio daño de la textura y el sabor del
lixiviado de agua caliente de la técnica anterior no ocurren en
razón a que los niveles de los azúcares reductores y otra materia
soluble deseable en la tajada de papa permanecen a niveles
5 aceptables. Consecuentemente, una modalidad de la presente
invención comprende suministrar un extracto de papa deficiente en
asparagina y poner en contacto las papas tal como las papas
tajadas que tienen una primera concentración de asparagina con el
extracto de papa deficiente en la asparagina para lixiviar
10 selectivamente la asparagina de las tajadas de papa. Las tajadas
de papa se pueden entonces remover del extracto de papa
deficiente en asparagina, opcionalmente enjuagar y procesar
térmicamente. Las pruebas separadas han mostrado una relación
entre el nivel de asparagina en un producto alimenticio y el
15 nivel resultante de acrilamida en ese producto alimenticio. Por
lo tanto, las tajadas de papa térmicamente procesadas resultantes
con un nivel reducido de asparagina tendrán un nivel reducido de
acrilamida.

20 En una modalidad, el extracto de papa es hecho inicialmente de
una proporción de papa a agua de entre aproximadamente 0.5 gramos
y aproximadamente 2 gramos de papa pelada es utilizada por 1 mL
de solución agregada. Proporciones superiores de papa a agua
pueden hacer la filtración más difícil. Así, una proporción
25 inferior puede ser más deseable, especialmente si el extracto de
papa es además concentrado al mezclar la papa cruda adicional y
el extracto filtrado en un extracto no filtrado y filtrar el
extracto no filtrado en un extracto de papa. Este proceso se
puede repetir hasta que el extracto de papa este no cerca del

equilibrio con los niveles de concentración correspondiente en las tajadas de papa.

Además, aunque el extracto de papa descrito anteriormente utiliza una proporción de 800 gramos de tajadas de papa peladas a 1500 mL de agua o el extracto filtrado, esta proporción se puede utilizar. El agua agregada crea alguna gradiente de concentración entre la materia soluble deseable tal como los azúcares reductores y el extracto de papa. Por lo tanto, en una modalidad, los aditivos tales como los azúcares reductores que incluyen fructosa y glucosa se agregan al extracto de papa para minimizar adicionalmente el gradiente de concentración o la materia soluble deseable. Además, la solución inicial puede comprender aditivos tales como los azúcares reductores u otra materia soluble deseable para reducir adicionalmente el gradiente de concentración

En una modalidad, el nivel de agua agregada se minimiza. En una modalidad, el nivel de agua inicialmente agregado se elimina. Posteriormente, no se agrega agua y el extracto comprende papa macerada. En una modalidad, la papa macerada es filtrada al vacío en un extracto de papa.

Aunque lo anterior ilustra un método de tanda que se puede utilizar para reducir la asparagina, el método se puede modificar para correr sobre una base semicontinua o continua, como se describe adelante.

Antes de cocinar las tajadas o piezas de papa, las papas crudas son típicamente peladas, tajadas o cortadas, y luego lavadas para remover el exceso de almidón y desechos. Como se ilustró mediante el sistema de lixiviado selectivo 1300 en la **Figura 13a**, la fase de lavado se puede modificar para incluir un proceso continuo para lixiviar los precursores de acrilamida por fuera de un alimento de papa sustancialmente no tratado continuo. Para los presentes propósitos, una tajada de papa pelada es no tratada. En una modalidad, tres operaciones unitarias principales son utilizadas para lavar las papas y extraer selectivamente el precursor principal, asparagina: 1) una unidad de extracción 1320 lixive la asparagina por fuera del alimento de papa no tratado 1310 y hacia un extracto de papa deficiente en asparagina 1380; 2) una unidad de remoción de almidón 1340 remueve el almidón no unido en exceso 1336; y 3) por lo menos una unidad de remoción de asparagina 1350 remueve la asparagina del extracto de papa pos-lavado desalmidonado 1334, que es luego reciclado (como extracto deficiente en asparagina 1380) para lavar y lixiviar continuamente el alimento de papa no tratado 1310. Así, las tajadas de papa tratadas 1312 proceden entonces a la siguiente etapa de procesamiento. Tal como la cocción o calentamiento.

En la primera operación unitaria, la corriente de papas peladas y tajadas que contienen precursores de acrilamida ("papas no tratadas") 1310 ingresa a una unidad de extracción 1320, similar a la etapa de lavado de la técnica anterior 23 de la **Figura 2**, donde las papas son puestas en contacto con un extracto de papa deficiente en precursor 1380. El extracto de papa deficiente en precursor 1380 comprende una corriente de agua que contienen

todos los componentes de papa solubles en agua con la excepción del precursor de acrilamida particular a ser removido del alimento de papa no tratado 1310. Así, en el estado continuo en la modalidad preferida, el extracto de papa deficiente en precursor 1380 comprende una solución de suspensión acuosa de todos los sólidos de papa solubles en agua y los compuestos excepto la asparagina. El extracto de papa generalmente incluye compuestos solubles en agua tales como azúcares reductores y no reductores, almidones y varios aminoácidos. En estado continuo, las concentraciones de compuestos solubles en agua en el extracto deficiente en precursor 1380, diferente de almidón y asparagina, están en o aproximadamente en equilibrio con las concentraciones correspondientes de los compuestos solubles en agua en el alimento de papa no tratado a 1310. Durante el sistema de arranque, las concentraciones de compuestos solubles en agua en el extracto deficiente en precursor 1380 son llevadas a niveles de equilibrio al ciclar una cantidad predeterminada de agua pura (destilada, desionizada, o tratada mediante ósmosis inversa) a través del sistema de lixiviado 1300 hasta que se lixivia suficiente materia soluble en agua hacia afuera del alimento de papa no tratado 1310 y hacia el extracto 1322. En razón a que la corriente inicial de papas que ingresan en la unidad de extracción son lixiviadas con agua que es aún relativamente pura, una cantidad significativa de materia soluble deseable se extrae hacia afuera de aquellas papas y en el agua de ciclado. Algunas de aquellas papas lixiviadas durante el arranque pueden resultar en pedazos de papa de calidad inferior después de cocinado, por lo tanto es deseable descartar simplemente aquellas papas de arranque después del lixiviado. De manera similar, también puede

ser deseable durante el arranque utilizar papas que se hubieran descartado de otra manera por un tamaño o forma inaceptable. De nuevo, aquellas papas del arranque se pueden descartar después del lavado si se han lixiviado demasiados compuestos solubles
5 deseados.

En esta y otras modalidades que involucran el lixiviado selectivo de asparagina, es deseable para el extracto deficiente en precursor 1380 que los iones de concentración (diferentes de la
10 asparagina, exceso de almidón, e impurezas indeseables) estar en o cerca del equilibrio con los niveles de concentración correspondientes del alimento de papa no tratado a 1310 de tal manera que ninguno de los gradientes de concentración arrastre materia soluble deseable hacia afuera del alimento de papa no
15 tratado 1310 durante el lixiviado. Así, en una modalidad, existen solamente dos gradientes de concentración principales que deben existir entre el alimento de papa no tratado 1310 y el extracto deficiente en precursor 1380 que ingresa a la unidad de extracción 1320: un arrastre de asparagina desde el alimento de
20 papa no tratado 1310 al extracto deficiente en precursor 1380, y otro que arrastre almidón desde el alimento de papa no tratado 1310 al extracto deficiente en precursor 1380. En una modalidad, las tajadas de papa son prelavadas para remover el almidón suelto desde las tajadas y reducir la acumulación de almidón en la
25 unidad de extracción 1320. Adicionalmente, puede ser deseable utilizar un extracto deficiente en precursor calentado a 1380. En razón a que la solubilidad de asparagina en el agua se incrementa con la temperatura, mayores temperaturas de lavado/lixiviado incrementan la cantidad de asparagina que se puede lixiviar con

una tasa de flujo dada del extracto deficiente en precursor 1380. Por ejemplo, las temperaturas de solución de lixiviado típicas pueden variar desde aproximadamente 70°F a aproximadamente 150°F. Además, el extremo superior de este rango de temperatura
5 (aproximadamente 120°F a aproximadamente 150°F) puede ser más preferido cuando el extracto de papa es lixiviado porque se lixivian menos materia soluble deseable debido al lixiviado preferencial de asparagina.

10 En relación de nuevo a la **Figura 13a**, el extracto de papa deficiente en asparagina 1380 contacta las papas no tratadas 1310 en la unidad de extracción 1320, la asparagina y el almidón son lixiviados en el extracto deficiente en precursor 1380. En la modalidad preferida, el extracto deficiente en precursor 1380
15 contacta las papas no tratadas 1310 a manera de contracorriente continua. Se entiende bien en la técnica que el flujo de contracorriente, comparado con el flujo en paralelo lixivian más efectivamente un soluto deseado de un sólido dado. En otra modalidad, el proceso de extracción es mejorado adicionalmente al
20 vibrar ultrasónicamente el extracto deficiente en precursor 1380 mientras que este es puesto en contacto con el alimento de papa no tratado 1310. Vibraciones de alta frecuencia, y de amplitud corta ayudan a incrementar la tasa de transferencia de masa al reducir el grosor de las capas limitantes alrededor de las piezas
25 de papa. Por ejemplo, más asparagina es lixiviada hacia afuera de las tajadas de papa en agua pura cuando las tajadas son sometidas a frecuencias ultrasónicas de 68 kHz y 170 kHz que la que se lixivian en agua pura cuando no se aplica frecuencia ultrasónica a las tajadas de papa. Así, las frecuencias ultrasónicas también

lixiviaran más asparagina hacia afuera de las tajadas de papa en un extracto deficiente en asparagina que lo que se lixiviaría en el mismo extracto en ausencia de un tratamiento ultrasónico.

5 Se pueden utilizar varios métodos para efectuar una extracción en contracorriente continua entre el alimento de papa no tratado a 1310 y el extracto deficiente en precursor 1380. Por ejemplo, una modalidad de la unidad de extracción 1320 utiliza por lo menos un extractor de inmersión tipo tornillo similar a la clase utilizada
10 para blanquear las papas. En general, un extractor tipo tornillo comprende una hélice que rota dentro de un tubo. La hélice mueve el sólido a ser lixiviado en una dirección a lo largo de la longitud del tubo mientras una corriente en contracorriente del disolvente de extracción fluye a lo largo de la longitud del tubo
15 en la dirección opuesta. Los extractores tipo tornillo para blanquear papas son bien conocidos en la técnica, así la construcción de la operación de los extractores tipo tornillo no necesita ser descrita en detalle aquí. En esta modalidad, las papas no tratadas 1310 ingresan a la unidad de extracción tipo
20 tornillo 1320 y son entonces movidas continuamente a lo largo mediante una espiral o hélice rotatoria que corre por la longitud de la unidad de extracción 1320. Para incrementar el rendimiento, el alimento de papa no tratado 1310 se puede dividir y enviar a través de varias unidades de extracción tipo tornillo 1320 en
25 paralelo, luego se reúnen después de salir de las unidades de extracción. Dentro de cada una de tales unidades de extracción tipo tornillo 1320, el extracto de papa deficiente en precursor 1380 ingresa a la unidad en el extremo donde las papas tratadas 1312 salen, fluyen a través de la unidad de extracción 1320 en la

dirección opuesta por la que viaja la corriente de papa tratada 1310, y salen de la unidad donde las papas no tratadas 1310 entran primero a la unidad 1320. En la medida en que el extracto deficiente en precursor 1380 fluye a través del tubo en esta
5 forma de contracorriente, el precursor deficiente de extracto 1380 es forzado a poner en contacto el alimento de papa no tratado 1310, y los precursores de acrilamida de almidón son lixiviados de las papas no tratadas 1310 hacia el extracto deficiente en precursor 1380. En razón a que las piezas de papa
10 1310 se controlan firmemente por la hélice, el extracto deficiente en precursor 1380 se puede bombear a través de la unidad de extracción 1320 a presiones de velocidades mayores para lixiviar más efectivamente hacia afuera los precursores de acrilamida. Sin embargo, donde el tamaño de la pieza de papa es
15 importante para el procesamiento adicional, se debe tener cuidado de o aplicar presiones que romperán o dañaran las piezas de papa individuales en el alimento 1310. Los niveles de concentración de los precursores de acrilamida, tal como asparagina, que permanecen en las papas y que salen de la unidad de extracción
20 1320 dependen de varios parámetros, tales como el tiempo de residencia en la unidad, las tasas de flujo de ambos alimentos de papa no tratados 1310 y el extracto deficiente en precursor 1380, y la temperatura del extracto deficiente en precursor 1380. Por ejemplo, si una concentración final inferior de precursores es
25 deseada en la corriente de papa no tratada 1312, la longitud de la unidad de extracción 1320 se puede incrementar, incrementando de esta manera el tiempo de residencia.

Otra modalidad de la unidad de extracción 1320 comprende un tanque de lavado que contiene un extracto de papa deficiente en precursor 1380. En esta modalidad particular, un transportador tipo abierto o de malla de alambre lleva papas no tratadas 1310 hacia un extremo del tanque y las sumerge en un extracto de papa deficiente en precursor 1380 durante un tiempo y distancia predeterminados antes de llevar las papas lixiviadas 1312 hacia afuera del extracto deficiente en precursor 1380 en un extremo opuesto del tanque de lavado. Para impartir un intercambio de contracorriente entre el extracto deficiente en precursor 1380 y alimento de papa no tratado 1310, el extracto deficiente en precursor 1380 se puede introducir en el tanque al final donde las papas lixiviadas 1312 son removidas, y el extracto pos-lavado 1322 se puede remover al final donde el alimento de papa no tratado 1310 ingresa al tanque. En los procesos de elaboración donde pedazos de papa que utilizan habitualmente una unidad tipo tanque de lavado para remover el exceso de almidón, esta modalidad particular de la unidad de extracción deficiente en precursor de acrilamida 1320 es fácilmente implementada. El tanque de lavado de remoción de almidón existente se puede aún utilizar con solamente unos pocos cambios menores. Sin embargo, una desventaja de este tipo de extractor es que la velocidad relativa entre el alimento de papa no tratado 1310 y el extracto deficiente en precursor 1380, dentro del tanque debe ser suficientemente baja para evitar que el alimento de papa no tratado 1310 sea forzado a separarse del transportador. Así, esta modalidad puede no lixiviar precursores hacia afuera del alimento de papa 1310 tan rápidamente como los extractores tipo tornillo.

Aún otra modalidad de la unidad de extracción 1320 involucra lixiviar mediante precolación de un extracto deficiente en precursor 1380 a través de lechos móviles del alimento de papa 1310. Uno de tales tipos de extractor es el extractor Bollman, que comprende un elevador de cubo de giro en una cubierta incluida. La parte inferior de cada cubo, que contiene el alimento de papa 1310 es marcado, perforado de tal manera que el extracto 1380 se puede percolar hacia abajo de cubo a cubo. Los extractores tipo Bollman son bien conocidos en la técnica, la construcción y operación de tales extractores no necesita ser descrita en gran detalle aquí. Los elevadores de giro tienen tanto un lado que se eleva como un lado que declina, y también tiene sumideros separados para elevar y declinar los lados en el cual se recolecta el extracto. A diferencia de las modalidades unitarias de extracción previa, los extractores tipo Bollman tienen ambas secciones de flujo en contracorriente y con la corriente: una sección de flujo en contracorriente en el lado que se eleva y una sección en flujo con la corriente en el lado que declina. En la operación, las papas no tratadas 1310 son colocadas en cubos en la parte superior del elevador sobre el lado que declina, y un extracto deficiente en precursor 1380 se introduce sobre los cubos superiores sobre el lado que se eleva. El extracto que ha percolado su vía a través de los cubos sobre el lado que se eleva se recolecta en el sumidero en el lado que se eleva. El extracto en el sumidero en el lado que se eleva es bombeado de regreso a la parte superior del elevador e introducido sobre los cubos sobre el lado que declina. Después de alcanzar el sumidero en el lado que declina, el extracto pos-lavado 1322 es bombeado hacia afuera de la unidad de extracción

1320 y sobre la siguiente operación unitaria. Una vez que las papas no tratadas 1310 han hecho su vía hacia abajo el lado que declina y hasta el lado que se eleva, ellos son removidos de los cubos superiores sobre el lado que se eleva y transferidos hacia afuera de la unidad de extracción 1320. El lixiviado por precolación ofrece varias ventajas sobre el lixiviado por inmersión. La precolación típicamente ofrece una mayor tasa de extracción que la inmersión porque se tiende a más mezcla en la precolación, debido a la capa límite más corta entre el disolvente del extracto y los sólidos. Cuando se compara con los extractores de inmersión tipo tornillo, tiende a haber un daño menos mecánico a las hojuelas. Adicionalmente, existe menos tendencia al taponamiento.

Aun otra modalidad de la unidad de extracción 1320 comprende un canal inclinado a través del cual el extracto deficiente en precursor de papa 1380 fluye. Mientras que el extracto deficiente en precursor 1380 fluye hacia abajo al canal desde su extremo más alto a su extremo más bajo, un transportador tipo abierto o malla de alambre transporta las papas no tratadas 1310 hasta el canal y a través del extracto deficiente en precursor que fluye hacia abajo 1380. Con el fin de promover un contacto de área de superficie mayor entre las papas no tratadas 1310 y el extracto deficiente en precursor 1380, este transportador tipo malla de alambre se puede elevar ligeramente por encima de la parte inferior del canal de tal manera que el extracto deficiente en precursor 1380 fluye por encima, por debajo y alrededor de las papas no tratadas 1310 para que se lixivien. El transportador puede comprender cualquier malla grado alimento, cadena,

perforado, otra estructura permeable a los líquidos hecha de material durable, tal como acero inoxidable u otro tipo de metal, un material cerámico, o a base de polímero. Varias de estas unidades de extracción se pueden utilizar en serie para
5 incrementar el tiempo de lixiviado y bajar las concentraciones de asparagina finales de la papas tratadas 1312 que salen de la unidad de extracción final. Cuando se utilizan varias de tales unidades de extracción en serie, el extracto deficiente en precursor 1380 ingresa a la parte superior de la ultima unidad de
10 extracción y hace su vía hacia abajo de cada canal inclinado de la unidad hasta que éste alcanza el fondo de la primera unidad de extracción. En ese momento, el extracto pos-lavado 1322 tiene concentraciones de precursor cercanas a aquellas de las papas no tratadas 1310.

15

Después de que el extracto pos-lavado 1322 sale de la unidad de extracción 1320, ésta se transfiere a la segunda unidad de operación, la unidad de remoción de almidón 1340. En la modalidad preferida, la unidad de remoción del almidón 1340 comprende un
20 ciclón para remover centrífugamente el almidón. En razón a que las partículas de almidón tienen una densidad superior que la mayoría de las moléculas solubles en agua en el extracto pos-lavado 1322, el ciclón de giro 1340 origina que las partículas de almidón más pesadas que el agua se separen del extracto 1322 en
25 las paredes del ciclón y luego sean dirigidas hacia afuera del ciclón 1340 como una suspensión o pasta 1336. El extracto desalmidonado, postlavado 1334 deja entonces el ciclón 1340 y es transferido a por lo menos una unidad de remoción precursora 1350. Aunque la modalidad precursora de la unidad de remoción del

almidón 1340 comprende un ciclón, otros tipos de equipo y método se pueden utilizar para remover el almidón. Por ejemplo, el almidón también se podía remover mediante filtración, sedimentación en tanda o floculación. Notase, sin embargo, que la
5 unidad de remoción del almidón 1340 no es necesaria si el almidón se elimina del alimento de papa no tratado 1310 antes de la unidad de extracción 1320.

En la tercera operación unitaria, el extracto desalmidonado pos-
10 lavado 1334 ingresa a por lo menos una unidad de remoción precursora 1350 donde se remueven los precursores de acrilamida. En una modalidad, cada unidad de remoción precursora 1350 comprende una columna de resina tipo torre empacada o torre de desvío tal como una resina de intercambio de ion que comprende
15 materiales de absorción que se unen selectivamente con el precursor de acrilamida particular a ser removido. En una modalidad donde la asparagina es el precursor principal a ser removido, cada columna de resina comprende una enzima inmovilizada tal como la asparaginasa.

20

En una modalidad, la unidad de reacción precursora 1350 comprende una columna que tiene una resina recubierta con asparaginasa o una resina que remueve selectivamente la asparagina de la solución mediante por ejemplo, la unión con la asparagina. En una
25 modalidad, en la medida en que el extracto desalmidonado, pos-lavado 1334 contacta la resina, la asparagina en el extracto reacciona con la resina y es convertida en amoníaco y ácido aspártico.

En una modalidad, el extracto desalmidonado, pos-lavado 1334 se introduce en la parte superior de cada columna y percola hacia abajo en una senda de circuito sobre su camino al fondo. En una modalidad, en la medida en que el extracto desalmidonado, pos-lavado 1334 contacta la resina, la asparagina se remueve selectivamente por la resina. En cualquiera de las modalidades anteriores, se remueve una cantidad significativa de asparagina del extracto desalmidonado, poslavado 1334 al momento en que éste alcanza la parte inferior de la columna de la resina. Como se utiliza aquí, una cantidad significativa se remueve cuando por lo menos 50% de la concentración de asparagina removida del extracto desalmidonado, pos-lavado 1334. El extracto deficiente en asparagina 1380 es luego removido de la parte inferior de la columna de resina y reciclado a la unidad de extracción 1320 para otra ronda de lixiviado. Varias de tales columnas se pueden operar en serie para reducir adicionalmente las concentraciones de asparagina en el extracto desalmidonado, pos-lavado 1334. Adicionalmente, dos o más columnas o series de columnas pueden ser corridas en paralelo con el fin de permitirle a una columna (o serie de columnas) ser tomadas por fuera de la línea para la regeneración sin detener el proceso de lixiviado continuo 1300.

La **Figura 13b** ilustra el proceso de regeneración si se requiere para una columna de resina que renueva selectivamente la asparagina de la solución al unirse con la asparagina. Cuando una materia que remueve la asparagina de la columna se satura con la asparagina, esa columna es sacada de línea, y el extracto desalmidonado pos-lavado 1334 es redirigido al resto de columna o columnas. Una solución de regeneración 1360 se envía a través de

una columna saturada 1350 para liberar la asparagina de la superficie de la resina. La solución que regenera la carga de asparagina 1362 que sale de la columna fuera de línea 1350 se puede descartar, o esta se puede procesar adicionalmente para
5 aislar la asparagina y reciclar la solución regenerante 1360. Cuando la mayoría de la asparagina ha sido sacada de la columna, el flujo de la solución regenerante 1360 hacia la columna se detiene. Una pequeña cantidad de extracto desalmidonado, pos-lavado a 1334 se puede utilizar para hacer fluir cualquier
10 solución regenerante puesta en la columna. En ese momento, la regeneración se completa, y la columna se puede reinstalar en el proceso de lixiviado 1300 mostrado en la **Figura 13a**.

En una modalidad alternativa, la operación de la unidad de
15 extracción 1320 se puede dividir en dos operaciones unitarias separadas. La primera de estas operaciones unitarias involucraría una etapa de lavado similar a la etapa de lavado de la técnica anterior 23 mostrada en la **Figura 2**. Esta etapa de lavado involucraría el agua y sería con el propósito de remover el
20 exceso de almidón proveniente de la superficie de las tajadas de papa. Las tajadas de papa así lavadas procederían entonces a una unida extractora 1320 para ser tratadas con un extracto de papa deficiente en precursor 1380 que también contendría una concentración de almidón suficiente para eliminar o reducir
25 sustancialmente la extracción de almidón adicional de las tajadas de papa. Bajo tal modalidad alternativa, la operación unitaria de remoción del almidón 1340 ocurriría sobre una corriente separada de aquella descrita en la **Figura 13a**.

La **Figura 14** describe otra modalidad de la invención en la cual el sistema de lixiviado no selectivo 1400 se utiliza para lavar las piezas de papa crudas y remover la asparagina. Este sistema de lixiviado no selectivo 1400 comprende cuatro operaciones unitarias principales: 1) una unidad de extracción 1420 lixivia no selectivamente los compuestos solubles en agua, que incluye asparagina, hacia afuera de la corriente de alimento de papa 1410 y en un extracto deficiente en precursor 1460; 2) una unidad de remoción de almidón 1440 remueve el almidón en exceso, no unido 1466 desde el extracto pos-lavado resultante 1462; 3) por lo menos una unidad de remoción de asparagina 1450 remueve la asparagina del extracto de papa desalmidonado, pos-lavado 1464; y 4) una unidad de absorción/rellenado 1480 rellena las papas tratadas 1412 con algo de los compuestos solubles en agua previamente extraídos.

La unidad de extracción 1420, la unidad de remoción de almidón 1440 y la o las unidades de remoción de precursor 1450 mostradas en la **Figura 4** son construidas y operadas de manera similar a aquella descrita con respecto a la unidad de extracción 1320, a la unidad de remoción de almidón 1340, y a la o las unidades de remoción precursora 1350 mostradas en la **Figura 13a**. A diferencia del sistema de lixiviado selectivo 1300 mostrado en la **Figura 13a**, sin embargo, el sistema de lixiviado no selectivo 1400 descrito en la **Figura 14** no requiere que el alimento de papa no tratado 1410 en la unidad de extracción 1420 sea lixiviado con un extracto de papa. Un alimento de papa no tratado en cadena contiene 1410 que ingresa a la unidad de extracción 1420 de la **Figura 14** se puede en lugar lixiviar con agua pura (destilada,

desionizada, o tratada mediante ósmosis inversa) como el extracto deficiente en precursor 1460. Además se entenderá al revisar el proceso completo, que el extracto que gasta papa 1472 que deja la última operación unitaria 1480 se puede descartar y no tiene que
5 ser reciclado a la unidad de extracción 1420. Sin embargo, el extracto que gasta papa 1472 se puede reciclar si se desea.

En la primera operación unitaria de un sistema de lixiviado no selectivo 1400, una corriente continua de papas crudas que
10 contienen precursores de acrilamida ("papas no tratadas") 1410 fluyen desde un extremo de una unidad de extracción 1420 al otro extremo mientras que un extracto deficiente en precursor 1460 fluye a través de la unidad de extracción 1420 en la dirección opuesta, en contracorriente del flujo de las papas no tratadas
15 1410. El extracto deficiente en precursor 1460 típicamente comprende agua pura pero puede comprender alternativamente extracto de papa gastado 1472 que sale de una unidad de absorción/rellenado 1480 o una combinación de tanto agua pura como extracto gastado 1472.

20

A diferencia de la unidad de extracción 1320 mostrada en la **Figura 13a** donde solamente moléculas de asparagina y almidón son arrastradas hacia afuera del alimento de papa 1310, la unidad de extracción 1420 mostrada en la **Figura 14** arrastra no
25 selectivamente cualquiera de los compuestos solubles en agua hacia afuera del alimento de papa no tratado 1410. En razón a que el extracto deficiente en precursor 1460 contiene poco o ninguno de los compuestos solubles en agua contenidos en el alimento de papa no tratado 1410, tal como azúcares reductores y no

reductores, almidón y asparagina, los gradientes de concentración entre el alimento de papa no tratado 1410 y el extracto deficiente en precursor 1460 hace que los compuestos solubles en agua en el alimento de papa no tratado 1410 se difundan hacia el
5 extracto deficiente en precursor 1460. Después del lavado y lixiviado, las papas tratadas 1412 salen de la unidad de extracción 1420 y son llevadas a una unidad de absorción/rellenado 1480 mientras que el extracto pos-lavado 1462 sale de la unidad de extracción 1420 y va hacia una unidad de
10 remoción de almidón 1440.

En la segunda operación unitaria del sistema de lixiviado no selectivo 1400, el extracto pos-lavado 1462, que ahora contiene almidón, asparagina, azúcares reductores y no reductores y otros
15 compuestos solubles en agua, ingresan a una unidad de remoción 1440. Esta unidad es considerada y operada de esencialmente la misma manera como se describió anteriormente con respecto a la unidad de remoción de almidón 1340 mostrada en la **Figura 13a**. La
20 unidad de remoción del almidón 1440 separa las partículas de almidón del extracto pos-lavado 1462, y el almidón sale de la unidad como una suspensión o pasta 1466. El extracto desalmidonado, pos-lavado a 1464 luego deja la unidad de remoción del almidón 1440 y es transferido a por lo menos una unidad de remoción precursora 1450.

25

En la tercera unidad de operación unitaria del sistema de lixiviado no selectivo 1400, por lo menos una unidad de remoción precursora 1450 remueve la asparagina de la misma manera como se describió anteriormente con respecto a la unidad o unidades de

remoción precursora 1350 en la **Figura 13a**. De manera similar, cada una unidad de remoción del precursor 1450 en la **Figura 14** se regenera de la misma manera como cada unidad de remoción del precursor 1350 mostrada en la **Figura 13b** se regenera, si es necesario. Después de que se remueve la asparagina del extracto desalmidonado, pos-lavado a 1464, el extracto de rellenado deficiente precursor resultante 1470 sale de la o las unidades de remoción del precursor 1450 y proceden a una unidad de absorción/rellenado a 1480.

10

La cuarta unidad de operación del sistema de lixiviado no selectivo 1400 regresa los compuestos solubles en agua previamente lixiviados a las papas tratadas 1412. Una unidad de absorción/rellenado 1480 se utiliza para este propósito y comprende uno cualquiera de los aparatos discutidos en las varias modalidades de la unidad de extracción 1320 mostradas en la **Figura 13a**. Por ejemplo, la unidad de absorción/rellenado 1480 puede comprender un extractor tipo tornillo, un extractor tipo tanque de lavado, o un extractor de precolación tipo Bollman.

Aunque más a menudo se utilice un soluto de extracto de los sólidos en un disolvente de lixiviado, estos aparatos también se pueden utilizar para lograr la difusión inversa del soluto desde la solución hacia los sólidos. Tal equipo mejora simplemente la transferencia de masa entre las fases sólida y líquida. Por ejemplo, una modalidad de la unidad de absorción/rellenado 1480 comprende un extractor de tipo tornillo. Las papas tratadas 1412 provenientes de la unidad de extracción 1420 ingresan a un extremo del extractor tipo tornillo a 1480 y encuentran un flujo de contracorriente del extracto de rellenado deficiente en

precursor 1470. En razón a que el precursor de entrada deficiente en extracto de relleno 1470 tiene una concentración relativamente alta de los compuestos solubles en agua (principalmente azúcares) y las papas tratadas 1412 tienen una

5 concentración relativamente baja de compuestos solubles en agua, los compuestos solubles en agua se difunden desde el extracto de relleno deficiente en precursor 1470 hacia atrás a las papas tratadas 1412. Así, las concentraciones de soluto solubles en agua en las papas tratadas 1412 se incrementan en la medida en

10 que las papas tratadas 1412 progresan hacia la unidad de absorción/relleno 1480, y las concentraciones de soluto en el extracto de relleno deficiente en precursor 1470 disminuye en la medida en que el extracto de relleno deficiente en precursor 1470 progresa hacia la unidad 1480. El extracto gastado 1472 que

15 sale de la unidad de absorción/relleno se puede descartar, o se puede reciclar como parte del extracto deficiente en precursor 1460 en la unidad de extracción 1420. Las papas rellenas 1414 salen de la unidad 1480 con niveles de soluto solubles en agua mayores de aquellas en la corriente de papa tratada 1412 pero

20 menores que los niveles iniciales en las papas no tratadas crudas 1410.

Si el extracto de papa gastado 1472 es reciclado en la medida en que el extracto deficiente en precursor 1460 ingresa a la unidad

25 de extracción 1420, el sistema de lixiviado no selectivo, operará durante el tiempo de manera muy similar al sistema de lixiviado selectivo mostrado en la **Figura 13a**. En la medida en que el estado continuo se aproxima, las concentraciones de la materia soluble en agua diferentes a la asparagina y al almidón se

incrementarán en el extracto deficiente en precursor 1460 y seleccionará menos materia por fuera del alimento de papa no tratado 1410. En estado continuo, solamente la asparagina y el almidón son extraídos del alimento de papa 1420 y el extracto deficiente en precursor 1460, haciendo superflua la unidad de absorción/rellenado 1480. Así, otra modalidad de la invención incolora utilizar el sistema de lixiviado no selectivo 1400 solamente durante el arranque, reciclando el extracto gastado 1472 como un extracto deficiente en precursor 1460 en la unidad de extracción 1420 y luego transformando el sistema de lixiviado no selectivo 1400 en un sistema de lixiviado selectivo 1300 mostrado en la **Figura 13a** al puentear la unidad de absorción/rellenado 1480 después de que alcanza el estado continuo. Esta modalidad minimiza la cantidad de materia de soluto (tal como azúcares) que es indeseablemente lixiviada hacia afuera de las papas no tratadas 1310, 1410 durante el arranque. También disminuye el número de piezas de papa tratadas 1312, 1412 que se deben descartar durante el arranque debido a los niveles intolerable de los solutos deseados.

En una modalidad la remoción de los precursores ocurren a través del lixiviado al prolongar las etapas de blanqueo que involucra tratar las papas completas o tajadas 1410 con agua caliente 1460 desde 100°F a 150°F y más preferiblemente a aproximadamente 120°F a 150°F con tiempos de embebido que varían desde aproximadamente un minuto a aproximadamente 5 minutos y más preferiblemente aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 5 minutos. La relación temperatura/tiempo es importante porque las temperaturas inferiores no remueven cantidades suficientes de precursores y

temperaturas mayores remueven todos los componentes muy fácilmente. En una modalidad, las tajadas de papa son blanqueadas en una solución que tiene uno o más aditivos de material soluble deseable que incluyen pero no están limitados a azúcares reductores tales como glucosa y fructosa. La etapa de blanqueo de acuerdo a una modalidad de la presente invención remueve cantidades de asparagina para efectuar hasta el 95% de la reducción de la formación de acrilamida. El extracto desalmidonado, pos-lavado 1464 que contiene compuestos lixiviados de la etapa de blanqueo es luego enfriado y se evitará que la enzima se inactive y se mezcle con la enzima asparaginasa con una concentración que varía desde 500 a 100,000 unidades y mas preferiblemente entre aproximadamente 3000 a aproximadamente 100,000 unidades por 1.4 litros de solución durante 5 minutos. En una modalidad, el extracto desalmidonado, pos-lavado 1464 es enfriado a una temperatura de menos de aproximadamente 70°C (158°F) para evitar la destrucción de la asparaginasa. En una modalidad, la solución se enfría a una temperatura de entre aproximadamente temperatura ambiente y aproximadamente 100°F. La asparaginasa renueva la mayoría de la asparagina del extracto desalmidonado, pos-lavado 1464. Luego, en una modalidad, las tajadas tratadas blanqueadas 1412 son rellenadas con materia soluble deseable con extracto de relleno deficiente en precursor tratado con enzima 1470 para infundirle de nuevo a las tajadas el resto de los componentes (sin asparagina) para producir el relleno de las papas 1414. La etapa de infusión que ocurre en la unidad de absorción/relleno 1480 puede involucrar varios tratamientos con temperatura/tiempo, posiblemente mayores o vacío. Las tajadas, después de estos tratamientos, son freídas

a una temperatura y tiempos de freído normal para producir los pedacitos.

Trece pruebas comparativas fueron conducidas bajo varias relaciones de tiempo y temperatura para analizar el lixiviado de la temperatura de las tajadas de papa mediante la etapa de blanqueo prolongada. En algunas modalidades, los azúcares lixiviados son reintroducidos al embeberse en diferentes tiempos y evaluar el impacto sobre la remoción de asparagina. Los resultados de las pruebas se suministran en la Tabla 3 de adelante.

				Lixiviado
				Agua
				ASN*
	Condiciones de Prueba	ppm	Red	ppm
1	Control - Embeber durante dos min a temperatura ambiente	2902		20
2	Embeber 15 min a 140°F	1353	53.4	103
3	Embeber 30 min a 140°F	409	85.9	104
4	Embeber 60 min a 140°F	92	96.8	148
5	Embeber 15 min@ 140°F en 0.02% de Glucosa/Fructosa. Enjuagar	487	83.2	159
6	Embeber 30 min@ 140°F en 0.02% de Glucosa/Fructosa. Enjuagar	385	86.8	137

7	Embeber 60 min@ 140°F en 0.02% de Glucosa/Fructosa. Enjuagar	114	96. 1	166
8	Embeber 15 min@ 140°F/embeber 15 min @95°F	440	84. 8	119
9	Embeber 15 min@ 140°F/embeber 30 min @95°F	108	96. 3	174
10	Embeber 15 min@ 140°F/embeber 60 min @95°F	117	96	167
11	Embeber 15 min@ 140°F/enfriar agua de lavado a 95°F; agregar 10,000 unidades de enzima/mezclar durante 10 min/embeber tajadas durante 15 min.	7	99. 8	150
12	Embeber 15 min@ 140°F/enfriar agua de lavado a 95°F; agregar 10,000 unidades de enzima/mezclar durante 10 min/embeber tajadas durante 30 min.	9	99. 7	0
13	Embeber 15 min@ 140°F/enfriar agua de lavado a 95°F; agregar 10,000 unidades de enzima; mezclar durante 10 min/embeber tajadas durante 60 min.	17	99. 4	0
* Promedio de 2 muestras				

TABLA 3: Reducción de Asparagina de Tajadas de Papa
Blanqueadas

Para cada prueba en la tabla anterior, se pelaron 200 gramos de papas, se tajaron a un grosor de 0.053 pulgadas y se embebieron en 5 L de agua. Las tajadas fueron entonces embebidas bajo varias

condiciones para lixiviar la asparagina. Después de cada prueba, las tajadas de papa de cada agua de lixiviación se muestrearon para asparagina. Así, en la muestra de control de la prueba 1, 200 gramos de tajadas de papa que tienen un grosor de 0.053
5 pulgadas fueron embebidas durante 2 minutos en 5 litros de agua pura a temperatura ambiente (por encima de 70°F). Dos tajadas de papa probadas tuvieron un promedio de concentración de asparagina de 2,902 ppm de asparagina y el agua lixiviada tuvo 20 ppm de asparagina. Como se indicó mediante las pruebas 2-4, tiempos de
10 embebido mayores produjeron una mayor reducción de la concentración de asparagina en las tajadas de papa embebidas o lixiviadas y en una mayor concentración de asparagina en el agua lixiviada. Como se indicó en las pruebas 5-7, el embebido de las tajadas de papa en una solución que tiene 0.02% de azúcares
15 reductores dio como resultado una reducción mayor (prueba 5 fue mayor que la prueba 2) o similar (prueba 3 y 6 y las pruebas 4 y 7 fueron comparables) de la concentración de asparagina de las tajadas de papa que se embebieron en el mismo tiempo y
20 temperatura del agua pura. Este descubrimiento es importante porque demuestra que la lixiviación selectiva deseada se puede lograr tan efectivamente o más efectivamente que la lixiviación no selectiva.

Una etapa de embebido adicional en agua pura a una temperatura
25 produjo una mayor reducción de la asparagina como se indicó en las pruebas 8-10 comparadas con los resultados encontrados mediante una etapa de embebido simple en las pruebas 2-4. Las pruebas 11-13 revelan que una primera etapa de embebido en agua a 140°F, seguido por enfriamiento del agua hasta 95°F evita que la

enzima se inactive al rodear el cubo con hielo, seguido al agregar 10,000 unidades de asparaginasa, mezclando durante 10 minutos y permitiéndole a las tajadas de papa embeberse para remover más del 99% de la asparagina en las tajadas de papa.

5 Además, cuando la etapa de embebido final es 30 minutos o más como se indica en las pruebas 12 y 13, ninguna cantidad detectable de asparagina se deja en el agua lixiviada.

La **Figura 15** es un diagrama esquemático de un sistema y método
10 que agrega una enzima 1555 al extracto desalmidonado, pos-lavado 1574 para suministrar una solución deficiente en precursor de acrilamida 1580, poner en contacto el alimento crudo o las piezas de papa no tratadas 1510 que tiene una concentración nativa de asparagina en la solución deficiente en precursor de acrilamida
15 1580 para lixiviar preferiblemente el precursor de acrilamida de las piezas de alimento no tratadas 1510 de tal manera que la pieza de alimento cruda tiene una concentración reducida de asparagina que es menor que la concentración nativa, y remover
20 las piezas de alimento tratadas 1512 de la unidad de extracción 1520. Como se ilustró en el sistema de lixiviado 1500 en la **Figura 15**, la fase de lavado se puede modificar para incluir un proceso continuo para lixiviar los precursores de acrilamida de un alimento de papa continuo 1510.

25 En una modalidad, cinco operaciones unitarias principales se utilizan para lavar las papas y extraer selectivamente el precursor principal, la asparagina: 1) el mezclador 1530 hace un extracto de papa 1532; 2) una unidad de remoción de almidón 1540 remueve el almidón en exceso, no unido y los sólidos de papa

1546; 3) por lo menos una unidad de remoción de asparagina 1550 remueve la asparagina del extracto de papa desalmidonado, por-lavado 1534, que es luego reciclado (como un extracto deficiente en asparagina 1552) para lavar y lixiviar continuamente el
5 alimento de papa no tratado 1510; y 4) por lo menos una unidad de remoción de producto de reacción 1560 se puede utilizar para evitar la acumulación de los productos de reacción tales como amoníaco y ácido aspártico que puedan resultar de la reacción de la asparagina con la asparaginasa en la unidad de remoción
10 precursora 1550; y 5) una unidad de extracción 1520 lixivia asparagina de una corriente de alimento de papa no tratada 1510 y hacia un extracto de papa deficiente en asparagina 1580.

En la primera operación unitaria, utilizada principalmente
15 durante el arranque, o como papas peladas y tajadas crudas de una corriente elaborada 1514 y agua 1516 son agregadas a un mezclador 1530 para hacer un puré de papa o un extracto de papa 1532. En estas y otras modalidades que involucran la lixiviación selectiva de la asparagina, es deseable para los niveles de concentración
20 del extracto (diferentes de la asparagina exceso de almidón, e impurezas indeseables) estar tan cerca del equilibrio con los niveles de concentración correspondientes en el alimento de papa no tratada 1510 para minimizar los gradientes de concentración que pueden arrastrar la materia soluble deseable afuera del
25 alimento de papa no tratado 1510 durante la lixiviación. Así, en una modalidad, si las tajadas de papa no son prelavadas, existen solo dos gradientes de concentración principales que deben existir entre el alimento de papa no tratado 1510 y el extracto deficiente en asparagina 1580 que ingresa a la unidad de

extracción 1520: una asparagina arrastrada desde el alimento de papa no tratado 1510 al extracto deficiente en asparagina 1580, y otro almidón arrastrado desde el alimento de papa no tratado 1510 al extracto deficiente en asparagina 1580. Por lo tanto, la cantidad de agua 1516 utilizada para elaborar el extracto 1532 preferiblemente se minimiza. En una modalidad, el extracto comprende entre aproximadamente 300 gramos a aproximadamente 1,000 gramos de papa por 1.4 litro de agua. En una modalidad, el agua comprende entre aproximadamente 500 unidades a aproximadamente 100,000 unidades por 1.4 litros. Adicionalmente, puede ser deseable utilizar un extracto deficiente en asparagina calentado 1580. En razón a que la solubilidad de la asparagina en el agua se incrementa con la temperatura, mayores temperaturas de lavado/lixiviado incrementan la cantidad de asparagina que se puede lixiviar con una tasa de flujo dada del extracto. Por ejemplo, se pueden utilizar temperaturas de solución de lixiviado típicas que varían desde aproximadamente 100°F - aproximadamente 150°F.

En relación de nuevo a la **Figura 15**, en la medida en que el extracto de papa deficiente a la asparagina 1580 se pone en contacto con las papas no tratadas 1510 en la unidad de extracción 1520, la asparagina y el almidón se lixivian hacia el extracto deficiente en asparagina 1580. Las mismas unidades de extracción discutidas anteriormente con respecto a la **Figura 13a** se pueden utilizar en las modalidades descritas en la **Figura 15**.

Después de que el extracto poslavado 1522 sale de la unidad de extracción 1520, esta se puede transferir a la unidad de remoción

de almidón 1540. Las mismas unidades de remoción de almidón discutidas anteriormente con respecto a la **Figura 13a** se pueden utilizar en las modalidades descritas en la **Figura 15**.

- 5 En la siguiente operación unitaria, el extracto desalmidonado pos-lavado 1534 ingresa a por lo menos una unidad de remoción precursora 1550 donde son removidos los precursores de acrilamida.
- 10 La unidad de remoción precursora 1550 comprende uno o más puertos de inyección 1555 de asparaginasa. En una modalidad, la unidad de remoción precursora 1550 comprende un mezclador continuo. Suficiente asparaginasa 1555 se debe agregar de tal manera que la concentración de asparagina en la corriente de salida deficiente en asparagina 1552 comprenda menos de aproximadamente 50% y más
15 preferiblemente menos de aproximadamente 90% de la concentración de asparagina del extracto pos-lavado desalmidonado 1534.
- 20 La corriente de salida deficiente en asparagina 1552 tendrá productos de reacción, a saber amoníaco y ácido aspártico como resultado de la asparaginasa que reacciona con la asparagina. Es deseable en un proceso continuo remover algunos o todos los productos de reacción antes de entrar a la unidad de extracción 1520 para mantener una fuerza de manejo de asparagina
25 preferencial o selectiva por fuera de las papas no tratadas 1510 y minimizar cualquier efecto colateral indeseable de tales productos de reacción que pueden tener sobre la calidad y las características de las papadas tratadas 1512 que salen de la unidad de extracción 1520. Posteriormente, se pueden utilizar

varias técnicas solas o en conjunto con la disminución de la concentración de los productos de reacción en el extracto deficiente en asparagina 1580 que ingresa a la unidad de extracción 1520.

5

En una modalidad, una cantidad 1558 de corriente de salida deficiente en asparagina 1552 se remueve del sistema de lixiviado 1500 y se puede enrutar a una corriente de agua de desperdicio.

En una modalidad, la corriente prepara de extracto de papa 1532 que ingresa al sistema de lixiviación 1500 es proporcional o igual a la cantidad 1558 del extracto deficiente en asparagina que sale del sistema de lixiviación 1500.

En una modalidad, la corriente de salida deficiente en asparagina 1552 se divide en una corriente de paso 1556 y una corriente de deslizamiento 1554 que se enruta a una o más de las unidades de remoción del producto de reacción. En una modalidad, la unidad de remoción de amoníaco 1560 remueve preferiblemente el amoníaco 1562 de la corriente de deslizado deficiente en asparagina 1554.

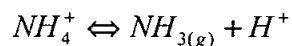
La corriente de deslizado 1554 puede comprender aproximadamente 0% a aproximadamente 100% del flujo de la corriente de extracto deficiente en asparagina 1552. La corriente deslizada 1554 se puede ajustar para operar intermitentemente de tal manera que toda o una porción de la corriente de extracto deficiente en asparagina 1552 se enruta a una o más de las unidades de remoción del producto de reacción 1560 durante una cantidad seleccionada de tiempo. Por ejemplo, para cada hora de operación del sistema de lixiviado 1500, la corriente de deslizamiento deficiente en asparagina 1554 puede operar durante aproximadamente 30 minutos

consecutivos o intermitentes y puede procesar toda o una porción de la corriente de extracto deficiente en asparagina 1552.

En una modalidad, la unidad de remoción del amoníaco 1560 puede
5 remover el amoníaco mediante uno o más métodos de remoción del amoníaco o en combinación. El método de remoción del amoníaco se puede seleccionar de calentar la corriente, reducir la presión de la corriente, burbujear un gas tal como aire, vapor, o nitrógeno a través de la corriente, ajustar el pH de la corriente, y
10 utilizar una resina intercambiadora de ion para remover selectivamente el amoníaco de la corriente.

El amoníaco en una solución acuosa está presente como un sistema de equilibrio definido por:

15



Las técnicas disponibles para la remoción del amoníaco de las corrientes acuosas se pueden normalmente sólo recuperar la forma
20 iónica (NH_4) o la forma gaseosa del amoníaco (NH_3). En razón a que el sistema está en equilibrio, la remoción de la forma gaseosa del amoníaco origina más de la forma iónica para convertirla en la forma gaseosa, cambiando de esta manera la reacción anterior hacia la derecha. El amoníaco en la forma gaseosa también se
25 favorece bajo condiciones básicas, en razón a que la forma iónica del amoníaco intentará establecer equilibrio. En razón a que el calor puede volatilizar el gas de amoníaco de la solución, una solución calentada de amoníaco también cambiará las reacciones

anteriores hacia la derecha. Cualquier amoníaco gaseoso en el espacio superior de una solución tendrá también un impacto sobre el gas amoníaco de la solución.

5 Consecuentemente, remover el gas de amoníaco del espacio superior mediante por ejemplo el uso de vacío u otro método de despresurización también puede ayudar a volatilizar el gas de amoníaco en solución, que cambiará las reacciones hacia la derecha. El amoníaco se puede remover mediante otros métodos
10 descritos en la Patente U.S. 6,838,069 en tanto que los métodos son seguros para alimentos. Por ejemplo, el amoníaco se puede poner en contacto con un sorbente que es un hidróxido de metal sólido con el fin de cargar el amoníaco sobre otro sorbente y el sorbente se puede regenerar con un ácido débil. Por lo tanto, en
15 una modalidad, la unidad de remoción de amoníaco 1560 puede comprender dos unidades; una unidad para la regeneración y una unidad para la remoción de amoníaco.

En una modalidad, la unidad de remoción del ácido aspártico 1570
20 puede remover el ácido aspártico 1572 mediante uno o más métodos de remoción de ácido aspártico solo o en combinación. El método de remoción de ácido aspártico se puede seleccionar de utilizar una resina intercambiadora de ion para remover selectivamente el ácido aspártico de la corriente, filtrar con una membrana de
25 ultra filtración, electrofóresis, y ajustar el pH de la corriente.

Una resina intercambiadora de ion en la unidad de remoción del amoníaco 1560 y/o la unidad de remoción del ácido aspártico 1570

se puede utilizar en el lecho empacado. Alternativamente, la resina intercambiadora de ion se puede utilizar en una operación continua en tanda donde la resina se coloca en un tanque y se mezcla con una corriente de deslizamiento 1554 y la resina
5 absorbe los precursores de reacción y la resina se puede remover y regenerar.

En una modalidad, el pH de la corriente de deslizamiento 1554 es descendida para precipitar ácido aspártico. El precipitado se
10 puede entonces remover mediante centrifuga, hidroclicon, filtración, u otros medios adecuados. En una modalidad, el pH se ajusta a un rango de entre aproximadamente 4 y aproximadamente 6 y más preferiblemente entre aproximadamente 4.5 y aproximadamente 5.5. Una membrana de ultra filtración se puede utilizar sola o en
15 combinación con un ajuste de pH para filtrar el ácido aspártico. El extracto de papa deficiente en precursor purificado resultante 1574 se ha enrutado a través de la unidad de remoción del amoníaco 1560 y/o la unidad de remoción del ácido aspártico 1570
tendrá más pocos productos o subproductos de reacción (por
20 ejemplo menos amoníaco y/o ácido aspártico) que la corriente de salida deficiente en asparagina 1552. El extracto de papa deficiente en el precursor purificado 1574 se puede mezclar con una corriente de puenteado 1556 y convertirse en el extracto de papa deficiente en asparagina 1580.

25

Luego, una corriente de papas peladas y tajadas que contienen los precursores de acrilamida (papas no tratadas) 1510 entra a una unidad de extracción 1520, similar a la etapa de lavado de la técnica anterior 23 de la **Figura 2**, donde las papas son puestas

en contacto con un extracto de papa deficiente en el precursor 1580. El extracto de papa deficiente en asparagina 1580 comprende una corriente de agua que contiene todos los componentes de papa solubles en agua con la excepción del precursor de acrilamida particular para ser removido del alimento de papa no tratado 1510. Así, en estado continuó en la modalidad preferida, el extracto de papa deficiente en asparagina 1580 comprende una solución acuosa o una suspensión de todos los sólidos de papa solubles en agua y los compuestos excepto asparagina. El extracto de papa generalmente incluye compuestos solubles en agua tales como azúcares reductores y no reductores, almidones, y varios aminoácidos. En estado continuo, todas las concentraciones de los compuestos solubles en agua en el extracto deficiente en asparagina 1580, diferentes de almidón y asparagina, están en o cerca al equilibrio con las concentraciones correspondientes de los compuestos solubles en agua en un alimento de papa no tratado 1510. Un punto que se debe mantener en mente cuando se realizan los efectos de manipular varios parámetros de las operaciones unitarias, tales como aquellos descritos en la **Figura 13 y 14**, es que todos estos ajustes tendrán algún efecto colateral sobre la calidad y las características del producto final. Por lo tanto, cualquier ajuste hecho en cualquiera de las operaciones unitarias se debe seleccionar cuidadosamente con el fin de llegar al producto que exhibe las características finales deseadas. Estas características incluyen color, sabor, sensación en la boca, densidad, olor y otros aspectos de la vida de estante del producto terminado.

La **Figura 5** se enfoca en otro aspecto de las operaciones unitarias y se muestra el efecto de disminuir el nivel de humedad en el pedacito durante la etapa de cocción. En relación de nuevo a la **Figura 2**, la etapa de cocción 24 es una operación unitaria

5 que involucra típicamente cocinar pedacitos de papa tajados en un vertidor de aceite continuo a altas temperaturas. Regresando a la **Figura 5**, esta gráfica refleja sobre el eje horizontal ó x, el nivel de humedad del producto del pedacito final. El eje vertical ó y es de nuevo marcado en ppb de acrilamida ("AA") encontrado en

10 el producto final. El número de puntos de datos son entonces graficados mostrando una humedad porcentual versus el nivel de acrilamida del pedacito final. Dos diferentes temperaturas de freído se utilizan con símbolos de diamante que representan los pedacitos freídos a aproximadamente 178°C (353°F) mientras que

15 los símbolos cuadrados se utilizan para representar los puntos de dato para las papas fritas a aproximadamente 149°C (300°F). Las gráficas de línea 51, 52 son una curva ajustada a los puntos de datos con el fin de establecer una tendencia. Las gráficas de línea ajustadas a la curva 51, 52 siguen la ecuación general: $y = c x^b$, donde "y" representa el nivel de acrilamida "c" es una

20 constante, "x" es el nivel de humedad, y "b" es el exponente de "x". La primera gráfica de línea 51 se relaciona con los puntos de dato de temperatura de freído a 149°C (300°F). La segunda línea 52 se relaciona con los puntos de datos graficados para la

25 temperatura de freído a 178°C (353°F). Como se puede ver en la **Figura 5**, los niveles de acrilamida permanecen muy bajos a niveles de humedad del pedazo por encima de aproximadamente 3% de humedad en peso sin importar la temperatura de freído.

Mientras que la **Figura 5** muestra una relación entre los niveles de acrilamida el contenido de humedad de las tajadas de papa freídas, la **Figura 6** describe la misma relación en los productos de pedazo de papa horneado hechos de una mezcla seca. El eje vertical de la gráfica en la **Figura 6** muestra las concentraciones de acrilamida, mientras que el eje horizontal muestra los niveles de humedad en peso. Mientras que las concentraciones de acrilamida tienden a ser mayores en los productos de pedazos de papa horneados que en las tajadas de papa freídas, las **Figuras 5** y **6** muestran ambas que las concentraciones de acrilamida permanecen ligeramente bajos en los productos de papa cocinada hasta que el nivel de humedad cae por debajo de aproximadamente 3%.

Lo que se hace evidente en las **Figuras 5** y **6** es que los niveles de acrilamida en los pedazos de papa cocinados en un freidor típico se incrementa muy dramáticamente una vez que los niveles de humedad caen por debajo del 3% de humedad en peso, punto en el cual parece que no se deja suficiente humedad para mantener la temperatura del producto por debajo de la temperatura de formación de la acrilamida. Por ejemplo, la **Figura 5** ilustra que el nivel de la acrilamida encontrado en el producto final es relativamente bajo cuando el nivel de humedad del pedacito durante la operación unitaria de cocción es 3% en peso o mayor, sin importar la exposición a los ambientes de cocción a alta temperatura. Las **Figuras 5** y **6** demuestran que el nivel de humedad es un parámetro adicional útil en una operación unitaria que se puede ajustar para la reducción de la formación de acrilamida en el producto final.

Desafortunadamente, el nivel de humedad en un pedazo de papa terminado debe estar idealmente por debajo del 2%, y preferiblemente entre aproximadamente 1.3 y 1.4%. Nada superior al 2% y aún superior al 1.4% puede conducir a temas de ranciedad y daño microbiano en el producto empacado, así como también a consecuencias organolépticas, por ejemplo, sabor, textura, etc. Sin embargo, cambios en el color, sabor y consistencia del producto final se pueden ajustar mediante varios medios. Además, puede ser posible contrarrestar las consecuencias de terminar el producto alimenticio con un mayor contenido de humedad al ajustar varios factores en la etapa de preempacado tal como extender las caperuzas freidoras, cubrir los transportadores a la máquina de empaque, deshumidificación del ambiente de la planta y varios factores en el empaque, tal como los materiales de empaque, películas, bolsas y sellos. Así, de acuerdo con otra modalidad del método descrito para reducir la formación de acrilamida en los alimentos térmicamente procesados, una operación unitaria adicional comprende terminar el producto alimenticio en la medida en que éste emerge desde su etapa de cocción final a un contenido de humedad, por ejemplo, a aproximadamente 1.4% en peso, aproximadamente 1.6%, aproximadamente 1.8% en peso y aproximadamente 2% en peso, o a cualquier porcentaje en peso de humedad entre 1.4% y 2%.

Sin embargo, es importante notar que otros productos de papa han sido conocidos por formar cantidades significativas de acrilamida a un contenido de humedad relativamente alto. Por ejemplo, las papas a la Francesa, que típicamente dejan un freidor con más del

15% de humedad en peso, han mostrado que desarrollan cantidades significativas de acrilamida durante la cocción. Esto sugiere que la formación de acrilamida depende de la temperatura (particularmente de la temperatura superficial) de un producto de cocción en lugar del contenido de humedad total. De hecho, los estudios han mostrado que la acrilamida no se forma en cantidades significativas hasta que los reactivos necesarios son expuestos a temperaturas de aproximadamente 250°F/120°C. Parece así que el producto de papa que contiene los compuesto precursores de acrilamida no formará cantidades significativas de acrilamida hasta, luego de la cocción, la temperatura del producto, que puede diferir significativamente de la temperatura del medio de cocción, elevada por encima de aproximadamente 120°C (250°F). sin embargo, el contenido de humedad de tal producto puede ser una buena indicación de si la temperatura del producto se ha elevado por encima de la temperatura de formación para la acrilamida.

Los expertos en la técnica han planteado la teoría de que la humedad en el producto ayuda a mantener la temperatura interna del producto por debajo de la temperatura de formación de acrilamida, aún cuando se esté en un ambiente a temperatura relativamente alta. Cuando se remueve la mayor parte de la humedad, sin embargo, las altas temperaturas circundantes pueden originar que la temperatura del producto se eleve por encima de la temperatura de formación de acrilamida. Es importante mantener en mente, de esta manera, que no todas las porciones de un producto de cocción comparten la misma temperatura interna. Las papas a la Francesa, por ejemplo, pueden engrosar ligeramente cuando se comparan con las tajadas de papa y así tienden a tener

un mayor gradiente de humedad entre las porciones interiores y exteriores del producto. Consecuentemente, es posible para una papa a la Francesa ser cocinada para que tenga una temperatura superficial ligeramente más alta aunque su contenido de humedad interior sea alto. En contraste, una tajada de papa es más delgada y tiende a tener más niveles de humedad consistentes en toda la tajada durante la cocción. Así, por lo menos para productos delgados tales como tajadas de papa o piezas de papa fabricadas, el nivel de humedad puede ser aún un buen calibre de su temperatura interna. Esto también es cierto para productos diferentes a papa hechos de maíz, cebada, trigo, centeno, arroz, avena, mijo y otros granos a base de almidón. Adicionalmente, el equipo de cocción continuo se puede diseñar con diferentes etapas de temperatura que disminuyan progresivamente desde temperaturas más altas a más bajas en la medida en que el contenido de humedad del producto de cocción disminuye. Este le posibilita a la humedad ser removida rápidamente sin permitir que la temperatura del producto se eleve por encima de la temperatura de formación de acrilamida.

Por lo tanto, un elemento de esta invención involucra dividir la operación unitaria de cocción (la cuarta operación unitaria 24 mostrada en la **Figura 2**) en por lo menos dos etapas de calentamiento separadas. Una primera etapa de calentamiento ocurre a temperaturas elevadas para reducir el nivel de humedad en algún punto cercano pero por encima de 3% en peso. El producto es luego terminado a un nivel de humedad deseado de aproximadamente 1-2% en peso, pero preferiblemente aproximadamente 1.4% en peso, con una etapa de cocción a

temperatura baja que tiene una temperatura por debajo de aproximadamente 120°C (250°F). Sin embargo, las modificaciones de proceso descritas aquí no están limitadas a los procesos de la técnica anterior para cocinar tajadas de papa tal como aquellas

5 descritas en la **Figura 2**. Estas modificaciones también son aplicables en procesos para elaboración de productos fabricados derivados de papa, maíz, trigo, centeno, arroz, avena, mijo, y otros granos a base de almidón. Por ejemplo, estas modificaciones de proceso se pueden utilizar para reducir la formación de

10 acrilamida en productos de papa maíz fabricados, cereales, galletas, crackers, pretzels duros y panes, para nombrar unos pocos. Nótese que los términos "etapa de cocción modificada" y "operación unitaria de cocción modificada" pretende incluir no solamente el método de la técnica anterior de la **Figura 2** para

15 cocinar tajadas de papa sino también los métodos de la técnica anterior para preparar otros productos alimenticios en los cuales es deseable reducir la formación de acrilamida. Además, el término "piezas basadas en papa" pretende incluir tanto las tajadas de papa cruda como las piezas de papa fabricadas

20 derivadas de almidón o masa de papa.

Cada etapa de calentamiento se puede lograr utilizando varios métodos de calentamiento. Por ejemplo, la primera etapa de calentamiento puede comprender freído atmosférico, freído al

25 vacío, freído ayudado por microondas, u horneado. La primera etapa de calentamiento, sin embargo, puede comprender alternativamente otro método para cocinar el producto y disminuir su nivel de humedad con consideración primaria dada a las eficiencias de producción tal como el tiempo de residencia, los

costos de energía, los costos de capital de equipo y el espacio disponible en el piso. Cuando la primera etapa de calentamiento involucra freír el producto, la primera de etapa de calentamiento a menudo se denomina "freído parcial" en razón a que tal freído solo cocina parcialmente el producto hasta que su contenido de humedad es descendido a algún punto cerca de aproximadamente 3% en peso. La segunda etapa de calentamiento puede comprender freído al vacío, freído en horno a baja temperatura, freído en horno al vacío, o cualquier método de cocción que mantenga las temperaturas de cocción requeridas mediante la segunda etapa de calentamiento. Sin embargo, también se puede utilizar otros métodos para reducir el contenido de humedad mientras que se evitan las condiciones de temperatura con humedad baja/temperatura alta más favorables para la formación de acrilamida en tanto que la temperatura del producto permanece por debajo de la temperatura de formación de acrilamida de aproximadamente 120°C (250°F). La segunda etapa de calentamiento es a menudo denominada "freído final" o "secado final", en razón a que el contenido de humedad se reduce adicionalmente al nivel deseado final.

Al modificar la etapa de lavado 23 y/o la etapa de cocción 24 del proceso para la elaboración de pedazos de papa mostrado en la **Figura 2**, los niveles de acrilamida en el producto final se puede reducir significativamente sin afectar adversamente la calidad del producto y las características finales. En una modalidad preferida, el proceso para elaboración de pedazos de papa que utiliza papas despedazadas frescas combina el pelado, tajado, tradicional y las etapas de lavado con una operación unitaria de

cocción modificada que involucra el freído parcial a aproximadamente 165 a aproximadamente 182°C (330-360°F) durante aproximadamente 1-3 minutos, seguido por un secado al horno por debajo de aproximadamente 120°C (250°F) hasta que el nivel de
5 humedad del pedazo se reduce a aproximadamente 1.4% en peso. En las pruebas que utilizan esta modalidad preferida, se logran niveles de acrilamida por debajo de 130 ppb. Esta modalidad preferida logra un balance entre un alto nivel de reducción de acrilamida con un cambio aceptable en la calidad del producto
10 asociada con las modificaciones de proceso necesarias. Sin embargo, son posibles otras modalidades. Las Figuras 7a, 7b, y 8 muestran varios ejemplos de combinaciones de lavado que comprenden poner en contacto con modificaciones de la solución acuosa y de la cocción que reducen los niveles finales de
15 acrilamida de aquellos niveles que resultan de los métodos de la técnica anterior. Por ejemplo, un nivel final de acrilamida de más de 300 ppb se reduce a menos de 100 ppb. Aunque las Figuras 7a, 7b y 8 involucran modificaciones para procesar tajadas de papa cruda, los métodos de lavado modificados utilizados en
20 aquellas modalidades también pueden aplicar a otros tipos de alimentos crudos en los cuales es deseable la reducción de acrilamida, tal como las papas dulces, ñames y plátanos. De manera similar, las modificaciones de cocción utilizadas en aquellas modalidades también pueden aplicar a otros productos de
25 alimentos freídos tales como tortillas freídas, plátanos freídos, papas dulces freídas y ñame freído.

La Figura 7a describe los niveles de acrilamida resultantes de los pedazos de papa hechos al combinar diferentes modalidades de

una etapa de lavado modificada que comprende poner en contacto con una modalidad particular de la etapa de cocción modificada. La etapa de cocción modificada de la **Figura 7a** comprende freír parcialmente ("freído parcial") tajadas de papa a aproximadamente 5 178°C (353°F) durante aproximadamente 1 a 3 minutos en una primera etapa de calentamiento, luego secar al horno las tajadas de papa a aproximadamente 120°C (250°F) hasta que el contenido de humedad se reduce a aproximadamente 1.3% en peso en una segunda etapa de calentamiento. La ventaja del freído parcial seguido por 10 un secado en horno es que las condiciones de humedad baja/temperatura alta más favorables para la formación de acrilamida se pueden evitar mientras que producir los productos finales son organolépticamente similares a los productos de freído tradicional. Sin embargo, un secado en horno extenso puede 15 darle al producto una sensación seca en la boca y puede originar abrasamiento del producto que es difícil de enmascarar.

El eje vertical ó y de la gráfica en la **Figura 7a** muestra las concentraciones de acrilamida en ppb, mientras que el eje 20 horizontal ó x se marca para mostrar los parámetros de cada modalidad de la etapa de lavado modificada que comprende poner en contacto las tajadas de papa con una solución acuosa. Cada punto de dato muestra un par de barras verticales: la barra de la izquierda representa las concentraciones de acrilamida después de 25 poner en contacto el freído parcial mientras que la barra de la derecha representa las concentraciones de acrilamida después del secado en horno. Leyendo de izquierda a derecha, el primer punto de dato 71 de la **Figura 7a**, como aquel de la **Figura 3** y la 4, es una muestra de base que involucra un lavado en agua de dos a tres

minutos a temperatura ambiente, después de lo cual la muestra es entonces freída atmosféricamente a aproximadamente 1.3% de humedad en peso. El segundo punto de dato 72 es como el primero excepto que la muestra es freída a aproximadamente 1.0% de
5 humedad. Nótese que la primera y segunda muestra 71, 72 desarrollaron aproximadamente 320 ppb y 630 ppb de acrilamida, respectivamente. El tercer punto de dato 73 involucra el mismo lavado de agua ambiente de 2 o 3 minutos, pero la muestra es luego freída parcialmente a una humedad ligeramente por encima
10 del 3% y un secado en horno a aproximadamente 1.3% de humedad. Las barras de izquierda a derecha muestran que la muestra salió de la etapa de freído parcial con una concentración de acrilamida relativamente baja de aproximadamente 65 ppb y que ganó menos de 15 ppb en una etapa de secado al horno. El cuarto punto de dato
15 74 involucra una solución acuosa que comprende poner en contacto el agua con tajadas de papa durante un tiempo de contacto de 5 minutos a aproximadamente 60°C (140°F), seguido por las etapas de freído parcial y secado en horno de una operación unitaria de cocción modificada. Este contacto de cinco minutos, 60°C (140°F)
20 combinado con las etapas de freído parcial y secado al horno dieron como resultado una concentración de acrilamida final a un inferior de menos de 40 ppb.

Las muestras puestas en contacto con las soluciones de cloruro de calcio 75, 76, 77 produjeron todos niveles de acrilamida mayores
25 que aquellas producidas por la muestra 74 puestas en contacto con el agua pura durante 5 minutos a aproximadamente 60°C (140°F). Sin embargo, los niveles de acrilamida final de todas aquellas

muestras estuvieron aún por debajo de 80 ppb, lo cual disminuye significativamente aquellos 300 ppb en la muestra base.

Este último punto de datos 78 involucra un contacto de 5 minutos con una solución acuosa que comprende 1% de L-Cisteína. De manera interesante, de los varios métodos de puesta en contacto mostrados en la **Figura 7a**, este método de puesta en contacto produjo la concentración más baja de acrilamida. Este método de puesta en contacto, sin embargo, también requirió el tiempo de puesta en contacto más largo de los varios métodos mostrados en la **Figura 7a**. Aunque utilizar 1% de L-Cisteína 78 como la solución acuosa para poner en contacto dieron como resultado el nivel más bajo de acrilamida en el producto final, otros factores deben ser considerados, tales como el efecto de tal tiempo de contacto largo sobre la calidad del producto, así como también el gasto de incrementar el tiempo de contacto.

La **Figura 7b** muestra los últimos 6 puntos de dato 73, 74, 75, 76, 77, 78 de la **Figura 7a** sobre una gráfica con una escala de concentración de acrilamida más estrecha.

En la **Figura 8**, los resultados mostrados en la **Figura 7b** se han normalizado para describir los niveles de acrilamida que se podían esperar si las muestras de prueba fueran freídas a un nivel de humedad ligeramente superior al 3% en peso y luego secadas en horno aproximadamente 120°C (250°F) a un nivel de humedad estandarizado de aproximadamente 1.3% en peso. Los niveles de acrilamida se normalizan de la misma manera descrita anteriormente con respecto a la **Figura 4**. Cuando se compara con

los resultados 83, 84, 88 mostrados en la **Figura 8**, con aquellos de los experimentos similares 41, 43, 45 mostrados en la **Figura 4**, uno puede ver que dividir la operación unitaria de cocción en una primera etapa de calentamiento a alta temperatura y una
5 segunda etapa de calentamiento a más baja temperatura reduce significativamente los niveles de acrilamida. Mientras que la **Figura 4** muestra un freído de una manera tradicional a un nivel de humedad estandarizada de 1.32% en peso que debe dar como resultado unas concentraciones de acrilamida que varían desde
10 ligeramente por encima de 100 ppb a más de 400 ppb, la **Figura 8** muestra que el freído parcial y el secado en el horno al mismo nivel de humedad estandarizado debe dar como resultado una concentración de acrilamida significativamente inferior por debajo de 100 ppb. El beneficio acumulado de combinar tanto una
15 operación unitaria de lavado modificada que comprende una etapa de poner en contacto con una operación unitaria de cocción modificada es particularmente evidente cuando se compara los aproximadamente 54°C (130°F)/5 minutos de punto de dato de contacto 43 de la **Figura 4** y los aproximadamente 60°C (140°F)/5
20 minutos de punto de dato de contacto 84 de la **Figura 8** con el punto de dato base 41 de la **Figura 4**. Como se discutió anteriormente con respecto a la **Figura 4**, incrementar el tiempo de contacto durante 2-3 minutos a 5 minutos e incrementar la temperatura de contacto desde ambiente a 54°C (130°F) origina que
25 el nivel de acrilamida en el producto final disminuya desde aproximadamente 30 ppb a aproximadamente 230 ppb. El segundo punto de dato 84 de la **Figura 8** muestra que el nivel de acrilamida final se puede además reducir a menos de aproximadamente 40 ppb cuando una etapa de puesta en contacto a

aproximadamente 60°C (140°F) similar de 5 minutos es seguida por una operación unitaria de cocción modificada que involucra el freído parcial y el secado del horno.

5 La **Figura 9** muestra el dramático incremento en las concentraciones finales de acrilamida que resultan de utilizar una temperatura de secado en el horno por encima de aproximadamente 120°C (250°F). En la **Figura 9**, las muestras de prueba fueron puestas en contacto y entonces se sometieron a
10 freído parcial de la misma manera que en la **Figura 7b**, pero las muestras fueron entonces secadas al horno a aproximadamente 176°C (350°F) en lugar de aproximadamente 120°C (250°F). Las concentraciones de acrilamida final de las muestras de pruebas se normalizaron para mostrar los niveles de acrilamida esperados
15 luego de alcanzar aproximadamente 0.76% en peso (que es el contenido de humedad final que se alcanzó en el lavado con agua en el punto base/estándar de 2 a 3 minutos mostrado como el primer punto de dato). Comparando el segundo punto de dato 74 de la **Figura 7b** con el segundo punto de datos 94 de la **Figura 9**, por
20 ejemplo, incrementar la temperatura de secado en el horno desde aproximadamente 120°C (250°F) a aproximadamente 176°C (350°F) incrementó la concentración de la acrilamida desde ligeramente por debajo de 40 ppb a aproximadamente 270 ppb. Esta temperatura de secado en el horno se incrementa de manera similar originada
25 por las concentraciones de acrilamida de las otras muestras de prueba para incrementarse dramáticamente desde por debajo de 100 ppb a más de 500 ppb. Otra muestra de prueba (no mostrada) se lavó para remover el almidón de la superficie, el freído parcial a aproximadamente 176°C (350°F) a un contenido de humedad de

entre 3-5% en peso, y luego el freído en un horno Wenger comercial a aproximadamente 132°C (270°F) hasta un contenido final de humedad de aproximadamente 1.3% en peso, lo que resulta en un nivel de acrilamida de aproximadamente 270 ppb. Los resultados 93, 94, 95, 96, 97, 98 mostrados en la **Figura 9**, así como también los resultados del secado en horno de la muestra de prueba a aproximadamente 132°C (270°F), ilustra así las ventajas de mantener la temperatura de cocción y/o freído del producto a menos de o igual a aproximadamente 120°C (350°F) cuando el contenido de humedad cae por debajo de aproximadamente 3% en peso. Este principio aplica no solamente a tajadas de papa cruda sino también a otros alimentos crudos, tales como ñame y plátanos, y productos fabricados derivados de la papa, maíz, cebada, trigo, centeno, arroz, avena, mijo y otros granos a base de almidón.

La **Figura 10** grafica los resultados y las condiciones de operación de aún otra modalidad en la cual las tajadas de papa fueron lavadas, freídas parcialmente y luego secadas en horno. Una muestra de control 101 se procesó de manera similar a aquella descrita con respecto a las muestras de base 71, 72 mostradas en la **Figura 7a**. Después de aproximadamente un lavado a temperatura ambiente de 20-30 segundos, seguido por un breve contacto de las tajadas de papa con una solución diluida (3-5%) de cloruro de sodio durante pocos segundos, una muestra de control 101 de tajadas de papa de 1.45 mm de grosor de papas despedazadas peladas Hermes fueron freídas parcialmente en aceite que tiene una temperatura inicial de aproximadamente 179°C (354°F) durante aproximadamente 3 minutos a 1.4% de humedad en peso. La muestra

de control 101 tuvo una concentración de acrilamida de 640 ppb, similar a los 630 ppb producidos en la segunda muestra base 72 mostrada en la **Figura 7a**. La muestra de prueba 102 se lavó similarmente y se puso en contacto como la muestra de control 101. Utilizando un freidor comercial grande, la muestra de prueba 102 fue entonces freída parcialmente en aceite que tiene una temperatura inicial de aproximadamente 174°C (345°F) durante aproximadamente 3 minutos hasta que el contenido de humedad disminuyó a 2.5% en peso. La muestra de prueba de freído parcial 102 fue entonces freída finalmente durante aproximadamente 6 minutos utilizando un horno a aproximadamente 110°C (230°F) hasta que el nivel de humedad disminuyó a 1.4% en peso. Cocinado de esta manera se produjo un producto con una concentración de acrilamida reducido de 160 ppb, el cual es aproximadamente el 25% de la concentración de acrilamida de la muestra de control 101.

En aún otro conjunto de pruebas (no mostradas) similares a aquellas mostradas en la **Figura 10**, las tajadas de papa sufren un procedimiento de lavado estándar, fueron freídas parcialmente a aproximadamente 3-5% de humedad en peso, y luego secadas en horno a menos de aproximadamente 2% de humedad en peso. La muestra de control se lavó y luego se sometió a freído a aproximadamente 179°C (354°F) a un contenido de humedad terminado de aproximadamente 1.3% en peso, lo que resulta en un nivel de acrilamida de 380 ppb. Sin embargo, las muestras de prueba de freído parcial a aproximadamente 179°C (354°F) a un contenido de humedad de entre aproximadamente 3 a aproximadamente 5% dieron como resultado niveles de acrilamida de aproximadamente 64 ppb. El producto de freído parcial fue entonces secado en un horno

Wenger comercial a varias temperaturas. Se mostró que el freído de las tajadas con freído parcial a aproximadamente 115°C (240°F) a un contenido final de humedad de aproximadamente 1.3% de humedad en peso en un horno Wenger dieron como resultado niveles

5 de acrilamida de 125 ppb. De manera interesante, freír las tajadas con freído parcial a aproximadamente 100°C (212°F) y por debajo de la presión atmosférica o ligeramente menor que la presión atmosférica (13.6 a 14.6 psia), aún durante periodos prolongados de tiempo (tanto como 10-15 minutos), no incrementó

10 los niveles de acrilamida. Esta modalidad demuestra que las tajadas de papa se puede freír parcialmente a aproximadamente 179°C (354°F) a un contenido de humedad de entre 3-5% y luego secadas al horno a aproximadamente 100°C (212°F) bajo condiciones atmosféricas o ligeramente por debajo de la presión atmosférica

15 sin incrementar los niveles de acrilamida más allá del que se forma en una operación de freído parcial. Para reducir adicionalmente la concentración de acrilamida formada en el producto cocinado, las tajadas de papa se pueden remover de la etapa de freído parcial con unos niveles de humedad tan altos

20 como el 10% en peso, pero remover el producto demasiado pronto puede afectar la textura final del producto. Nótese, sin embargo, que este método no está limitado a las tajadas de papa crudas y se puede aplicar a otros productos alimenticios freídos tales como tortillas freídas, plátanos freídos, papas dulces freídas y

25 ñame freído. La ventaja del freído parcial y el secado en el horno a aproximadamente 100°C (212°F) es que la operación unitaria de cocción sola se puede modificar para reducir significativamente la formación de acrilamida desde por encima de

300 ppb y a menos de aproximadamente 70 ppb; el pelado, tajado estándar y las etapas de lavado no requieren ser modificadas.

En el conjunto de modalidades que involucran el freído parcial
5 seguido por el secado al horno, tan bien es posible conducir un secado al horno bajo vacío con el fin de mejorar la remoción de humedad. Al secar en el horno bajo vacío, se requiere menos tiempo para secar el producto al contenido de humedad final deseado. Aunque se ha mostrado que el secado en el horno en o
10 cerca de 100°C (212°F) no origina ningún incremento medible en los niveles de acrilamina, el secado en el horno a esa temperatura toma un tiempo relativamente largo para secar el producto. Así, el secado en el horno al vacío ayuda a disminuir la cantidad de tiempo que se toma para que el producto seque.
15 Esto también ayuda a disminuir la cantidad de tiempo en que el producto se expone a temperaturas de formación de acrilamida, si se utilizan temperaturas de secado al horno mayores.

Mientras que las **Figuras 7a, 7b, 8 y 10** describen los resultados
20 de prueba de combinar una modalidad particular de una operación unitaria de cocción modificada con varias diferentes modalidades de una operación unitaria de lavado modificada que comprende una etapa de puesta en contacto, son posibles otras modalidades y combinaciones. Por ejemplo, las varias diferentes etapas de poner
25 en contacto mostradas en aquellas figuras pueden por el contrario ser seguidas por una operación unitaria de cocción modificada diferente, alternativamente, un método mejorado para reducir la formación de acrilamida puede simplemente utilizar una operación unitaria de cocción modificada sin modificar alguna de las otras

operaciones unitarias. En otro conjunto de modalidades de la invención, la segunda de las dos etapas de calentamiento de una operación unitaria de cocción modificada comprende un freído final al vacío en lugar de un freído atmosférico por freído final
5 bajo vacío, el producto freído o cocinado parcialmente que emerge de la primera etapa de calentamiento puede continuar para ser freído, pero a una temperatura demasiado baja para formar cantidades significativas de acrilamida. De acuerdo con una modalidad, la presión al vacío debe ser tal que el freído ocurra
10 por debajo de aproximadamente 120°C (250°F). Tal freído final al vacío también se puede aplicar a otros productos alimenticios freídos tales como aquellos derivados de la papa, masa de maíz, cebada, trigo, arroz, avena, mijo y otros granos a base de almidón.

15

La **Figura 11** grafica los resultados y las condiciones de operación de varios ejemplos de una operación unitarias de cocción modificada que involucra un freído parcial seguido por un freído final al vacío. En el control 110 y las muestras de prueba
20 111, 112, 113, 114, la variedad Hermes de papas para despedazado fueron peladas, tajadas a aproximadamente 1.35 mm de grosor, y sometidas a un lavado en agua a temperatura ambiente estándar de 20 a 30 segundos. Después del lavado, la muestra de control 110 fue freída a presión atmosférica en aceite que tenía una
25 temperatura inicial de aproximadamente 167°C (351°F) durante aproximadamente 2.5 minutos a un nivel de humedad de 0.83% en peso, que produjo una concentración de acrilamida de 370 ppb. En las pruebas 1-4, todas las muestras de prueba 111, 112, 113 114 fueron freídas parcialmente a presión atmosférica a

aproximadamente 177°C (351°F) y con freído final al vacío a aproximadamente 120°C (248°F) y 100 milibares, pero cada una fue freída parcialmente y freída finalmente al vacío durante diferentes periodos de tiempo. En la prueba 1 111, 220 ppb de acrilamida se encontraron en la muestra de prueba después de lavar, freír parcialmente a presión atmosférica durante aproximadamente 100 segundos a una humedad del 3% en peso, y el freído final al vacío, durante 44 segundos a aproximadamente 0.7% de humedad en peso. Los resultados de las pruebas 2-4 112, 113, 114 muestran que los niveles de acrilamida en el producto final disminuyeron dramáticamente cuando se detuvo el freído parcial, y se comenzó el secado final al vacío, antes de que el contenido de humedad disminuyera al 3% en peso. Las pruebas 2-4 112, 113, 114 produjeron todas concentraciones de acrilamida final por debajo de 50 ppb. En la prueba 4 114, un nivel de acrilamida de solamente 13 ppb se logró mediante freído parcial a 10% de humedad en peso y luego freído al vacío a aproximadamente 1% de humedad en peso. Como se puede ver de los datos, freír parcialmente las tajadas a un contenido de humedad mayor antes de que ellas sean freídas finalmente al vacío a una temperatura baja disminuye dramáticamente las concentraciones de acrilamida final. Este método también se puede utilizar para reducir las concentraciones de acrilamida final en otros productos fluidos tales como tortillas freídas, plátanos freídos, papas dulces freídas, y ñame freído. Las ventajas del freído final al vacío después del freído parcial a aproximadamente 3-10% de humedad en peso son que las etapas finales de cocción se pueden completar a temperaturas bajas sin afectar la textura del producto, y su efectividad al reducir la formación de acrilamida puede eliminar

la necesidad de una etapa de lavado modificada que comprende poner en contacto el producto con una solución acuosa. Sin embargo, el freído final al vacío también permite que las etapas finales de cocción sean completadas a temperaturas mayores que aquellas que se puedan utilizar cuando no se fríen bajo vacío, aunque aún suministre una concentración de acrilamida reducida en el producto final. Se nota que el producto freído final al vacío tuvo un color más claro que la muestra de control, y transferir el producto de cocción de la operación de freído parcial a la unidad de fruido final al vacío a niveles de humedad más altos puede impartir un sabor desabrido al producto. Se debe tener en mente que los costos de capital del equipo de freído final al vacío pueden ser mayores que aquellos del equipo de secado al horno.

De manera similar, el freído parcial al vacío se puede utilizar en la primera de las dos etapas de calentamiento de una operación unitaria de cocción modificada. Como ejemplo, una modalidad de la operación unitaria de cocción modificada involucra freír parcialmente al vacío a un contenido de humedad cercano pero por encima del nivel de humedad umbral de 3-4% en peso, entonces secar al horno a no más de aproximadamente 120°C (250°F) hasta completarlo. Por freído parcial bajo vacío, el producto se puede freír a temperaturas inferiores, produciendo así menos acrilamida. Adicionalmente, el secado al horno o por debajo de aproximadamente 120°C (250°F) asegura que se forme poca o ninguna acrilamida adicional durante la etapa de secado al horno. La ventaja de utilizar el freído parcial al vacío en la primera de las dos etapas de calentamiento, particularmente cuando se hace

así por debajo de 120°C (250°F) o aún por debajo de aproximadamente 140°C (284°F) cuando está bajo vacío, es que se formará poca o ninguna acrilamida en la primera etapa, mientras que en el freído parcial generalmente se produce por lo menos algún nivel de acrilamida. Sin embargo, el freído al vacío de la primera etapa de calentamiento puede crear un producto con diferentes características finales.

Para las líneas de producto horneadas, que pueden involucrar pasabocas o productos fabricados tales como cereales, galletas, crackers, pretzels duros y pan, otra modalidad de la invención puede comprender una operación unitaria de cocción modificada con una primera etapa de horneado con temperatura mayor y una segunda etapa de horneado con temperatura menor. En la operación unitaria de cocción de esta modalidad, el producto es primero horneado a una temperatura mayor (por encima de aproximadamente 120°C (250°F) hasta que su contenido de humedad se reduce a aproximadamente 4% a aproximadamente 10% en peso. El producto es entonces horneado (secado u horneado final) a una temperatura no mayor de aproximadamente 120°C (250°F) hasta que el nivel de humedad deseado, típicamente aproximadamente 1% a aproximadamente 3% en peso, se logra. Por ejemplo, se puede utilizar un horno de convección en una primera etapa de calentamiento a temperatura mayor para reducir el contenido de humedad del producto a aproximadamente 10% en peso. El horno se puede dividir en cuatro zonas de calentamiento en las cuales la temperatura es más alta en la primera zona y gradualmente disminuye a través del resto de las tres zonas. Un horno de convección de zona única de arrastre hacia abajo se puede utilizar en la segunda etapa de

calentamiento a temperatura más baja para completar el proceso de cocción. Otros tipos de hornos, sin embargo, se pueden utilizar para las dos etapas de calentamiento de esta modalidad. También, la segunda etapa de calentamiento a temperatura más baja de esta 5 modalidad particular, como aquella de las modalidades que involucran el freído parcial seguido por un secado al horno, se pueden efectuar a aproximadamente 100°C (212°F) y ligeramente por debajo de la presión atmosférica de tal manera que poca, o ninguna acrilamida adicional se forma después de la primera etapa 10 de calentamiento a temperatura más alta.

En las pruebas que utilizan solo una modalidad de ejemplo que involucraron la primera etapa de horneado a temperatura mayor y la segunda etapa de horneado a temperatura menor, las piezas de 15 papa fabricadas fueron primero horneadas a una temperatura por encima de aproximadamente 120°C (250°F) hasta que los niveles de humedad disminuyeron a aproximadamente 10% en peso. Las piezas fueron secadas terminadas a aproximadamente 110°C (230°F) durante aproximadamente 10 minutos hasta que el contenido de humedad 20 disminuyó aproximadamente 1.7-2.2% en peso. Los niveles de acrilamida final de aproximadamente 100-200 ppb fueron reportados. Sin embargo, cuando varias muestras de las piezas horneadas parcialmente fueron secadas finalmente a aproximadamente 120°C (250°F) a aproximadamente 1.6% de humedad 25 en peso, los niveles de acrilamida de entre 470 y 750 ppb se reportaron. Además, niveles de acrilamida sustancialmente mayores de entre 460 y 1900 ppb se produjeron cuando las muestras de las tajadas parcialmente horneadas fueron freídas finalmente a aproximadamente 132°C (270°F) a aproximadamente 1.6-2.2% de

humedad en peso. Estos resultados reenfatizan la importancia de mantener la temperatura de cocción o de freído de un producto cocinado en o por debajo de aproximadamente 120°C (250°F) durante las etapas finales de cocción. Estos principios aplican no solamente a la cocción de las piezas de papa fabricadas sino también a otros productos fabricados derivados de la papa, maíz, cebada, trigo, centeno, arroz, avena, mijo y otros granos a base de almidón. Este principio también aplica a la cocción de alimento crudos tales como ñames y plátanos.

10

En otra modalidad de la invención, en lugar de dividir la operación unitaria de cocción modificada en una primera etapa de calentamiento a temperatura mayor y a una segunda etapa de calentamiento a temperatura menor, la operación unitaria de cocción modificada comprender por el contrario freído al vacío para el proceso de cocción completo. La **Figura 12** grafica los resultados y las condiciones de operación de varios ejemplos de tal modalidad. Las pruebas 1-4 121, 122, 123, 124 varios grupos de control de las papas para despedazado Hermes peladas, tajadas, de 1.45 mm de grosor se lavaron en agua a temperatura ambiente durante aproximadamente 30 segundos, luego se procesaron en un freidor continuo estándar. La temperatura del aceite de entrada del freidor se varió en un rango de aproximadamente 165 a aproximadamente 180°C (329-356°), y las muestras de control se sometieron a freído durante aproximadamente 3-4 minutos, dando como resultado unos niveles de acrilamida de 300 ppb. En contraste, las muestras de prueba en las pruebas 5-7 125, 126, 127 produjeron todas concentraciones de acrilamida por debajo de 60 ppb después del freído al vacío a baja temperatura durante

20

25

aproximadamente 4 a 10 minutos a temperaturas que varían desde aproximadamente 100 a a aproximadamente 140°C (212-284°F) y presiones que varían desde aproximadamente 50 a aproximadamente 100 milibares. Como se puede ver de los datos, el freído al vacío a temperaturas reducidas redujo dramáticamente la cantidad de acrilamida formada. Adicionalmente, se formo poca o ninguna acrilamida cuando el producto es freído al vacío por debajo de una temperatura de aproximadamente 120°C (250°F) a través del proceso de cocción completo. Las pruebas 6 y 7 126, 127, por ejemplo muestran que el freído al vacío bajo aproximadamente 120°C (250°F) y a una temperatura no mayor de 100 milibares da como resultado virtualmente niveles no detectables (menos de aproximadamente 5 ppb) de acrilamida. La ventaja de freír bajo aproximadamente 120°C (250°F) es que se forma poca o ninguna acrilamida, mientras que el freído parcial a alta temperatura origina por lo menos que se forme algo de acrilamida. Sin embargo, temperaturas mayores de aproximadamente 120°C (250°F) se pueden utilizar cuando se emplea freído al vacío o freído final al vacío, mientras que se logra una concentración reducida de acrilamida en el producto final. Por ejemplo, en la prueba 5 125, el freído al vacío a aproximadamente 140°C (284°F) produjo un producto con un contenido de acrilamida de aproximadamente 53 ppb. Dado este resultado, parece probable que el freído al vacío o el freído al vacío solo puede producir productos que tienen menos de aproximadamente 100 ppb de acrilamida a una temperatura de hasta aproximadamente 143°C (290°F). Se debe tener en mente, sin embargo, que el freído al vacío en todo el proceso de cocción completa puede alterar significativamente la textura, la apariencia y el sabor del producto.

Para las líneas de producto horneadas que pueden involucrar pasabocas, cereales y otros productos a base de almidón o masa fabricados como se explicó anteriormente, la operación unitaria de cocción modificada puede comprender alternativamente horneado a baja temperatura para el proceso de cocción completo. El horneado a baja temperatura se puede efectuar en o por debajo de aproximadamente 120°C (250°F) de tal manera que se forma poca o ninguna acrilamida. Sin embargo, el horneado a temperatura más baja puede crear productos ligeramente coloreados, mientras que el horneado a temperatura mayor puede crear productos coloreados más oscuros. Así, la aplicabilidad del horneado a baja temperatura depende en parte de las características de color deseadas del producto final.

Esta invención contempla combinar las enseñanzas de ésta con relación a las varias manipulaciones de operaciones unitarias con el fin de lograr un nivel de acrilamida deseado en el producto final junto con las características del producto final deseadas.

Las combinaciones utilizadas dependen del producto de partida y el producto final deseado se puede ajustar por un experto en la técnica de acuerdo con las enseñanzas de ésta. El efecto del pH sobre la formación de acrilamida es otro factor que se puede considerar y combinar con las enseñanzas de ésta.

Se debe entender que los cambios en las características del producto final, tales como los cambios en el color, sabor, y consistencia se puede ajustar mediante varios medios. Por ejemplo, las características de color en los pedazos de papa se puede

ajustar al controlar la cantidad de azúcares en el producto de partida. Algunas de las características de sabor se pueden cambiar mediante la adición de varios agentes saborizantes en el producto final. La textura física del producto se puede ajustar
5 mediante, por ejemplo, la adición de agentes salientes o varios emulsificadores.

Mientras que la invención se ha mostrado y descrito particularmente con referencia a una o más modalidades, se
10 entenderá por aquellos expertos en la técnica que varias aproximaciones a la reducción de la acrilamida en alimentos térmicamente procesados se puede hacer sin apartarse del espíritu y alcance de esta invención. Por ejemplo, mientras que se ha descrito un proceso aquí con relación a los productos de papa, el
15 proceso se puede utilizar para procesar productos alimenticios hechos de maíz, cebada, trigo, centeno, arroz, avena, mijo y otros granos a base de almidón. Además de los pedazos de papa, la invención se puede utilizar para elaborar pedazos de maíz u otros
tipos de pedazos de pasabocas, así como también en cereales,
20 galletas, crackers, pretzels duros, pan y rollos, y el empanizado para carnes apanadas. En cada uno de estos alimentos, el método de la presente invención para manipular una o más operaciones unitarias se puede combinar con otras estrategias para la reducción de acrilamida para producir un nivel de acrilamida
25 aceptable sin afectar adversamente el sabor, color, olor u otras características de un alimento individual.

REIVINDICACIONES

1. Un método para reducir la asparagina en un producto alimenticio que comprende las etapas de:

5

(a) suministrar continuamente un alimento de papa no tratada que tiene la primera concentración de asparagina;

10

(b) lixiviar la asparagina de dicho alimento de papa no tratado con un extracto de papa deficiente en asparagina, formando de esta manera:

un extracto pos-lavado que contiene asparagina, y

15

una corriente de papa tratada que tiene una segunda concentración de asparagina que es menor que la primera concentración.

- 20 2. El método para reducir la asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 1 en donde dicho lixiviado en la etapa (b) comprende además lixiviado en contracorriente.

- 25 3. El método para reducir la asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 1 en donde la etapa (b) se efectúa utilizando un extractor tipo tornillo.

4. El método para reducir la asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 1 en donde la etapa (b) se efectúa utilizando un extractor tipo tanque de lavado.

5 5. El método para reducir la asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 1 en donde la etapa (b) se efectúa utilizando un extractor de precolación tipo Bollman.

10 6. El método para reducir asparagina en un producto alimenticio en la reivindicación 1 en donde dicho extracto de papa deficiente en asparagina y dicho alimento de papa no tratado están en equilibrio uno con el otro con respecto a las concentraciones de materia soluble en agua
15 diferentes de asparagina.

7. El método para reducir asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 1 que comprende además las etapas de:

20

(c) remover la asparagina de dicho extracto pos-lavado con por lo menos una unidad de remoción de asparagina, regenerando de esta manera dicho extracto de papa deficiente en asparagina;

25

(d) reutilizar dicho extracto de papa deficiente en asparagina en la etapa (b).

8. El método para reducir la asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 7 en donde dicho alimento de papa no tratado contiene además almidón, la etapa (b) comprende además lixiviar dicho alimento de papa no tratado con dicho extracto de papa deficiente en asparagina, dicho extracto pos-lavado contiene además almidón, y la etapa (c) comprende además remover el almidón de dicho extracto pos-lavado con una unidad de remoción de almidón.

9. El método para reducir asparagina en un producto o alimenticio de la reivindicación 7 en donde la etapa (c) comprende además percolar dicho extracto pos-lavado a través de una columna de extracción rellena con una resina de intercambio de ion.

10. El método para reducir la asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 7 en donde la etapa (c) comprende además percolar dicho extracto pos-lavado a través de una columna de extracción rellena con una resina de asparaginasa inmovilizada.

11. El método de la reivindicación 10 que comprende además la etapa de remover amoníaco de dicho extracto de papa deficiente en asparagina.

12. El método de la reivindicación 7 en donde una cantidad efectiva de asparaginasa se agrega a dicho extracto pos-lavado en la etapa (c) de tal manera que dicho extracto de

papa deficiente en asparagina comprende menos de aproximadamente 50% de la concentración de asparagina en dicho extracto pos-lavado.

5 13. El método de la reivindicación 12 que comprende además la etapa de remover amoníaco de dicho extracto de papa deficiente en asparagina.

10 14. El método de la reivindicación 1 en donde dicha corriente de papa tratada comprende tajadas de papa y en donde dichas tajadas de papa son freídas parcialmente en aceite de cocción que tiene una temperatura por encima de aproximadamente 120°C hasta que dichas tajadas de papa tienen un contenido de humedad de entre aproximadamente 3%
15 en peso y aproximadamente 10% en peso formando de esta manera una pluralidad de tajadas de papa freídas parcialmente, y

20 cocinar dichas tajadas de papas freídas parcialmente a por lo menos aproximadamente 120°C hasta que dichas tajadas de papa freídas parcialmente tienen un contenido de humedad final que varia desde aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 2% en peso formando de esta manera la pluralidad de pedazos de papa que tienen una
25 concentración reducida de acrilamida.

15. Un método para reducir la asparagina en un producto alimenticio que comprende las etapas de:

(a) suministrar continuamente un alimento de papa sustancialmente no tratado en donde alimento de papa no tratado contiene asparagina;

5 (b) lixiviar los solutos solubles en agua de dicho alimento de papa no tratado con una corriente de agua pura, formando de esta manera un extracto pos-lavado que contiene asparagina, así como también una corriente de papa tratada que tiene niveles reducidos de
10 asparagina.

(c) remover la asparagina de dicho extracto pos-lavado con por lo menos una unidad de remoción de asparagina formando de esta manera un extracto de papa deficiente
15 en asparagina;

(d) regresar a por lo menos una porción de los solutos solubles en agua previamente extraídos de dicho extracto de papa deficiente en asparagina a dichas
20 papas tratadas.

16. El método para reducir la asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 15 en donde dicho alimento de papa no tratado contiene además almidón, la
25 etapa (b) comprende además lixiviar dicho alimento de papa no tratado con dicha corriente de agua pura.

17. El método para reducir la asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 15 en donde dicha

lixiviación de la etapa (b) comprende además lixiviación en contracorriente y la etapa (d) se efectúa al poner en contacto en contracorriente dichas papas tratadas con dicho extracto de papa deficiente en asparagina.

5

18. El método de reducir la asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 17 en donde la etapa (b) se efectúa utilizando un extractor tipo tornillo.

10 19. El método para reducir la asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 17 en donde la etapa (b) se efectúa utilizando un extractor tipo tanque de lavado.

15 20. El método para reducir asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 17 en donde la etapa (d) se efectúa utilizando un extractor de precolación tipo Bollman.

20 21. El método para reducir asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 15 en donde la etapa (b) se efectúa utilizando un extractor tipo tornillo.

25 22. El método para reducir asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 15 en donde la etapa (b) se efectúa utilizando un extractor tipo tanque de lavado.

23. El método para reducir asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 15 en donde la etapa (b)

se efectúa utilizando un extractor de percolación tipo Bollman.

24. El método para reducir asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 15 en donde la etapa (c) comprende además percolar dicho extracto pos-lavado a través de una columna de extracción rellena con una resina de intercambio de ion.
25. El método de la reivindicación 24 que comprende además la etapa de remover amoníaco de dicho extracto de papa deficiente en asparagina.
26. El método para reducir asparagina de la reivindicación 15 en donde la unidad de remoción en la etapa (c) comprende un extracto de pos-lavado y un extracto de papa deficiente en asparagina en donde la etapa (c) comprende además agregar una cantidad efectiva de asparaginasa de tal manera que dicho extracto de papa deficiente en asparagina comprende menos de aproximadamente 50% en peso de la concentración de asparagina en dicho extracto pos-lavado.
27. El método de la reivindicación 26 que comprende además la etapa de remover dicho amoníaco de dicho extracto de papa deficiente en asparagina.
28. El método de la reivindicación 15 en donde dicha corriente de papa tratada comprende tajadas de papa y en donde dichas tajadas de papa son freídas parcialmente en aceite

de cocción que tiene una temperatura por encima de aproximadamente 120°C hasta que dichas tajadas de papa tienen un contenido de humedad de entre aproximadamente 3% en peso y aproximadamente 10% en peso formando de esta manera una pluralidad de tajadas de papa freídas parcialmente, y

cocinar dichas tajadas de papa freídas parcialmente a menos de aproximadamente 120°C hasta que dicha tajadas de papa freídas parcialmente tienen un contenido de humedad final que varia desde aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 2% en peso formando de esta manera una pluralidad de tajadas de papa que tienen una concentración de acrilamida reducida.

29. Un método para reducir la acrilamida en un producto alimenticio térmicamente procesado que comprende las etapas de:

a) suministrar una pluralidad de tajadas de papa no tratadas que tienen una primera concentración de asparagina;

b) lixiviar selectivamente la asparagina de dichas tajadas de papa con un extracto de papa deficiente en asparagina para elaborar una pluralidad de tajadas de papa tratadas que tienen la segunda concentración de asparagina que es menor que dicha primera concentración;

c) procesar térmicamente dichas tajadas de papa a una temperatura de más de aproximadamente 120°C.

- 5 30. El método de la reivindicación 29 en donde dicha
lixiviación de la etapa (b) ocurre durante por lo menos 15
minutos.
- 10 31. El método de la reivindicación 29 en donde extracto de
papa deficiente en asparagina se calienta a una
temperatura de entre aproximadamente 100°F y
aproximadamente 150°F.
- 15 32. El método de la reivindicación 29 en donde dicho extracto
de papa deficiente en asparagina en la etapa b) comprende
entre aproximadamente 0.5 gramos y aproximadamente 2
gramos de papa cruda por 1 mL de solución agregada.
- 20 33. El método de la reivindicación 29 en donde dicho extracto
de papa deficiente en asparagina comprende entre
aproximadamente 3000 unidades a aproximadamente 100,000
unidades de asparaginasa por 1.4 litros de dicho extracto
de papa deficiente en asparagina.
- 25 34. Un método para reducir la asparagina en un ingrediente
alimenticio que comprende las etapas de:

a) suministrar un ingrediente alimenticio que tiene una
primera concentración de asparagina; y

b) lixiviar selectivamente la asparagina de dicho ingrediente alimenticio con un extracto alimenticio deficiente en asparagina, de tal manera que el
5 ingrediente alimenticio tiene una segunda concentración de asparagina que es menor que dicha primera concentración;

35. El método de la reivindicación 34 en donde dicha
10 lixiviación en la etapa b) ocurre durante por lo menos 15 minutos.

36. El método de la reivindicación 34 en donde dicho extracto alimenticio deficiente en asparagina se calienta a una
15 temperatura de entre aproximadamente 100°F y aproximadamente 150°F.

37. El método de la reivindicación 34 en donde dicho extracto de alimento deficiente en asparagina en la etapa b)
20 comprende entre aproximadamente 0.5 gramos y aproximadamente 2 gramos de materia de alimento crudo por 1 mL de la solución agregada.

38. El método de la reivindicación 34 en donde dicho extracto de alimento deficiente en asparagina comprende entre
25 aproximadamente 3000 unidades a aproximadamente 100,000 unidades de asparaginasa por kilogramo de alimento crudo utilizado para hacer dicho extracto de alimento deficiente en asparagina.

39. El método de la reivindicación 34 en donde dicho ingrediente alimenticio comprende un ingrediente alimenticio tajado.

5

40. El método de la reivindicación 39 en donde dicho ingrediente alimenticio tajado comprende papa.

10

41. El método de la reivindicación 34 en donde dicho ingrediente alimenticio comprende papas a la Francesa.

42. El método de la reivindicación 34 que comprende uno o más ingrediente seleccionados de arroz, trigo, maíz, cebada, soya, avena y granos de cacao tostados.

MÉTODO PARA REDUCIR LA FORMACIÓN DE ACRILAMIDA EN ALIMENTOSTÉRMICAMENTE PROCESADOS

RESUMEN

5

Un método para reducir la cantidad de asparagina, un precursor de la acrilamida los productos alimenticios que son térmicamente procesados. Esta invención permite la producción de alimentos que tienen niveles significativamente reducidos de acrilamida. El

10 método se hace al poner en contacto un alimento de papa. Tal como tajadas de papa que contienen asparagina, un precursor de la acrilamida, con una solución lixivante para extraer la asparagina hacia afuera del alimento de papa. El procesamiento térmico de las papas lixiviadas dará como resultado un producto
15 de papa que tiene un nivel inferior al de la acrilamida que el producto de papa térmicamente procesado no lixiviado.

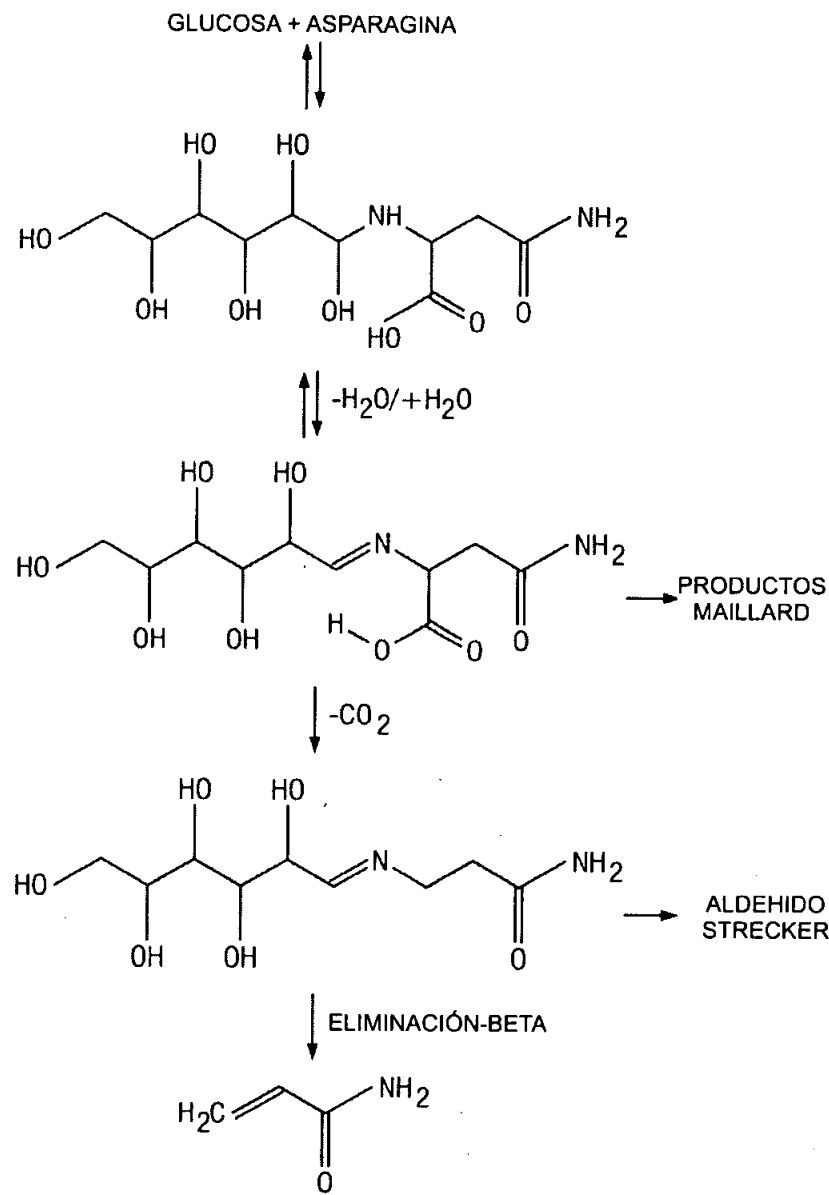


FIG. 1

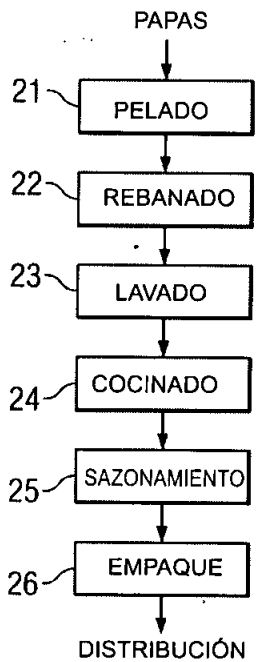
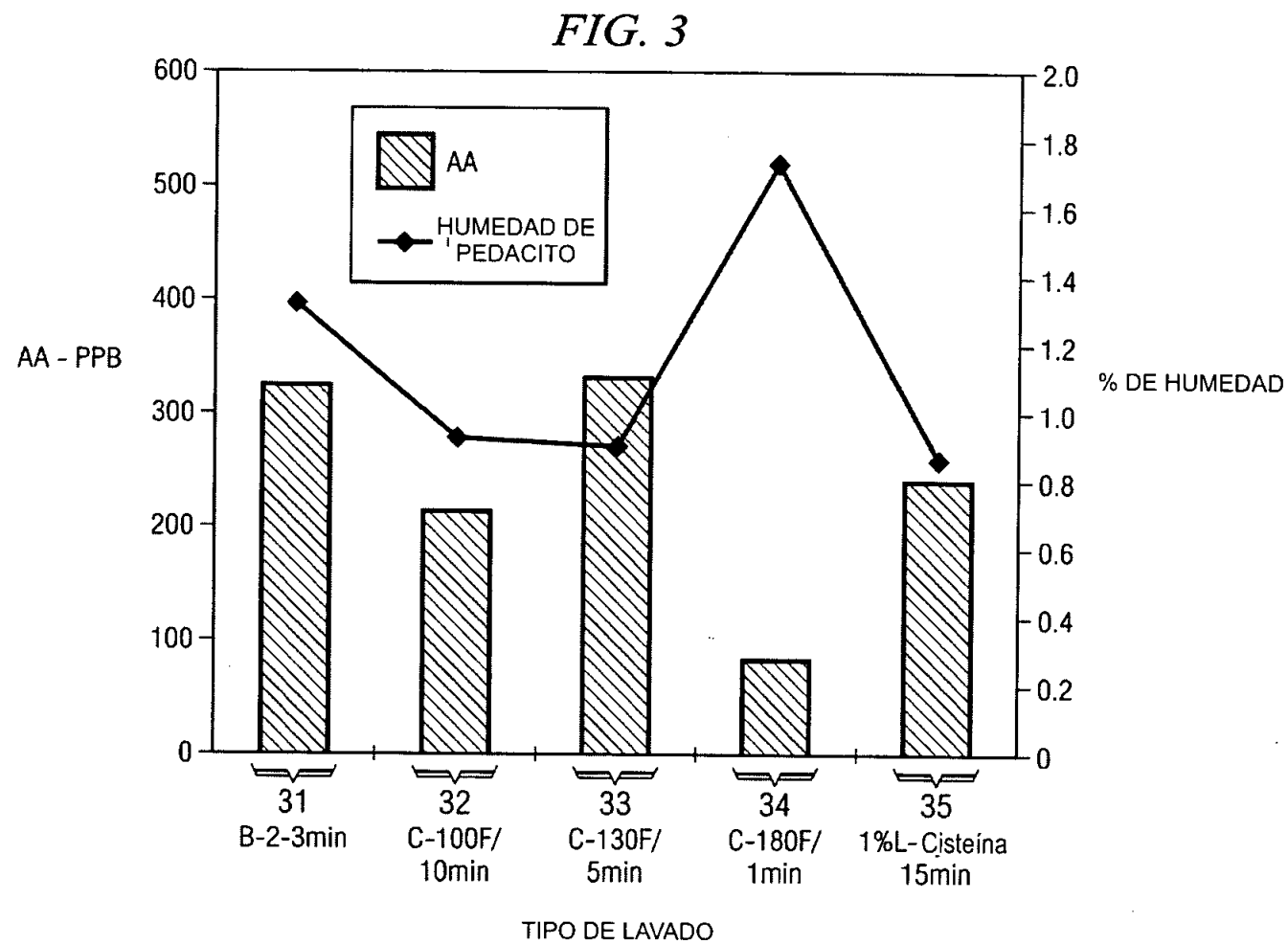
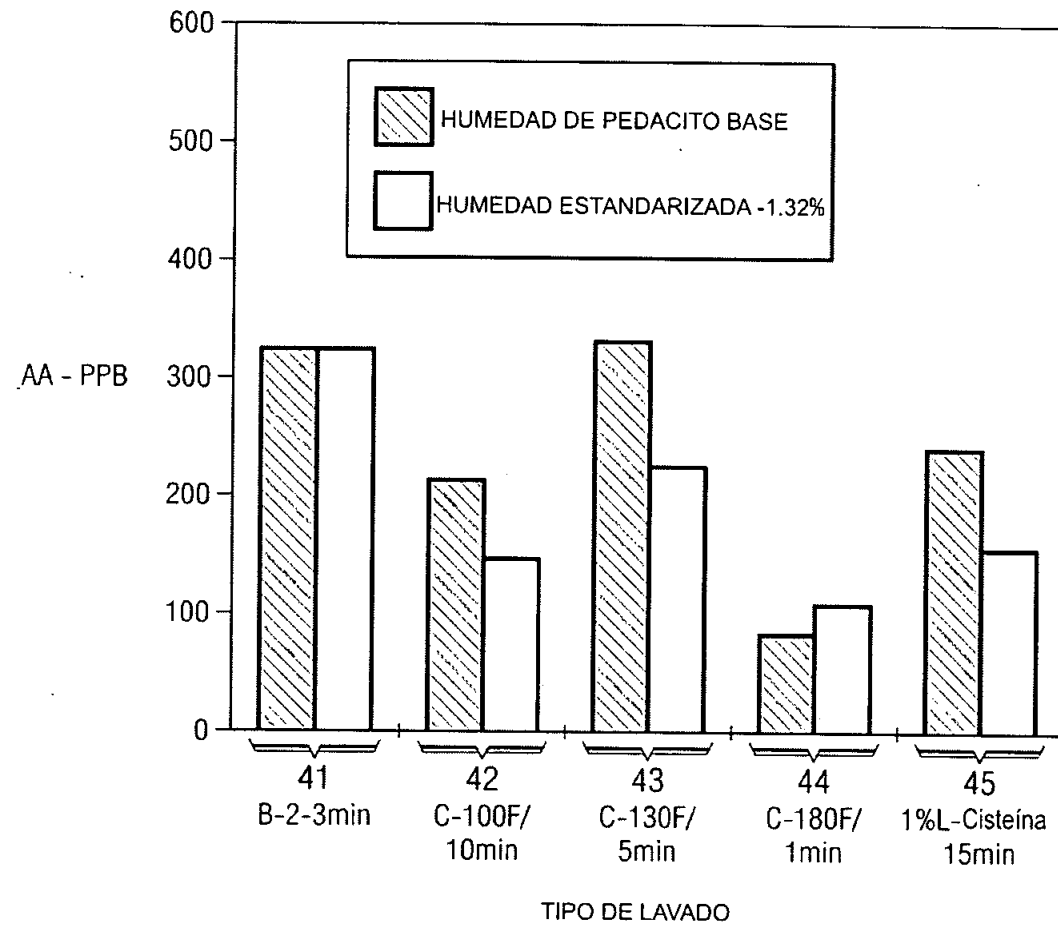


FIG. 2
(TÉCNICA ANTERIOR)



2/12

FIG. 4



3/12

4/12

FIG. 5

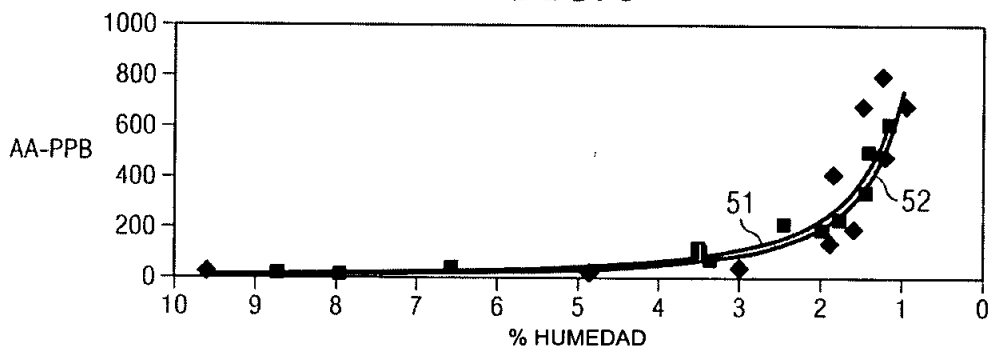


FIG. 6

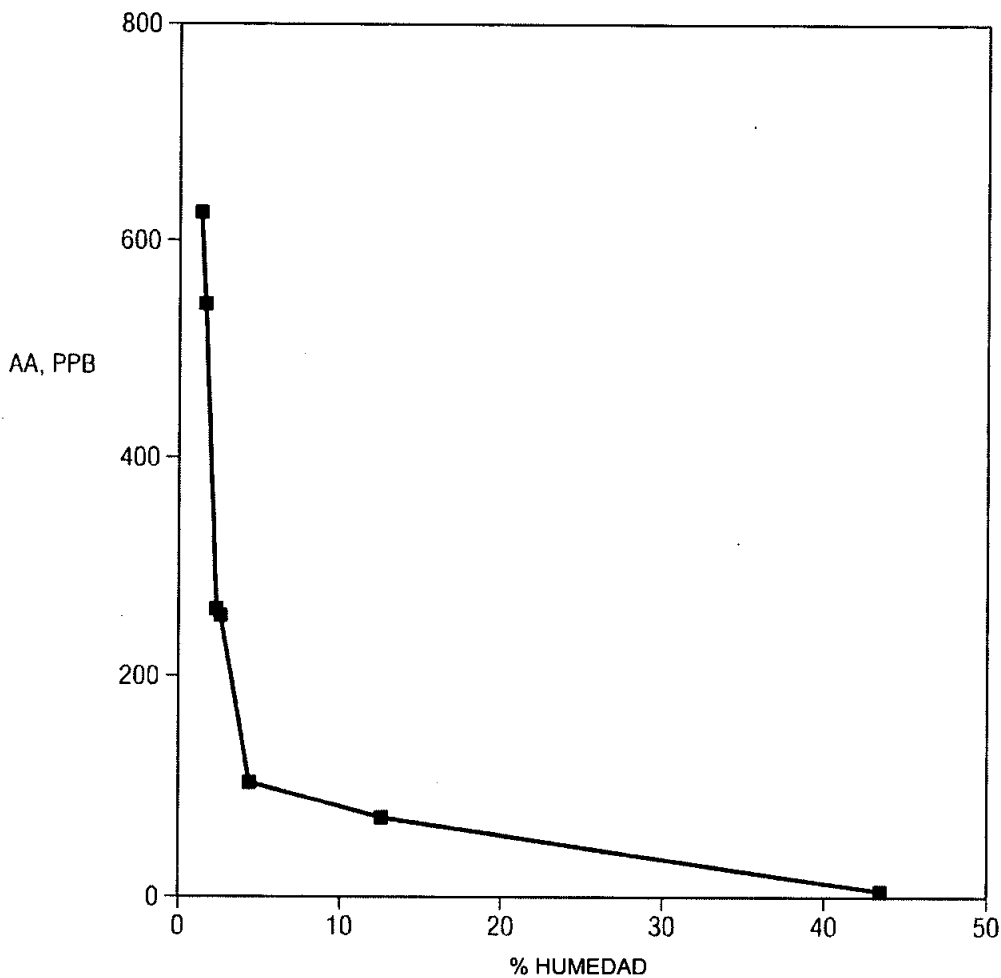
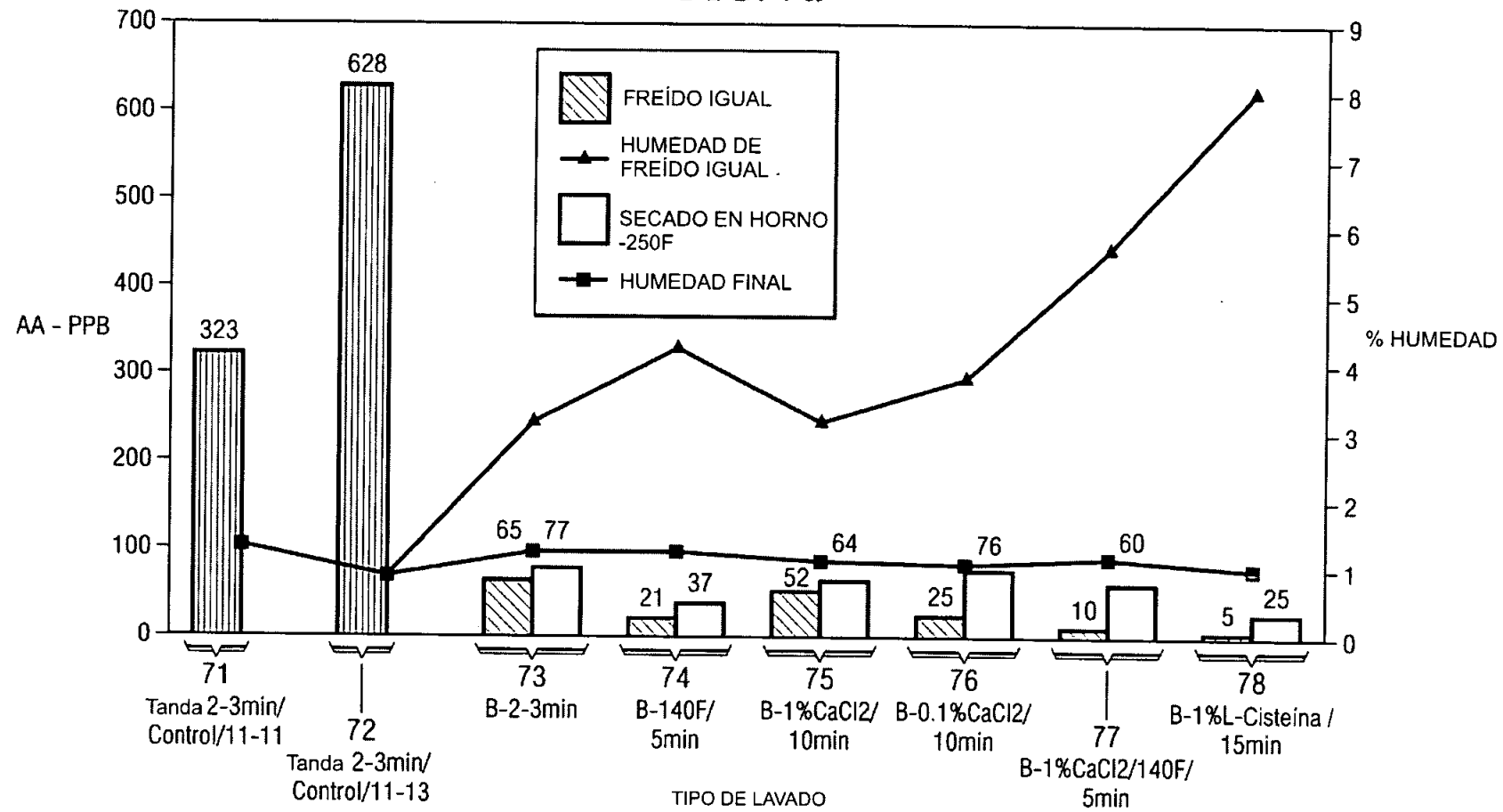


FIG. 7a



5/12

FIG. 7b

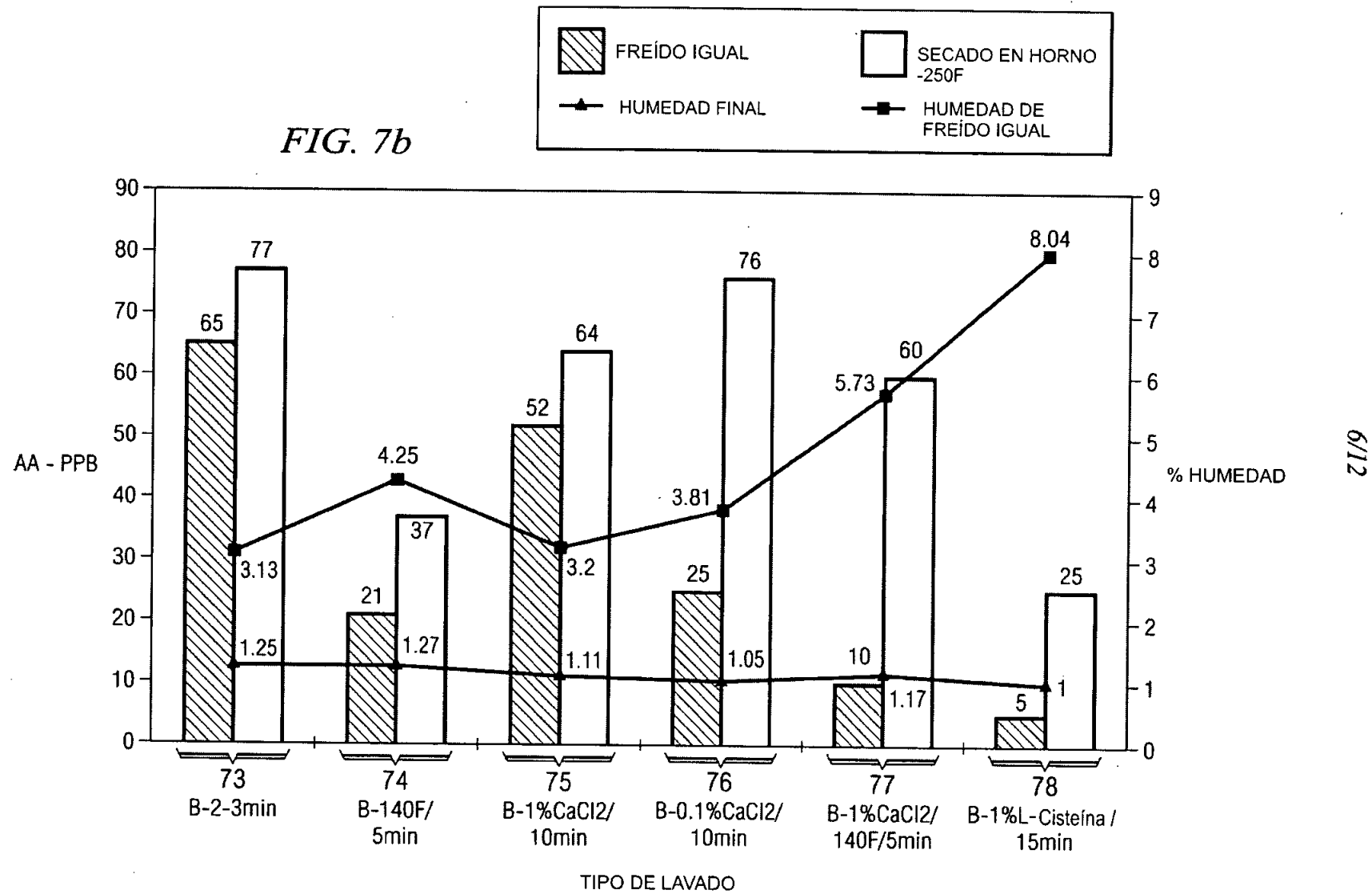


FIG. 8

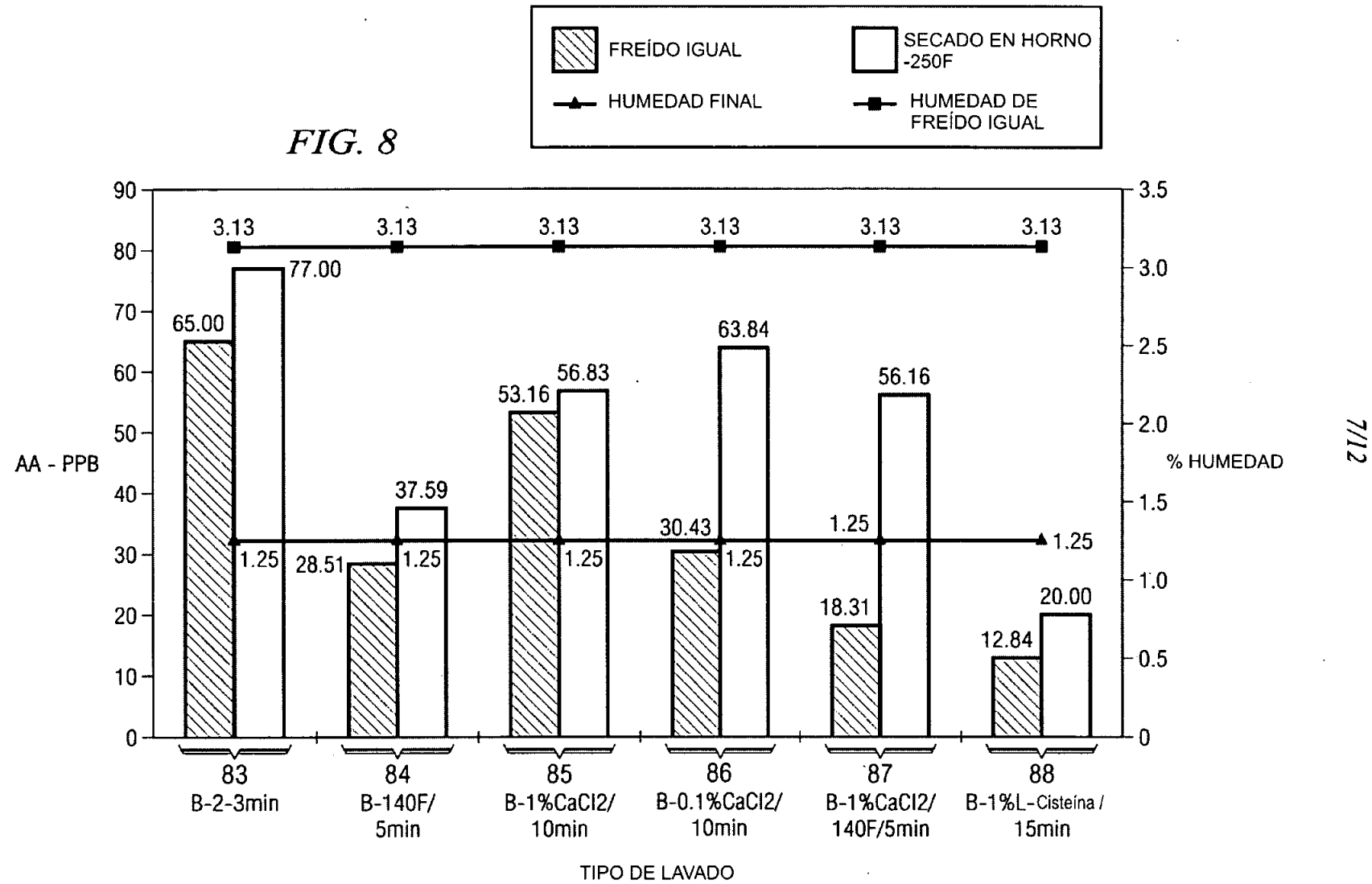
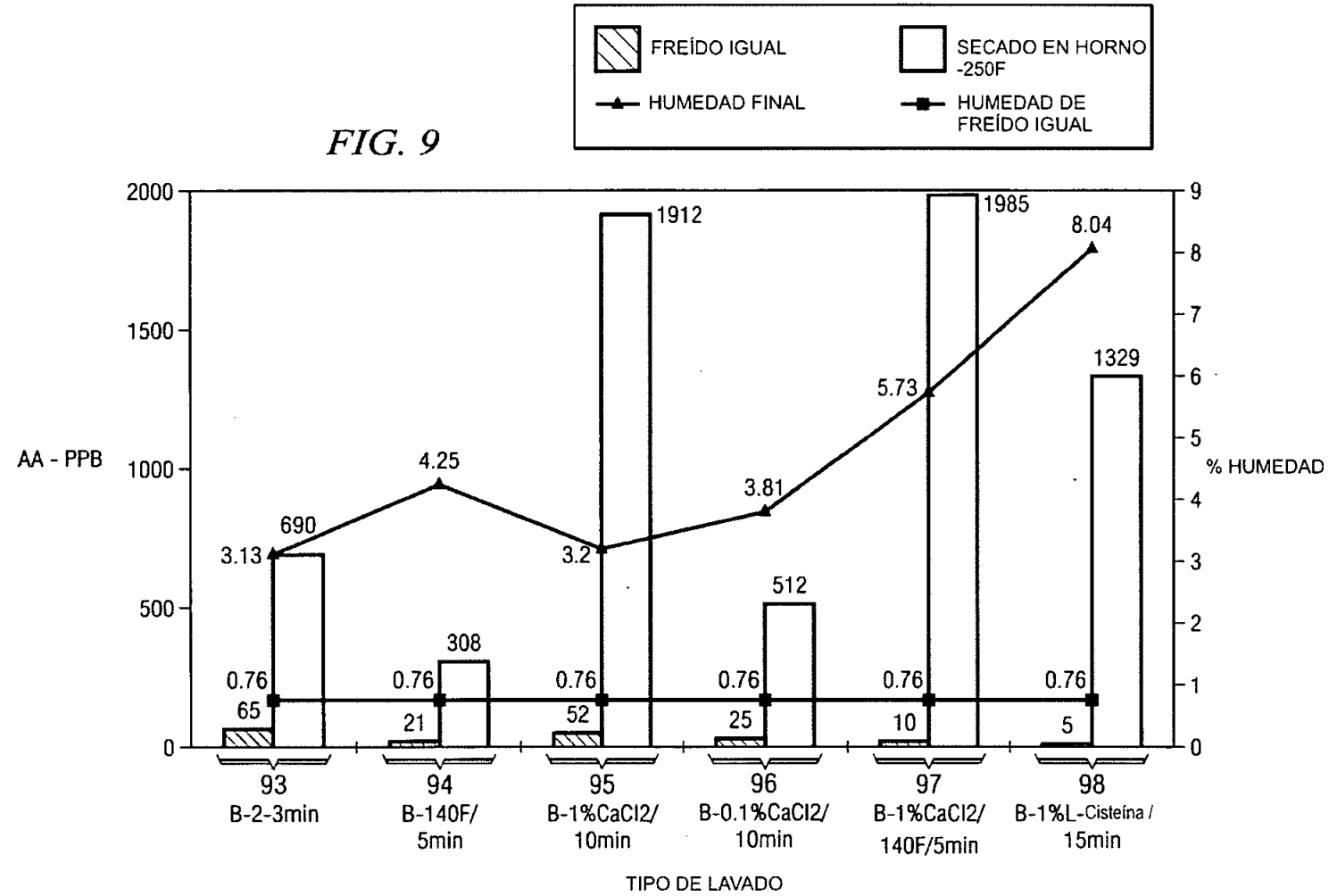


FIG. 9



8/12

9/12

FIG. 10

PARÁMETRO	CONTROL	PRUEBA
TEMPERATURA DE ACEITE DE ENTRADA EN EL FREIDOR, C	179	174
TIEMPO DE REPOSO DE REBANADA EN EL FREIDOR, SEG	190	190
TEMPERATURA DE ACEITE DE SALIDA DEL FREIDOR, C	154	149
HUMEDAD DE REBANADA EN LA SALIDA DEL FREIDOR % EN PESO	1.4	2.5
TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO FINAL, C	NO UTILIZADO	110
TIEMPO DE REPOSO DE REBANADA FREIDA IGUAL EN SECADO TERMINADO, SEG	NO UTILIZADO	360
HUMEDAD DE PEDACITO SECO TERMINADO EN LA SALIDA DEL SECADOR % EN PESO	NO APLICABLE	1.4
NIVEL AA DE PEDACITO TERMINADO, PPB	640	160

FIG. 12

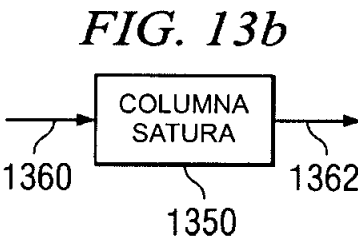
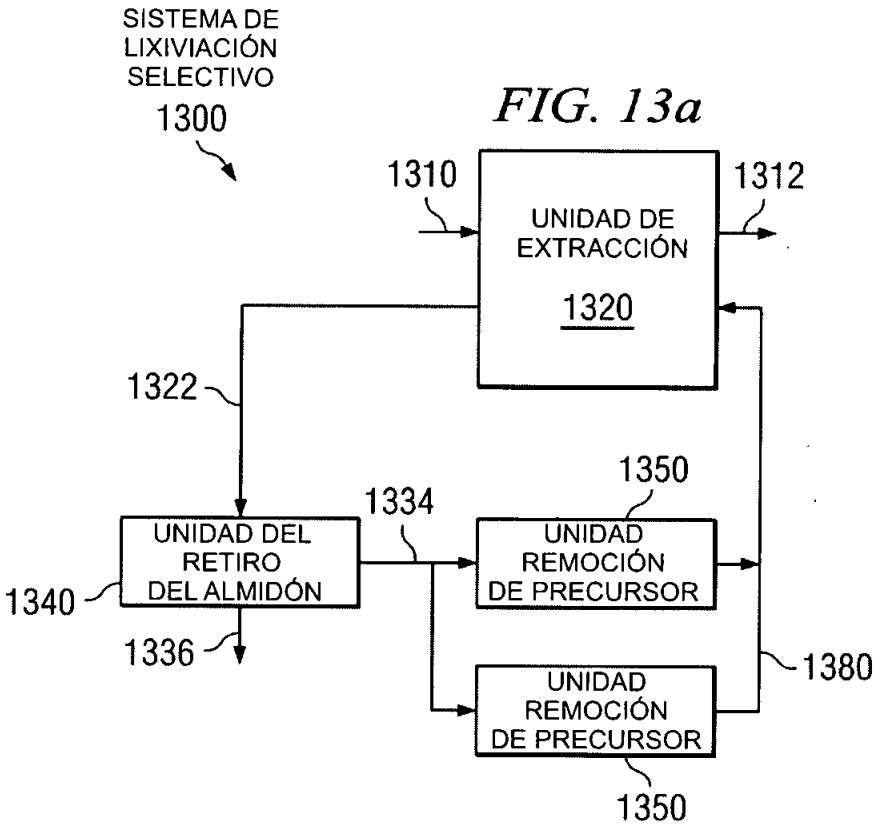
PRUEBA	TEMPERATURA DE ACEITE INICIAL , C	PRESIÓN DE FRITO, MBAR	TIEMPO DE FRITO, SEG	HUMEDAD DE PEDACITO TERMINADO, WT%	PEDACITO AA FINAL, PPB
121- 1	180	ATMOSFÉRICA	185	1.28	470
122- 2	175	ATMOSFÉRICA	205	1.59	350
123- 3	170	ATMOSFÉRICA	215	1.6	610
124- 4	165	ATMOSFÉRICA	240	1.57	350
125- 5	140	100	240	1.6	53
126- 6	120	100	300	1.8	<5
127- 7	100	50	600	1.6	<5

PARÁMETRO	CONTROL	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4
TEMPERATURA DE ACEITE DE FREIDOR IGUAL INICIAL C	177	177	177	177	177
PRESIÓN DE FRITO IGUAL	ATMOSFÉRICA	ATMOSFÉRICA	ATMOSFÉRICA	ATMOSFÉRICA	ATMOSFÉRICA
TIEMPO DE FRITO IGUAL	153	101	76	63	43
HUMEDAD DE REBANADA FRITA IGUAL, % EN PESO	0.83	3	5	7.5	10
TEMPERATURA DE ACEITE FREÍDO TERMINADA, C	FREÍDO NO TERMINADO	120	120	120	120
PRESIÓN DE FREÍDO TERMINADO, MBAR	FREÍDO NO TERMINADO	100	100	100	100
TIEMPO DE FREÍDO TERMINADO, SEG	FREÍDO NO TERMINADO	44	85	101	118
HUMEDAD DE PEDACITO TERMINADO, % EN PESO	0.83 (IGUAL COMO HUMEDAD DE FREÍDO IGUAL)	0.71	0.74	0.82	0.96
PEDACITO TERMINADO AA, PPB	370	220	48	34	13
% DE CONTENIDO DE ACEITE DE PEDACITO TERMINADO	49.8	47.5	44.4	44.8	42.5

FIG. 11

10/12

11/12



12/12

SISTEMA DE
LIXIVIADO
NO SELECTIVO
1400

FIG. 14

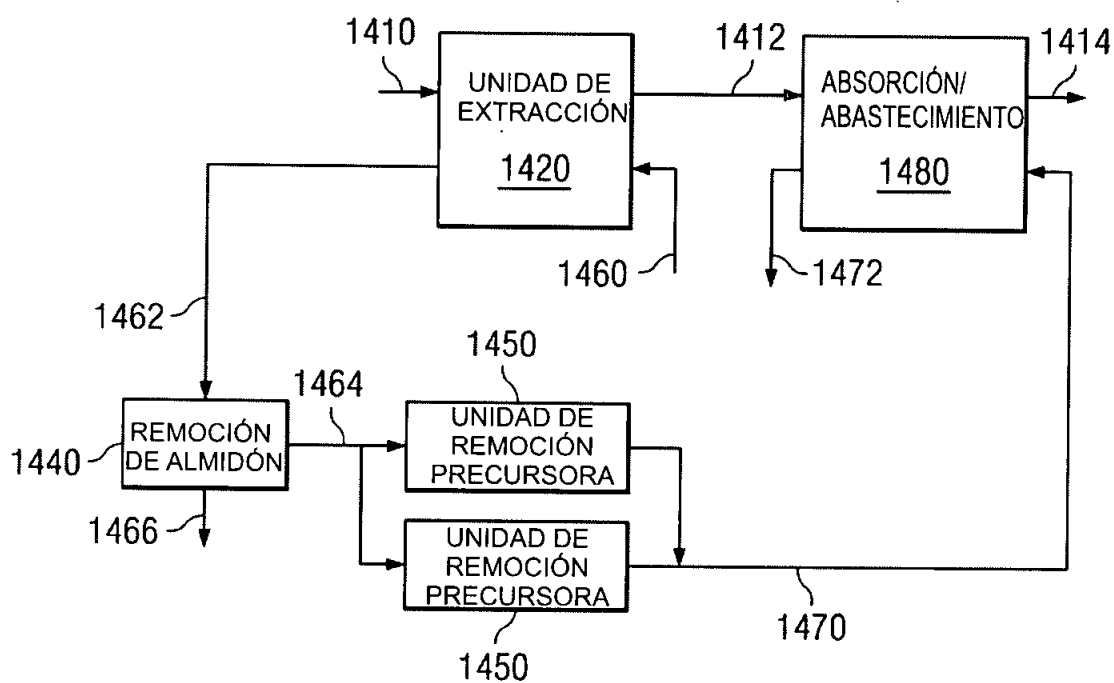
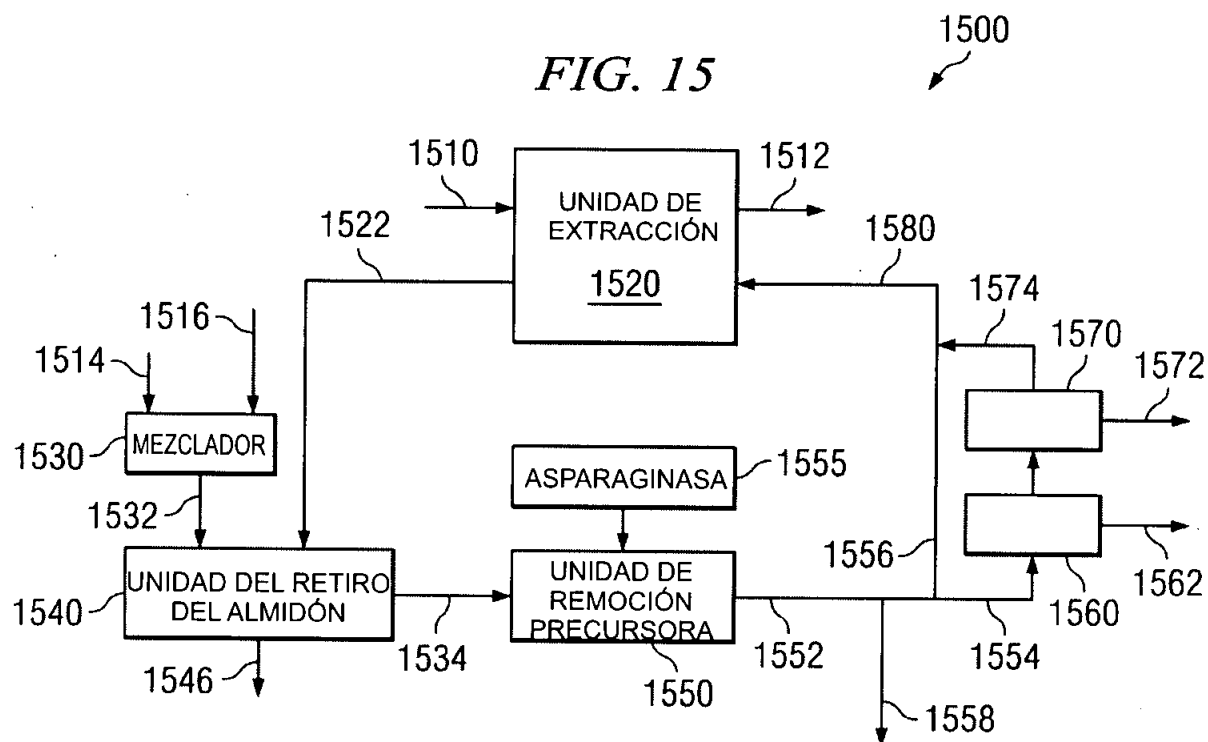


FIG. 15



TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES

SOLICITANTE: FRITO-LAY NORTH AMÉRICA, INC.

FECHA DE PRIORIDAD: 26 de enero de 2007

INVENCION: Método para Reducir la Formación de Acrilamida en Alimentos Térmicamente Procesados

U.S. SERIAL NO: 11/627,810

FECHA DE PRESENTACIÓN INTERNACIONAL: 16 de enero de (16.01.2008)

SERIE INTERNACIONAL NO: PCT/US2008/51578

FUNCIONARIO AUTORIZADO:

Lee W. Young

Fax No. 571-273-3201

Teléfono No. 571-272-77-74

REFERENCIA NO: CFLAY.00344PCT

RESPUESTA A LAS OPINIONES ESCRITAS Y LAS SUBSIGUIENTESCORRECCIONES AL ARTÍCULO 34 DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA
DE PATENTES

De acuerdo con el Artículo 34 del Tratado de Cooperación de Patentes y para colocar las reivindicaciones arriba identificadas de la solicitud en una mejor condición antes de que se establezca el Reporte del Examen Preliminar Internacional, el Solicitante ofrece las siguientes Correcciones y Observaciones.

COMENTARIOS

Favor retire las hojas originales 67, 70 y 73-76 de la solicitud pendiente. Favor sustituya la hoja de reemplazo incluida R67, R70, R73 hasta R77 en la solicitud pendiente. Las hojas de reemplazo incluidas R 67, R70 y R73 hasta R77 contienen correcciones de las Reivindicaciones. Las hojas de reemplazo incluidas reflejan las correcciones de las Reivindicaciones 1, 15, 29 y 36-42. La Reivindicación 35 se canceló.

Esto es una respuesta oportuna a la Opinión Escrita publicada en esta materia el 21 de mayo de 2008, y coloca las reivindicaciones de la solicitud arriba identificadas en una mejor condición para el Examen Preliminar Internacional. El Solicitante ofrece las siguientes réplicas:

Correcciones a las Reivindicaciones se reflejan en la lista de reivindicaciones que empieza en la página 2 de este documento.

Comentarios empiezan en la página 11 de este documento.

Conclusión comienza en la página 8 de este documento.

Reivindicaciones de la Solicitud originalmente presentada

1. (Actualmente corregida) Un método para reducir asparagina en un producto alimenticio que comprende las etapas de:

- (a) suministrar continuamente un alimento de papa no tratado que tiene una primera concentración de asparagina; y
- (b) lixiviar la asparagina de dicho alimento de papa no tratado con un extracto de papa deficiente en asparagina que tiene una temperatura de entre aproximadamente 100°F y aproximadamente 150°F, que por consiguiente forma:

un extracto de post lavado que contiene asparagina, y
un flujo de papa tratado que tiene una segunda concentración de asparagina que es menor que dicha primera concentración.

2. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 1 en donde dicha lixiviación de la etapa (b) comprende además lixiviación contracorriente.
3. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 1 en donde la etapa (b) se lleva a cabo utilizando un extractor del tipo tornillo.

4. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 1 en donde la etapa (b) se lleva a cabo utilizando un extractor del tipo tanque de lavado.
5. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 1 en donde la etapa (b) se lleva a cabo utilizando un extractor de precolación del tipo Bollman.
6. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 1 en donde dicho extracto de papa deficiente en asparagina y dicho alimento de papa no tratado están en equilibrio uno con respecto al otro a la concentración de materia soluble en agua diferente que asparagina.
7. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 1 que comprende además las etapas de:
 - (c) remover la asparagina de dicho extracto de post lavado con almenos una unidad de remoción, por consiguiente regenerando dicho extracto de papa deficiente en asparagina;
 - (d) reutilizar dicho extracto de papa deficiente en asparagina en la etapa (b).
8. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 7 en donde dicho

alimento de papa no tratado contiene almidón, la etapa (b) comprende además lixiviar el almidón de dicho alimento de papa no tratado con dicho extracto de papa deficiente en asparagina, dicho extracto de post lavado contiene además almidón, y la etapa (c) comprende además remover el almidón de dicho extracto de post lavado con una unidad de remoción de almidón.

9. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 7 en donde la etapa © comprende además precolar dicho extracto de post lavado a través de una columna de extracción llena con una resina de intercambio de ion.
10. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 7 en donde la etapa (c) comprende además precolar dicho extracto de post lavado a través de una columna de extracción llena con una resina de asparaginasa inmovilizada.
11. (Original) El método de la reivindicación 10 que comprende además la etapa de remoción de amoníaco de dicho extracto de papa deficiente en asparagina.
12. (Original) El método de la reivindicación 7 en donde una cantidad efectiva de asparagina se añade a dicho extracto de post lavado en la etapa c) tal que dicho extracto de papa deficiente en asparagina comprende menos de aproximadamente

50% de concentración de asparagina en dicho extracto de post lavado.

13. (Original) El método de la reivindicación 12 que comprende además la etapa de remoción de amoníaco de dicho extracto de papa deficiente en asparagina.
14. (Original) El método de la reivindicación 1 en donde dicho flujo de papa tratado comprende rebanadas de papa y en donde dichas rebanadas de papa se fríen a la par en un aceite de cocina que tiene una temperatura sobre aproximadamente 120°C hasta que dichas rebanadas de papa tengan un contenido de humedad de entre aproximadamente 3% por peso y aproximadamente 10% por peso formando por consiguiente una pluralidad de rebanadas de papa freídas a la par, y cocinar dichas rebanadas de papa freídas a la par a menos de aproximadamente 120°C hasta que dichas rebanadas de papa freídas a la par tengan un contenido de humedad que va desde aproximadamente 1% por peso hasta aproximadamente 2% por peso formando por consiguiente una pluralidad de pedacitos de papa que tienen una concentración de acrilamida reducida.
15. (Actualmente Corregida) Un método para reducir asparagina en un producto alimenticio que comprende las etapas de:
 - (a) suministrar continuamente un alimento de papa sustancialmente no tratado en donde dicho alimento de papa no tratado contiene asparagina;

- (b) lixiviar solutos solubles en agua de dicho alimento de papa no tratado con un flujo de agua pura, por consiguiente formando un extracto de post lavado que contiene asparagina, así como también un flujo de papa tratado que tiene un nivel reducido de asparagina;
 - (c) remover la asparagina de dicho extracto de post lavado con al menos una unidad de remoción de asparagina formando por consiguiente un extracto de papa deficiente en asparagina;
 - (d) regresar al menos una porción de los solutos solubles en agua previamente extraídos de dicho extracto de papa deficiente en asparagina a dichas papas tratadas, en donde la etapa (d) ocurre con una unidad de absorción/reabastecimiento hasta que se alcance un estado balanceado.
16. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 15 en donde dicho alimento de papa no tratado contiene además almidón, la etapa (b) comprende además lixiviar el almidón de dicho alimento de papa no tratado con dicho flujo de agua pura.
17. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 15 en donde dicha lixiviación de la etapa (b) comprende además lixiviación contracorriente, y la etapa (d) se lleva a cabo por una contracorriente que contacta dichas papas tratadas con dicho extracto de papa deficiente en asparagina.

18. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 17 en donde la etapa (d) se lleva a cabo utilizando un extractor del tipo tornillo.
19. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 17 en donde la etapa (d) se lleva a cabo utilizando un extractor del tipo tanque de lavado.
20. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 17 en donde la etapa (d) se lleva a cabo utilizando un extractor de precolación del tipo Bollman.
21. El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 15 en donde la etapa (b) se lleva a cabo utilizando un extractor del tipo tornillo.
22. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 15 en donde la etapa (b) se lleva a cabo utilizando un extractor del tipo tanque de lavado.
23. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 15 en donde la etapa (b) se lleva a cabo utilizando un extractor de colación del tipo Bollman.

24. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 15 en donde (c) comprende además precolación de dicho extracto de post lavado a través de una columna de extracción llenada con una resina de intercambio de ion.
25. (Original) El método de la reivindicación 24 que comprende además la etapa de remoción de amoníaco de dicho extracto de papa deficiente en asparagina.
26. (Original) El método para reducir asparaginasa en un producto alimenticio de la Reivindicación 15 en donde la unidad de remoción en la etapa c) comprende extracto de post lavado y un extracto de papa deficiente en asparagina en donde la etapa c) comprende además añadir una cantidad efectiva de asparagina tal que dicho extracto de papa deficiente en asparagina comprende menos de aproximadamente 50% de concentración de asparagina en dicho extracto de post lavado.
27. (Original) El método de la reivindicación 26 que comprende además la etapa de remoción de amoníaco de dicho extracto de papa deficiente en asparagina.
28. (Original) El método de la reivindicación 15 en donde dicho flujo de papa tratado comprende rebanadas de papa y en donde dichas rebanadas de papa se fríen a la par en aceite de cocina que tiene una temperatura de sobre aproximadamente 120°C hasta que dichas rebanadas de papa tengan un contenido

de humedad de entre aproximadamente 3% por peso y aproximadamente 10% por peso formando por consiguiente una pluralidad de rebanadas de papa freídas a la par, y cocinar dichas rebanadas de papa freídas a la par en menos de aproximadamente 120°C hasta que dichas rebanadas de freídas a la par tengan un contenido final de humedad que va desde aproximadamente 1% por peso a aproximadamente 2% por peso formando por consiguiente una pluralidad de pedacitos de papa que tienen una concentración de acrilamida reducida.

29. (Actualmente Corregida) Un método para reducir la acrilamida en un producto alimenticio procesado térmicamente que comprende las etapas de:
- a) suministrar una pluralidad de rebanadas de papa no tratadas que tienen una primera concentración de asparagina;
 - b) lixiviar selectivamente la asparagina de dichas rebanadas de papa con un extracto de papa deficiente en asparagina para hacer una pluralidad de rebanadas de papa tratadas que tienen una segunda concentración de asparagina que es menor que dicha primera concentración, en donde dicha lixiviación se lleva a cabo por uno o más extractores seleccionados de un extractor de tipo tornillo, un extractor de tipo tanque de lavado y un extractor de precolación del tipo Bollman;
 - c) procesar termalmente dichas rebanadas de papa a una temperatura de más de aproximadamente 120°C.
30. (Original) El método de la reivindicación 29 en donde dicha lixiviación en la etapa b) ocurre por al menos 15 minutos.

31. (Original) El método de la reivindicación 29 en donde dicho extracto de papa deficiente en asparagina se calienta a una temperatura de entre aproximadamente 100°F y aproximadamente 150°F.
32. (Original) El método de la reivindicación 29 en donde dicho extracto de papa deficiente en asparagina en la etapa b) comprende entre aproximadamente 0.5 gramos y aproximadamente 2 gramos de papa cruda por 1 mL de solución añadida.
33. (Original) El método de la reivindicación 29 en donde dicho extracto de papa deficiente en asparagina comprende entre aproximadamente 3000 unidades a aproximadamente 100,000 unidades de asparagina por 1,4 litros de dicho extracto de papa deficiente en asparagina.

(Actualmente Corregida) Un método para reducir asparagina en un ingrediente alimenticios que comprende las etapas de :

- a) suministrar un ingrediente alimenticio que tiene una primera concentración de asparagina; y
- b) lixiviar selectivamente la asparagina de dicho ingrediente alimenticio con un extracto alimenticio deficiente en asparagina, tal que dicho ingrediente alimenticio tiene una segunda concentración de asparagina que es menor que dicha primera concentración, en donde dicha lixiviación selectiva sucede por al menos 15 minutos.

34. (Cancelada)

35. ~~36.~~ (Actualmente Corregida) El método de la reivindicación 34 en donde dicho extracto alimenticio deficiente en asparagina se calienta a una temperatura de entre aproximadamente 100°F y aproximadamente 150°F.

36. ~~37.~~ (Actualmente Corregida) El método de la reivindicación 34 en donde dicho extracto alimenticio deficiente en asparagina en la etapa b) comprende entre aproximadamente 0.5 gramos y aproximadamente 2 gramos de alimento crudo por 1mL de solución añadida.

37. ~~38.~~ (Actualmente Corregida) El método de la reivindicación 34 en donde dicho extracto alimenticio deficiente en asparagina comprende entre aproximadamente 3,000 unidades y aproximadamente 100,000 unidades de asparaginasa por kilogramo de alimento crudo usado para hacer dicho extracto alimenticio deficiente en asparagina.

38. ~~39.~~ (Actualmente Corregida) El método de la reivindicación 34 en donde dicho ingrediente alimenticio comprende un ingrediente alimenticio rebanado.

39. ~~40.~~ (Actualmente Corregida) El método de la reivindicación ~~39~~ 38 en donde dicho ingrediente de comida rebanado comprende papa.

40. 41. (Actualmente Corregida) El método de la reivindicación 34 en donde dicho ingrediente alimenticio comprende papas fritas a la francesa.

41. 42. (Actualmente Corregida) El método de la reivindicación 34 que comprende uno o más ingredientes alimenticios seleccionados de arroz, trigo, maíz, cebada, soya, avenas y semillas de cacao tostadas.

Comentarios

Las Reivindicaciones 1-41 están pendientes. Las Reivindicaciones 2-14, 16-28, 30-33 permanecen sin cambios. Las Reivindicaciones 1, 15, 29 y 34 se han corregido sustancialmente. Las limitaciones de la Reivindicación 35 se han incorporado en la Reivindicación 34. Por lo tanto, la 35 se canceló. Consecuentemente, las Reivindicaciones originales 36-42 se renumeraron. Las Reivindicaciones 1-2, 6-7, 14, 29-31, 34-36 y 39-42 carecen de novedad de acuerdo con el Artículo PCT 33(2) como se anticipó por la US 2004/0166210 a Barry, et al. (de aquí en adelante Barry).

Respuesta:

Los solicitantes corrigieron la Reivindicación 21 para pedir la limitación que el extracto de papa deficiente en asparagina tiene una temperatura de entre aproximadamente 100°F y aproximadamente 150°F. Apoyo a esta corrección puede encontrarse en la Solicitud PCT originalmente presentada en el párrafo 98. Este rango de temperatura también reapoya por el párrafo 72.

Una referencia a una técnica anterior anticipa la invención reivindicada sólo si cada elemento de la invención reivindicada se muestra idénticamente en cada referencia, dispuesto como ellos están en las reivindicaciones. Además, la anticipación se enfoca en si una reivindicación lee en un producto o procesa una referencia descrita, no sobre lo que la referencia enseña ampliamente. Para anticipar, cada elemento en la limitación de la

reivindicación reivindicada debe encontrarse en una referencia individual de técnica anterior, dispuesta como en la reivindicación. Para ser dispuesta como en la reivindicación, cada elemento de la invención reivindicada debe mostrarse idénticamente en una referencia individual. La descripción contenida en la referencia de técnica anterior individual debe describir la invención reivindicada del solicitante lo suficiente para haber colocado una persona ordinaria experta en el campo de la invención en posesión de ella. Esto requiere que no haya diferencia entre la invención reivindicada y la descripción referenciada, como vista por una persona ordinaria en la técnica en el campo de la invención.

El párrafo 45 de la referencia Barry describe el extracto de papa, pero falla en describir un extracto de papa que tiene un intervalo de temperatura elevado. Los solicitantes notan que el párrafo 40 de la referencia Barry falla en enseñar la limitación del extracto de papa deficiente en asparagina que tiene una temperatura de entre aproximadamente 100°F y aproximadamente 150°F. Por lo tanto, por al menos esta razón, los Solicitantes solicitan respetuosamente que el Examinador retire las desestimaciones acerca de las Reivindicaciones 1-14.

Además, con respecto a la Reivindicación 29, los Solicitantes corrigieron la reivindicación para solicitar que la etapa de lixiviación selectiva se lleve a cabo por uno o más extractores seleccionados de un extractor del tipo tornillo, un extractor del tipo tanque de lavado y un extractor de precolación del tipo Bollman. Apoyo para esta corrección puede encontrarse en

los párrafos 74-77 de la Solicitud PCT originalmente presentada. Debido a que la solicitud Barry falla en describir todas las limitaciones de la Reivindicación 29 como se corrigió, los Solicitantes solicitan respetuosamente que el Examinador retire las desestimaciones acerca de las Reivindicaciones 29-33.

Con respecto a la Reivindicación 34, los Solicitantes corrigieron la Reivindicación 34 para solicitar la limitación que la lixiviación selectiva sucede por al menos 15 minutos. Apoyo para esta limitación puede encontrarse en la Reivindicación 35 originalmente presentada. La referencia Barry falla en describir una etapa de lixiviación selectiva que sucede por al menos 15 minutos. Los Solicitantes notan que Barry describe en el párrafo 40 el imbuído de las rebanadas de papa en solución de cisteína a temperatura ambiente por 15 minutos, pero falla en enseñar o sugerir la lixiviación selectiva de asparagina usando un extracto deficiente en asparagina por al menos 15 minutos. Una solución de 1% de cisteína no es un extracto alimenticio. Por lo tanto, por al menos esta razón, los Solicitantes respetuosamente solicitan que el Examinador retire las desestimaciones acerca de las Reivindicaciones 34-41.

Además, con respecto a las desestimaciones de anticipación específicas de las reivindicaciones dependientes y específicamente la Reivindicación 30, los Solicitantes creen que la desestimación del Examinador es un error debido a que el párrafo 40 de la referencia Barry mantiene para la proposición que la rebanada de papa se imbuje en una solución de 1% de cisteína a temperatura ambiente por 15 minutos tal descripción

falla en describir la limitación de lixiviar asparagina con un extracto de papa deficiente en asparagina por al menos 15 minutos. Una solución de 1% de cisteína es sustancialmente diferente que un extracto de papa deficiente en asparagina. Por lo tanto, por al menos esta razón, los Solicitantes solicitan respetuosamente que el Examinador reitre las desestimaciones acerca de la Reivindicación 30.

Con respecto a la Reivindicación 31, el Examinador reivindica que en el párrafo 40 de Barry enseña a calentar un extracto de papa deficiente en asparagina a una temperatura de entre aproximadamente 100°C y 150°C. Primero, los Solicitantes quisieran notar que el intervalo reivindicado está en grados Fahrenheit. Segundo, los Solicitantes quisieran señalar que ninguna solución en el párrafo 40 es un extracto. Por lo tanto, no es claro cómo la referencia Barry anticipa a invención reivindicada.

Con respecto a la Reivindicación 35, los Solicitantes aquí incorporan los argumentos hechos en la Reivindicación 30 arriba.

De manera similar, con respecto a la Reivindicación 36, los Solicitantes creen que el Examinador falló por las mismas razones dadas para la Reivindicación 31 arriba.

Las Reivindicaciones 8, 15-17, 28, 32 y 37 carecen de nivel inventivo de acuerdo con bajo el Artículo PCT 33(3) como se hace obvio sobre Barry. Barry enseña que "la lixiviación puede lograrse selectivamente por una solución de extracto de papa que es deficiente en el precursor de acrilamida a ser eliminado, pero tiene niveles de concentración de otra materia soluble que está

en o en cercano equilibrio con los niveles correspondientes de concentración en las rebanadas de papa". Por lo tanto, Barry enseña el uso de un extracto de papa que tiene niveles de concentración de materia soluble en o cerca del equilibrio con niveles de concentración correspondientes en las rebanadas de papa. Así, los Solicitantes están desconcertados en por qué un experto en la técnica que mira la referencia Barry tendría que conocer que "cualquier sustancia lixiviada en el extracto (por ejemplo, almidón) podría también necesitar que se remueva para reciclarse". Por lo tanto, en vista de lo anterior, los Solicitantes solicitarían respetuosamente que el Examinador retire la desestimación acerca de la Reivindicación 8.

Con respecto a la Reivindicación 15, se cree que el Examinador pudo entender mal la reivindicación. La Reivindicación 15 se dirige hacia una modalidad de encendido como se explicó en las páginas 38 y 39 en el párrafo 91 de la Solicitud PCT original. Por consiguiente, la Reivindicación 15 se ha correado para incluir la limitación que la etapa (d) sucede con una unidad de absorción/reabastecimiento hasta que se alcance un nivel estable. Esta limitación no se había enseñado o sugerido por la técnica anterior. Por lo tanto, los Solicitantes solicitan respetuosamente que el Examinador retire las desestimaciones acerca de Reivindicación 15.

Con respecto a la Reivindicación 28, los Solicitantes señalarían que Barry falla en enseñar o sugerir que la lixiviación de solutos solubles en agua de los alimentos de papa seguida por las etapas de regresar una porción de los solutos previamente extraídos de nuevo en las papas tratadas seguidas por

un reabastecimiento de las rebanadas de papa que tenían solutos solubles en agua extraídos previamente regresados. Por lo tanto, por al menos esta razón, los Solicitantes solicitan respetuosamente que el examinador retire las desestimaciones acerca de la Reivindicación 28.

Con respecto a las Reivindicaciones 32 y 37, el Examinador opina que alguien con habilidades ordinarias en la técnica habría conocido que tal extracción se armaría utilizando papa cruda. Los Solicitantes respetuosamente solicitan que el Examinador cite una referencia enseñando exactamente cómo hacer un extracto de papa deficiente en asparagina o alternatively invitan al Examinador a retirar las desestimaciones acerca de las Reivindicaciones 32 y 37.

Las Reivindicaciones 3, 18 y 31 carecen de nivel inventivo de acuerdo con el Artículo PCT 33(3) como se hace obvio sobre Barry en vista de la WO1991/0119202 Strobel. El Examinador opina que debido a que Stroble enseña el uso con un extractor del tipo tornillo para la extracción del "líquido" de una pared celular no soluble o componentes de tejido, que habrían sido obvios para uso tal aparato para procesar "líquidos" como se recitó, debido al uso de tal aparato es rutina en el arte del procesamiento de papa. Sin embargo, los Solicitantes señalarían al Examinador que la presente invención está dirigida hacia la lixiviación de diferentes solutos y no está dirigida al procesamiento de "líquidos". Se debe además señalar que la referencia Strobel se dirige hacia un aparato para "exprimir o separar el jugo de una pared celular no soluble o componente de tejido" (página 8,

líneas 24-25). Aquí los Solicitantes no están intentando hacer jugo de papa, sino que preferiblemente trabajando para lixiviar selectivamente un constituyente específico de la papa. El aparato descrito en Strobel falla en enseñar o sugerir que tal aparato puede usarse para lixiviación selectiva. Por lo tanto, por al menos esta razón, los Solicitantes respetuosamente solicitan que el Examinador retire las desestimaciones acerca de las Reivindicaciones 3, 18 y 21.

Las Reivindicaciones 4, 19 y 22 carecen de nivel inventivo de acuerdo con el Artículo PCT 33(3) como se hace obvio sobre Barry en vista de Barber. La referencia Barber solamente se sostiene por la proposición que un baño de agua puede usarse para lavar papas. Hay no hay enseñanza ni limitaciones recomendadas de un extractor del tipo tanque de lavado para uso con un extracto de papa deficiente en asparagina. Por lo tanto, por al menos esta razón, los Solicitantes respetuosamente solicitan que el Examinador retire las desestimaciones acerca de las Reivindicaciones 4, 19 y 22.

Las Reivindicaciones 5, 20 y 23 carecen de nivel inventivo de acuerdo con el Artículo PCT 33(3) como se hace obvio sobre Barry en vista de GB 156,905 (Bollman). Los solicitantes le recuerdan al Examinador que la presente invención se dirige hacia un método para reducir la formación de acrilamida en un producto alimenticio. Por lo tanto, los precursores de acrilamida se remueven a través de una etapa de extracción líquida. Específicamente, la asparagina se lixivia de la papa en una solución de papa deficiente en asparagina. Los Solicitantes

indican que la asparagina no es una grasa o un aceite, sino es de hecho un amino ácido. La referencia citada por el Examinador, sin embargo, se dirige hacia un "aparato par ala extracción de grasa o aceite" (columna 1, líneas 8-10). Tal aparato nunca se contempló para reducir el nivel de acrilamida en un producto alimenticio. Por lo tano, por al menos esta razón, los Solicitantes respetuosamente solicitan al Examinador que reitre las desestimaciones.

Las Reivindicaciones 10-13, 25-27, 33 y 38 carecen de nivel inventivo de acuerdo con el Artículo PCT 33(3) como se hace obvio sobre Barry en vista de la US 2006/0127534 a Elder (de aquí en adelante ELDER). Los descubrimientos del Examinador deben claramente articular qué porción de la referencia apoya cualquier desestimación. Afirmaciones concluyentes de similitud o motivación sin ningún apoyo articulado racional o evidente no constituyen descubrimientos verdaderos. El Examinador opina que "las columnas de afinidad se utilizaron rutinariamente en la técnica para remover selectivamente moléculas (por ejemplo, asparagina de soluciones líquidas). Los Solicitantes respetuosamente solicitarían que el Examinador suministrara una referencia que muestre que las columnas de "afinidad" están utilizadas rutinariamente en la técnica para remover selectivamente asparagina de una solución líquida. Los Solicitantes señalarían que el término "moléculas" es un campo un poco amplio. Nosotros proponemos que la técnica anterior no enseña o recomienda un extracto de papa de post lavado que contacta una asparaginasa de enzima.

Con respecto a la Reivindicación 11, el Examinador hace el alegato casi conclusivo de que sería obvio remover el amoníaco de un extracto de papa deficiente en asparagina para "regresar el extracto a su estado original para el propósito de reciclar". El Examinador está impedido para utilizar la descripción de los Solicitantes para apoyar su análisis en si la reivindicación está obviamente para impedir una comprensión retrospectiva por nosotros. La referencia Barry solamente enseña que un flujo de lixiviación puede tratarse para remover precursores de acrilamida lixivados, pero no hay discusión que cualquiera de tales productos de degradación tendrían que removerse del flujo de lixiviación para reciclarse para su continuo uso. Por lo tanto, por al menos esta razón, los Solicitantes respetuosamente solicitan al Examinador que retire las desestimaciones acerca de la Reivindicación 11.

Con respecto a la Reivindicación 12, el Examinador iguala el uso de asparaginasa para reducir la formación de acrilamida en un producto alimenticio térmicamente procesado con la concentración de asparagina en un extracto utilizado para extraer asparagina de un producto alimenticio. Los Solicitantes notarían que el nivel de asparagina en un extracto solamente se relaciona con la fuerza motriz potencial entre la asparagina en una rebanada de papa y el extracto. Por lo tanto, mientras Elder enseña el uso de asparaginasa en masa de hojuelas de papa, no enseña el uso de asparagina en conjunción con un extracto para crear una fuerza motriz y lixiviar selectivamente la asparagina de un producto alimenticio. Preferiblemente, Elder sostiene para la proposición que la asparaginasa debería hacerse reaccionar directamente con asparagina en una masa basada en un producto alimenticio y que el

producto alimenticio puede entonces procesarse térmicamente. La presente invención, por otro lado, se dirige hacia la remoción de la asparagina de una pieza alimenticia, tal como una rebanada (por ejemplo, no una masa) a través de extracción. Por lo tanto, la asparaginasa en la presente invención no reacciona directamente con la asparagina en la matriz del alimento tal como una masa, pero preferiblemente se utiliza para crear una concentración diferencial para extraer el precursor de asparagina del producto alimenticio. Por lo tanto, en vista de lo anterior, los Solicitantes respetuosamente solicitan que el Examinador retire las desestimaciones acerca de la Reivindicación 12.

Con respecto a las Reivindicaciones 13 y 25, los Solicitantes respetuosamente refieren al Examinador a los argumentos hechos arriba acerca de la Reivindicación 11, y respetuosamente solicitan que el Examinador retire las desestimaciones en vista de aquellos argumentos.

Con respecto a la Reivindicación 26, los Solicitantes incorporan por este medio los argumentos previamente hechos arriba con respecto a la Reivindicación 12.

Con respecto a la Reivindicación 27, los Solicitantes por este medio incorporan los argumentos previamente hechos arriba con respecto a la Reivindicación 10.

Conclusión

Se invita al Examinador a llamar a los abajo firmantes a los números telefónicos de la lista de abajo, en la opinión del

Examinador, se facilitaría tal conferencia telefónica o ayudar al seguimiento y al examen de esta solicitud.

Fecha__Agosto, 2008

Respetuosamente enviado,

Chad E. Walter

Registration No. 54,625

Abogado del Solicitante

CARSTEN & CAHOON, LLP

P.O. Box 802334

Dallas, TX 75380

Teléfono 972.367.2001

Fax 972.367.2002

244


Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIVISION DE NUEVAS CREACIONES
TARJETA ARCHIVO PROPIETARIOS

 PATENTE DE INVENCION ____ PCT ☒ MODELO DE UTILIDAD ____ DISEÑO INDUSTRIAL ____

(21) N° de solicitud:

(22) Fecha de solicitud:

(51) Clasificación Internacional: A23L 1/01; A23L 1/164

(71) Solicitante(s) FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC.

(72) Inventor(es) BOUDREAUX, Eric; DESAI, Pravin, Maganlal; ELDER, Vincent, Allen; FULCHER, John, Gregory; JOSEPH, Ponnattu, Kurian; LI, Wu; RAO, V.n., Mohan; TOPOR, Michael, Grant; VOGEL, Gerald, James.

(74) Apoderado: ALVARO CORREA ORDÓÑEZ

(30) Prioridad

(31) No. Prioridad

(32) Fecha

(33) País

11/627,810

26.01.2007

US

(55) Fecha inicio fase nacional: 26.08.2009

(87) Publicación internacional

(56) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT

Fecha: 31.07.2008

Fecha de presentación de la solicitud: 21.01.2008

N° publicación: WO/2008/091821

No. de solicitud PCT/US2008/051578



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

TARJETA ARCHIVO TEMATICO

SUPERINTENDENCIA PATENTE DE INVENCION PCT X MODELO DE UTILIDAD DISEÑO INDUSTRIAL

1) N° de solicitud: (22) Fecha de solicitud:

1) Clasificación Internacional : A23L 1/01; A23L 1/164

1) Solicitante(s) FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC.

2) Inventor(es) BOUDREAUX, Eric; DESAI, Pravin, Maganlal; ELDER, Vincent, Allen; FULCHER, John, Gregory; JOSEPH, Ponnattu, Kurian; LI, Wu; RAO, V.n., Mohan; TOPOR, Michael, Grant; OGEL, Gerald, James.

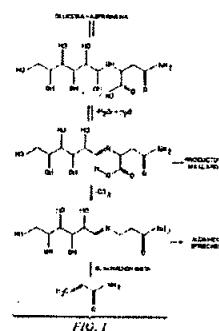
4) Apoderado: ALVARO CORREA ORDOÑEZ

0) Prioridad	(31) No. Prioridad	32) Fecha	(33) País
	11/627.810	26.01.2007	US

5) Fecha límite inicio fase nacional: 26.08.2009

6) Datos relativos a la presentación de la solíc. PCT
Fecha de presentación de la solicitud: 21.01.2008
No. de solicitud PCT/US2008/051578

(87) Publicación internacional:
Fecha: 31.07.2008
No. Publicación : WO/2008/091821



4) Título: MÉTODO PARA REDUCIR LA FORMACIÓN DE ACRILAMIDA EN ALIMENTOS TÉRMICAMENTE PROCESADOS

7) Resumen: Un método para reducir la cantidad de asparagina, un precursor de la acrilamida los productos alimenticios que son térmicamente procesados. Esta invención permite la producción de alimentos que tienen niveles significativamente reducidos de acrilamida. El método se hace al poner en contacto un alimento de papa. Tal como tajadas de papa que contienen asparagina, un precursor de la acrilamida, con una solución lixiviante para extraer la asparagina hacia afuera del alimento de papa. El procesamiento térmico de las papas lixiviadas dará como resultado un producto de papa que tiene un nivel inferior al de la acrilamida que el producto de papa térmicamente procesado no lixiviado.

NIT : 800176089-2

246

IBO OFICIAL DE CAJA : 9 - 48,653
HA : JULIO 6 DE 2009

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 09-076733- -00000-0000

Fecha: 2009-07-23 15:42:27 Dep. 2020 NUECREACIONE
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 248

***** CONSIGNACION *****

OSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	Vr. PAGO
ER & MCKENZIE	RECIBO DE CAJA			48090	03/07/2009	85,400,500.00

***** CONCEPTO *****

I. RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1 50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	540,000.00
	TOTAL :	\$ 540,000.00

: . QUINTENTOS CUARENTA MIL PESOS

RESPONSABLE : _____

IBO DE CAJA APLICADO AL CUENTO No.

NIT : 800176089-2

2009/008 247

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 9 - 48,683
HA : JULIO 6 DE 2009

***** CONSIGNACION *****



USITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PGO	Vr. PAGO
ER & MCKENZIE	RECIBO DE CAJA			48090	03/07/2009	85,400,500.00

***** CONCEPTO *****

II. RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1 50005-01-01 SOLICITUDES	*** CANCELACION REGISTRO MARCARIO POR	650,000.00
	TOTAL :	\$ 650,000.00

I: SEISCIENTOS CINCUENTA MIL PESOS

RESPONSABLE : _____

RECIBO DE CAJA APLICADO AL ASUNTO No.

248

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800176089-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 09 - 48,471

FECHA : JULIO 6 DE 2009

2009/009

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 09-076733- -00000-0000

Fecha: 2009-07-23 15:42:27

Dep. 2020 NUECREACION

Tra. 11 PATENTE I Y II

Eve: 379 FASE NACIONAL II

Act. 411 PRESENTACION

Folios: 248

***** CONSIGNACION *****

POSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	Vr. PAGO
ER & MCKENZIE	RECIBO DE CAJA			48090	03/07/2009	85,400,500.00

***** CONCEPTO *****

IT. RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
I 50005-01-09 OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD I	54 INFORMACION DETALLADA DE UN TRAMI	25,000.00
	TOTAL :	\$ 25,000.00

II: VEINTICINCO MIL PESOS

RESPONSABLE :

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No.



Industria y Comercio

SUPERIN

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 09-076733- -00000-0000

Fecha: 2009-07-23 15:42:27 Dep. 2020 NUECREACION
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 248

Delegatura de Propiedad Industrial
División de Nuevas Creaciones

REQUISITOS NECESARIOS PARA PRESENTACIÓN Y AGILIZACIÓN DEL TRAMITE

	USUARIO	RADICADOR
PATENTE DE INVENCION ☒ MODELO DE UTILIDAD ()	()	()
-Indicación de que se solicita la concesión de una patente.	☒	☒
-Datos de identificación del solicitante o de la persona que se presenta la solicitud.	☒	☒
-Descripción de la invención.	☒	☒
-Dibujos de ser estos pertinentes.	☒	☒
-Comprobante de Pago de las tasas establecidas.	☒	☒
COMPLETA ☒ INCOMPLETA	()	()
DISEÑO INDUSTRIAL ()		
-Indicación de que se solicita el registro de Diseño Industrial.	()	()
-Datos de identificación del solicitante o de la persona que se presenta la solicitud.	()	()
-Representación gráfica y fotográfica del Diseño Industrial o muestra del Material que incorpora el diseño.	()	()
-Comprobante de Pago de las tasas establecidas.	()	()
COMPLETA () INCOMPLETA	()	()
ESQUEMA DE TRAZADO ()		
-Indicación de que se solicita el registro de Diseño Industrial.	()	()
-Datos de identificación del solicitante o de la persona que se presenta la solicitud.	()	()
-Representación gráfica del Esquema Trazado.	()	()
-Comprobante de Pago de las tasas establecidas.	()	()
COMPLETA () INCOMPLETA	()	()

Firma Responsable:

Fecha:

13 de Julio de 2009

REPUBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Folio 250

2020
Bogotá D.C.,

Doctor(a)
CORREA ORDOÑEZ ALVARO
Apoderado(a) y/o Representante de
FRITO-LAY NORTH AMERICA INC

REFERENCIA	Radicación No.	9 76733
	Solicitud internacional	PCT/US2008/051578
	Fecha inicio fase nacional	26/08/2009
	Trámite	11
	Evento	379
	Actuación	416
	Oficio No.	8794
	Folios	1

Teniendo en cuenta que la solicitud de privilegio de patente que se tramita bajo el expediente indicado en la referencia, reúne los requisitos de forma establecidos en la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, el Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT), el Reglamento y la Circular Única de la Superintendencia de Industria y Comercio, se envía el extracto de la solicitud a la Oficina de Comunicaciones para efecto de su publicación en la Gaceta de Propiedad Industrial.

Cúmplase
Dado en Bogotá DC,

22 SET 2009

ALIX CARMENZA CESPEDES DE VERGEL
Jefe de la división de Nuevas Creaciones

jfernand