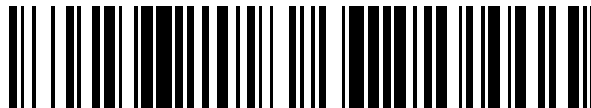


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 655**

51 Int. Cl.:

**A23L 19/18** (2006.01)

**A23L 5/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.01.2008 PCT/US2008/051578**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.07.2008 WO08091821**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2008 E 08727990 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2124622**

54 Título: **Procedimiento para reducir la formación de acrilamida en alimentos tratados térmicamente**

30 Prioridad:

**26.01.2007 US 627810**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**07.05.2018**

73 Titular/es:

**FRITO-LAY NORTH AMERICA, INC. (100.0%)  
7701 LEGACY DRIVE  
PLANO, TX 75024-4099, US**

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 y  
VOGEL, GERALD, JAMES**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 666 655 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para reducir la formación de acrilamida en alimentos tratados térmicamente

5 **Antecedentes de la invención****Campo técnico**

10 La presente invención se refiere a un procedimiento para reducir la cantidad de acrilamida en alimentos tratados térmicamente. La presente invención permite la producción de alimentos que presentan unos niveles de acrilamida significativamente reducidos y, más particularmente, la invención se refiere a un procedimiento para lixiviar al menos un precursor de acrilamida con un extracto que es deficiente en el precursor de acrilamida que se lixivía.

15 **Descripción de la técnica relacionada**

La acrilamida química se ha utilizado desde hace tiempo en su forma polimérica en aplicaciones industriales para el tratamiento del agua, mejorar la recuperación de aceite, la elaboración de papel, floculantes, espesantes, tratamiento de minerales y telas que no necesitan planchado. La acrilamida precipita como un sólido cristalino de color blanco, es inodoro y es altamente soluble en agua (2.155 g/l a 30°C). Los sinónimos de la acrilamida incluyen 2-propenamida, etileno de carboxamida, amida de ácido acrílico, amida de vinilo y amida de ácido propenoico. La acrilamida presenta una masa molecular de 71, 08, un punto de fusión de 84, 5 °C y un punto de ebullición de 125 °C a 25 mmHg.

25 Muy recientemente, una gran variedad de alimentos han dado positivo en ensayos para detectar la presencia del monómero de la acrilamida. En especial, la acrilamida se ha encontrado principalmente en productos alimentarios de carbohidratos que se han calentado o procesado a temperaturas elevadas. Los ejemplos de alimentos que han dado positivo para la acrilamida incluyen café, cereales, galletas, patatas fritas, galletas saladas, patatas fritas, panes y bollos, y carnes empanadas fritas. En general, se han encontrado cantidades relativamente bajas de acrilamida en alimentos calentados ricos en proteínas, mientras que se han encontrado cantidades relativamente elevadas de acrilamida en alimentos ricos en carbohidratos, en comparación con los niveles no detectables en alimentos no calentados o hervidos. Los niveles de acrilamida descritos encontrados en varios alimentos tratados similarmente incluyen un intervalo de 330-2.300 (µg/kg) en patatas fritas, un intervalo de 300-1.100 (µg/kg) en patatas fritas, un intervalo de 120-180 (µg/kg) en cortezas de maíz, y niveles con intervalos entre no detectable hasta 1.400 (µg/kg) en varios cereales para el desayuno.

35 Actualmente se cree que la acrilamida se forma a partir de la presencia de aminoácidos y azúcares reductores. Por ejemplo, se cree que la reacción entre la asparagina libre, un aminoácido que se encuentra habitualmente en las verduras crudas, y los azúcares reductores libres es responsable de la mayoría de la acrilamida encontrada en los productos alimentarios fritos. La asparagina representa aproximadamente el 40% del total de los aminoácidos encontrados en las patatas crudas, aproximadamente el 18% del total de los aminoácidos libres encontrados en el centeno rico en proteína, y aproximadamente el 14% del total de los aminoácidos libres encontrados en el trigo.

45 La formación de acrilamida a partir de aminoácidos que no sean asparagina es posible, pero todavía no se ha confirmado con certeza. Por ejemplo, se ha informado de algunas formaciones de acrilamida analizando la glutamina, metionina, cisteína y ácido aspártico como precursores. Estos descubrimientos son difíciles de confirmar, sin embargo, debido a las impurezas potenciales de la asparagina en los aminoácidos almacenados. Sin embargo, a asparagina se ha identificado como el aminoácido precursor con más responsabilidad en la formación de acrilamida.

50 Como la presencia de acrilamida en los alimentos es un fenómeno que se ha descubierto recientemente, no se ha confirmado su mecanismo exacto de formación. Sin embargo, en la actualidad se cree que la vía más posible para la formación de acrilamida implica una reacción de Maillard. La reacción de Maillard está bien reconocida desde hace tiempo en la industria alimenticia como una de las reacciones químicas más importantes en el tratamiento de alimentos y puede afectar al sabor, al color y al valor nutricional del alimento. La reacción de Maillard requiere calor, humedad, azúcares reductores y aminoácidos.

55 La reacción de Maillard implica una serie de reacciones complejas con numerosos productos intermedios, pero se puede describir generalmente como una reacción que implica tres etapas. La primera etapa de la reacción de Maillard implica la combinación de un grupo amino libre (a partir de aminoácidos y/o proteínas libres) con un azúcar reductor (como glucosa) para formar productos con una reorganización de Amadori o de Heyns. La segunda etapa implica la degradación de los productos con una reorganización de Amadori o de Heyns a través de distintas rutas alternativas que implican desoxiosonas, fisión o degradación de Strecker. Unas complejas series de reacciones que incluyen deshidratación, eliminación, ciclación, fisión, y fragmentación dan como resultado un conjunto de productos intermedios de sabor y compuestos de sabor. La tercera etapa de Maillard se caracteriza por la formación de polímeros y copolímeros marrones de nitrógeno. Mediante el uso de la reacción de Maillard como la vía más probable para la formación de acrilamida, la **figura 1** ilustra una simplificación de las vías posibles de la formación de acrilamida partiendo asparagina y glucosa.

No se ha determinado que la acrilamida sea perjudicial para los humanos, pero su presencia en productos alimentarios, especialmente a niveles elevados, no es deseable. Como se ha indicado anteriormente, se han encontrado unas concentraciones relativamente elevadas de acrilamida en productos alimentarios que se han calentado o tratado térmicamente. La reducción de acrilamida en dichos productos se puede conseguir reduciendo o eliminando los compuestos precursores que forman la acrilamida, inhibiendo la formación de acrilamida durante el tratamiento del alimento, descomponiendo o haciendo reaccionar el monómero de acrilamida una vez formado en el alimento, o extrayendo la acrilamida del producto antes de que se consuma. Comprensiblemente, cada producto alimentario presenta desafíos únicos para conseguir cualquiera de las opciones mencionadas anteriormente. Por ejemplo, los alimentos que se han cortado en rodajas y se han cocinado como piezas coherentes no se mezclarán fácilmente con varios aditivos sin que se destruya físicamente las estructuras celulares que proporcionan a los productos alimentarios sus características únicas al cocinarse. Otros requisitos de tratamiento para productos alimentarios específicos pueden asimismo hacer que las estrategias de reducción de la acrilamida sean incompatibles o extremadamente difíciles.

A modo de ejemplo, la **figura 2** ilustra procedimientos bien conocidos en la técnica anterior para producir patatas fritas a partir de patatas crudas. Las patatas crudas, que contienen aproximadamente un 80 % o más de agua en peso, primero se someten a una etapa de pelado 21. Después de que se haya pelado la piel de las patatas crudas, se transportan las patatas a una etapa de corte en rodajas 22. El grosor de cada corte de patata en la etapa de corte en rodajas 22 depende del grosor deseado del producto final. Un ejemplo en la técnica anterior implica cortar las patatas en rodajas a un grosor de aproximadamente 0,04 a aproximadamente 0,08 pulgadas. Después, estas rodajas se transportan a una etapa de lavado 23, en la que se extrae con agua el almidón superficial de cada rodaja. Después, las rodajas de patata lavadas se transportan a una etapa de cocción 24. Esta etapa de cocción 24 normalmente implica freír las rodajas en una freidora a, por ejemplo, aproximadamente 171 °C a aproximadamente 182 °C (340-360 °F) durante aproximadamente dos o tres minutos. La etapa de cocción normalmente reduce el nivel de humedad de la patata a menos del 2 % en peso. Por ejemplo, una patata frita normal sale de la freidora con aproximadamente 1-2 % de humedad en peso. Después, las patatas fritas cocinadas se transportan a una etapa de condimentación 25, en la que se aplican los condimentos en un tambor rotatorio. Finalmente, se procede a la etapa de empaquetamiento 26 de las patatas fritas condimentadas. Esta etapa de empaquetamiento 26 implica normalmente la colocación de las patatas fritas condimentadas en una o más básculas que dirigen las patatas fritas a una o más máquinas selladoras de llenado vertical para empaquetarlas en paquetes flexibles. Una vez empaquetadas, el producto se distribuye y el consumidor lo compra.

Los pequeños ajustes en un número de etapas de tratamiento de las patatas fritas descritas anteriormente pueden proporcionar cambios significativos en las características del producto final. Por ejemplo, un tiempo de permanencia largo de las rodajas en agua en la etapa de lavado 23 puede dar como resultado la eliminación de compuestos de las rodajas que le confieren al producto final su sabor a patata, su color y su textura. El aumento de los tiempos de permanencia o de las temperaturas de calentamiento en la etapa de cocción 24 puede dar como resultado un aumento en los niveles de oscurecimiento de Maillard en la patata frita, así como un contenido de humedad inferior. Si es deseable incorporar ingredientes en las rodajas de patata antes de freírlas, puede ser necesario establecer mecanismos que proporcionen la absorción de los ingredientes añadidos en las porciones interiores de las rodajas sin que se destruya la estructura celular de la patata frita o que eliminen compuestos beneficiosos de la rodaja.

Como otro ejemplo de productos alimentarios calentados que representan retos únicos para reducir los niveles de acrilamida en los productos finales, los aperitivos también se pueden hacer como aperitivos elaborados. La expresión "aperitivo elaborado" significa un alimento de aperitivo que utiliza como ingrediente de partida algo distinto que el material inicial amiláceo original e inalterado. Por ejemplo, los aperitivos elaborados incluyen patatas fritas de aperitivo elaboradas que utilizan un producto de la patata deshidratado como material de inicio y tortillas de maíz que utilizan una masa de harina como material de partida. Hay que destacar que el producto de patata deshidratado puede ser harina de patata, copos de patata, granulado de patata o cualquier otra forma en la que existan las patatas deshidratadas. Cuando se utiliza cualquiera de estos términos en la presente solicitud, se entiende que están comprendidas todas estas variaciones.

Haciendo referencia otra vez a la **figura 2**, una patata frita elaborada no requiere la etapa de pelado 21, la etapa de corte 22 ni la etapa de lavado 23. En cambio, las patatas fritas elaboradas comienzan con un producto de la patata deshidratado, tales como copos de patata. El producto de patata deshidratado se mezcla con agua y con otros ingredientes menores para formar una masa. Después, la masa se lamina y se corta antes de proceder a una etapa de cocción. La etapa de cocción puede implicar freír u hornear. Después, se procede a una etapa de condimentación y una etapa de empaquetamiento de las patatas fritas. La mezcla de la masa de patata generalmente se presta a una fácil adición de otros ingredientes. Por el contrario, la adición de dichos ingredientes a un producto alimentario crudo, tal como rodajas de patata, requiere encontrar un mecanismo para permitir la penetración de los ingredientes a la estructura celular del producto. Sin embargo, la adición de cualquier ingrediente en la etapa de mezcla se debe realizar teniendo en cuenta que los ingredientes pueden afectar adversamente a las características de laminado de la masa, así como a las características de la patata frita final.

Sería deseable desarrollar uno o más procedimientos para la reducción del nivel de acrilamida en el producto final de los alimentos calentados o procesados térmicamente. De forma ideal, dicho procedimiento debería reducir

sustancialmente o eliminar la acrilamida en el producto final sin afectar adversamente la calidad y las características del producto final. Además, el procedimiento debería ser fácil de llevar a cabo y, preferentemente, añadir poco o ningún coste a todo el proceso.

5 La patente de Estados Unidos N.º 3,934,046 ("Weaver"), no aborda específicamente un procedimiento para reducir la formación de acrilamida pero sus enseñanzas son pertinentes para el problema en cuestión. Es bien conocido en la técnica que el pardeamiento de los alimentos tratados térmicamente está causado en parte por el calentamiento de los aminoácidos, tales como la asparagina, en presencia de azúcares reductores. Como se explica en Weaver, "la tendencia al pardeamiento de los tubérculos aumenta a medida que aumenta el contenido de azúcares reductores. También se ha demostrado que los azúcares reductores reaccionan con los constituyentes nitrogenados en las patatas, produciendo productos de reacción de color oscuro". Weaver enseña que la lixiviación de trozos de patata cruda con agua caliente reduce el oscurecimiento que se produce en la fase de cocción. Weaver, sin embargo, también explica el efecto indeseable de la lixiviación pura con agua caliente: "en el caso de las patatas fritas de aperitivo, la lixiviación con agua caliente no se emplea porque la textura y el sabor se destruyen casi completamente en las condiciones necesarias para evitar adecuadamente el oscurecimiento". Esto se debe a que el agua lixivia todos los componentes de las rodajas de patata para las cuales existe un gradiente de concentración entre el caldo de papa y el agua. Por consiguiente, todos los azúcares y aminoácidos se lixivian indiscriminadamente del stock de patata".

20 Aunque Weaver no estaba encaminado a reducir los niveles de acrilamida en los alimentos procesados térmicamente, el concepto general de Weaver de lixiviar los trozos de patata puede mejorarse y aplicarse al presente problema de reducción de la formación de acrilamida. Por lo tanto, sería útil tener un procedimiento para reducir la formación de acrilamida en alimentos procesados térmicamente lixiviando precursores de acrilamida de forma selectiva de los trozos de alimentos crudos sin afectar sustancialmente a la textura y al sabor de los alimentos. Tal procedimiento idealmente requeriría eliminar los precursores de acrilamida lixiviados del extracto de lixiviación para reutilizar el extracto de lixiviación.

El documento US 20040101607 A1 desvela un procedimiento para la reducción de acrilamida en productos alimentarios, productos alimentarios que tienen niveles reducidos de acrilamida y un artículo comercializado.

30 El documento WO 2005074716 A1 desvela un proceso de producción de un producto alimentario por tratamiento térmico de un material alimentario que contiene azúcares reductores, que comprende la etapa de escaldado del material alimentario, en el que la etapa de escaldado comprende someter el producto alimentario a un medio de escaldado activo en condiciones de escaldado en una sección de escaldado para producir medio de escaldado gastado, retirar los azúcares reductores y/o la asparagina del medio de escaldado gastado para producir un medio de escaldado activo y reutilizar el medio de escaldado activo.

35 El documento US 20060210669 A1 desvela granos de cacao tostados que tienen niveles reducidos de acrilamida, granos de cacao que tienen niveles reducidos de asparagina y un artículo comercializado y procedimientos para producir dichos productos.

El documento US 20040166210 A1 desvela un procedimiento y aparato para un procedimiento para reducir la cantidad de acrilamida en alimentos tratados térmicamente.

40

### Sumario de la invención

45 La presente invención es como se define en la reivindicación 1 y se refiere a un procedimiento para reducir la cantidad de asparagina en un producto de patata que comprende proporcionar continuamente un alimento de patata sustancialmente no tratada que tiene una primera concentración de asparagina y extraer la asparagina de dicho alimento de patata no tratada con un extracto de patata deficiente en asparagina, formando de este modo un extracto posterior al lavado que contiene asparagina, así como una patata tratada que tiene una segunda concentración de asparagina que es menor que dicha primera concentración. El procedimiento comprende adicionalmente retirar la asparagina de dicho extracto posterior al lavado con al menos una unidad de extracción de asparagina, de modo que se regenera dicho extracto de patata deficiente en asparagina y se reutiliza dicho extracto de patata deficiente en asparagina.

55 En una realización, el extracto posterior al lavado puede regenerarse para reducir la asparagina u otros precursores de acrilamida mediante uno o más procedimientos, tales como el uso de una enzima, tal como asparaginasa, para descomponer la asparagina precursora de acrilamida en los productos de reacción para reducir la concentración del precursor. A continuación, los productos de reacción resultantes pueden eliminarse en operaciones posteriores de la unidad. Otro procedimiento que puede emplearse para eliminar el precursor de acrilamida es el uso de una resina de intercambio iónico.

60 En otra realización, el líquido de lixiviación se somete a vibraciones ultrasónicas mientras está en contacto con los trozos de patata. En todavía otra realización, los precursores de acrilamida, junto con otros compuestos solubles en agua, se lixivian de forma no selectiva de los trozos de patata cruda mediante agua pura, en una primera etapa de contacto. A continuación, los precursores de acrilamida se eliminan del extracto de lixiviación y los compuestos deseados lixiviados previamente se devuelven después a los trozos de patata en una segunda fase de contacto.

65

En una realización, la invención proporciona un procedimiento de reducción de asparagina en un ingrediente alimentario que comprende las etapas de proporcionar un ingrediente alimentario que tiene una primera concentración de asparagina, lixiviar selectivamente la asparagina de dicho ingrediente alimentario con un extracto alimentario deficiente en asparagina, de forma que dicho ingrediente alimentario tenga una segunda concentración de asparagina que es menor que dicha primera concentración. Lo expuesto anteriormente, así como las características y ventajas adicionales de la invención resultarán evidentes en la descripción detallada escrita siguiente.

### Breve descripción de los dibujos

Los nuevos rasgos que se cree que son característicos de la invención se exponen en las reivindicaciones adjuntas. La invención en sí misma, sin embargo, así como un modo de utilización preferido, otros objetivos y sus ventajas del mismo, se entenderán mediante las referencias a la siguiente descripción detallada de las realizaciones ilustrativas cuando se leen junto con las figuras adjuntas, en las que:

La **figura 1** es un esquema de las probables vías químicas para la formación de acrilamida;

la **figura 2** es un esquema de las etapas de procesamiento de las patatas fritas de aperitivo de la técnica anterior;

la **figura 3** es un gráfico que muestra, en el eje y en partes por billón ("ppb"), las concentraciones de acrilamida en muestras de ensayo de patatas que se frieron después de poner en contacto de varias maneras descritas en el eje de x, así como el contenido final de humedad en peso;

la **figura 4** es un gráfico que compara los resultados originales de la **figura 3** con los resultados de la **figura 3** después de la normalización a un contenido de humedad de 1,32 % en peso;

la **figura 5** es un gráfico que muestra la relación entre la concentración de acrilamida y la humedad del producto final frito en el que la concentración de acrilamida en ppb se muestra en el eje y, y el contenido de humedad en porcentaje en peso se muestra en el eje x;

la **figura 6** es un gráfico que muestra la relación entre la concentración de acrilamida y la humedad del producto final asado en el que la concentración de acrilamida en ppb se muestra en el eje y, y el contenido de humedad en porcentaje en peso se muestra en el eje x;

la **figura 7a** es un gráfico que muestra las concentraciones de acrilamida en muestras de ensayo de patata que se frieron parcialmente y después se secaron en el horno a aproximadamente 120 °C (250 °F) después de varios procedimientos de contacto, en la que las concentraciones de acrilamida se muestran en el eje y en ppb y los diversos procedimientos de contacto se describen en el eje x;

la **figura 7b** es un gráfico que muestra los últimos seis puntos de datos de la **figura 7a** en una escala de concentración de acrilamida más estrecha;

la **figura 8** es un gráfico que muestra los datos de la figura 7a después de normalizar los datos de la fritura parcial a un nivel de humedad de aproximadamente 3,13 % en peso y de normalizar los datos del secado en el horno a un nivel de humedad de aproximadamente 1,25 % en peso;

la **figura 9** es un gráfico que muestra en el eje y en ppb: 1) los niveles de acrilamida de muestras de ensayo de patata que se pusieron en contacto de varias formas representadas en el eje x, después se frieron parcialmente a aproximadamente 178 °C (353°F) y 2) los niveles de acrilamida de esas mismas muestras de ensayo de patata después del secado en horno a aproximadamente 176 °C (350 °F), normalizadas a un nivel de humedad de aproximadamente 0,76 % en peso;

la **figura 10** es un gráfico que muestra las condiciones operativas y los resultados de un experimento en el que la muestra de control de las rodajas de patata se frió a presión atmosférica a aproximadamente 1,4 % de humedad en peso y una muestra de ensayo se frió a presión atmosférica a 2,5 % de humedad en peso, después se secó en horno a aproximadamente 1,4 % de humedad en peso;

la **figura 11** es un gráfico que muestra las condiciones operativas y los resultados de varios experimentos en los que una muestra de control de rodajas de patata se frió a presión atmosférica a aproximadamente 0,8 % de humedad en peso y cuatro muestras de ensayo se frieron a presión atmosférica a aproximadamente 3 -10 % de humedad en peso, después se frieron al vacío a baja temperatura hasta un contenido de humedad de 1 % en peso; y

la **figura 12** es un gráfico que muestra las condiciones operativas y los resultados de siete experimentos en los que cuatro muestras de ensayo se frieron a presión atmosférica en aceite a unas temperaturas iniciales variable entre aproximadamente 165 °C y aproximadamente 180 °C (329 °F-356 °F) durante aproximadamente 3-4 minutos, y tres muestras de ensayo se frieron al vacío a baja temperatura durante aproximadamente 4-10 minutos a temperaturas QUE varían entre aproximadamente 100 °C y aproximadamente 140 °C (212-284 °F) y con presiones que varían entre aproximadamente 50 y aproximadamente 100 milibar.

la **figura 13a** es un diagrama esquemático de un sistema y un procedimiento para lixiviación de asparagina de una alimentación continua de trozos de patata cruda de acuerdo con una realización de la presente invención;

la **figura 13b** es un diagrama esquemático de una unidad y un procedimiento para regenerar una unidad extractora del precursor saturada con precursores de acrilamida de acuerdo con otra realización de la invención;

la **figura 14** es un diagrama esquemático de un sistema y un procedimiento (que no forman parte de la presente invención) para lixiviar de forma no selectiva compuestos hidrosolubles de una alimentación continua de trozos de patata cruda en una corriente de agua, extraer las asparaginas de la corriente de agua y devolver parte de los compuestos hidrosolubles lixiviados previamente a los trozos de patata; y

la **figura 15** es un diagrama esquemático de un sistema y procedimiento de adición de una enzima al extracto sin almidón para proporcionar una solución deficiente en precursores de acrilamida, poner en contacto alimentos crudos o trozos de patata sin tratar que tienen una concentración nativa de asparagina en la solución deficiente en precursor acrilamida de cursor para lixiviar preferentemente el precursor de acrilamida de las piezas alimenticias no tratadas de modo que la pieza de alimento crudo tenga una concentración reducida de asparagina que sea menor que la concentración nativa, y eliminar los trozos de alimento tratados de la unidad de extracción.

### Descripción detallada de la invención

La formación de acrilamida en alimentos procesados térmicamente requiere una fuente de carbono y una fuente de nitrógeno. Se ha postulado la hipótesis de que el carbono lo proporciona una fuente de carbohidratos y el nitrógeno lo proporciona una fuente de proteína o una fuente de aminoácidos. Muchos ingredientes alimentarios derivados de plantas, tales como arroz, trigo, maíz, cebada, soja, patata y avena contienen asparagina y son, fundamentalmente, carbohidratos que presentan componentes aminoácidos minoritarios. Normalmente, estos ingredientes alimentarios presentan un pequeño grupo de aminoácidos, que contiene otros aminoácidos además de asparagina. Hay veinte aminoácidos esenciales que son los componentes básicos de las proteínas y se pueden encontrar en estos ingredientes alimentarios, incluyendo, aunque no de forma limitativa, lisina, alanina, asparagina, glutamina, arginina, histidina, glicina y ácido aspártico.

La expresión "procesado térmicamente" significa alimentos o ingredientes alimentarios en los que los componentes del alimento, tal como una mezcla de ingredientes alimentarios, se calientan a temperaturas del alimento de al menos 120 °C a presión ambiental. El procesamiento térmico también puede abarcar temperaturas más bajas a presiones por debajo de la atmosférica. El ingrediente alimentario puede procesarse por separado a una temperatura elevada antes de la formación del producto alimentario final. Como se menciona en el presente documento, los alimentos procesados térmicamente incluyen, a modo de ejemplo y sin limitaciones, todos los alimentos previamente enumerados como ejemplos de aperitivos y alimentos elaborados, así como patatas fritas, boniato frito, otros tubérculos o materiales de raíz, vegetales cocidos, incluidos espárragos cocidos, cebollas y tomates, granos de café, granos de cacao, carnes cocidas, frutas y vegetales deshidratados, alimentos para animales procesados térmicamente, tabaco, té, frutos secos tostados o cocidos, soja, melazas, salsas, tal como salsa de barbacoa, trozos pequeños de plátano, trozos pequeños de manzana, plátanos fritos y otras frutas cocidas. Ejemplos de ingredientes alimentarios procesados térmicamente incluyen avena procesada, arroz parcialmente cocido y seco, productos de soya cocidos, masa de maíz, granos de café tostados y granos de cacao tostados.

Como alternativa, se pueden utilizar productos alimentarios crudos en la preparación del producto alimentario final, en el que la producción del producto alimentario final incluye una etapa de calentamiento térmico. Un ejemplo de procesamiento de material crudo en el que el producto alimentario final es el resultado de una etapa de calentamiento térmico es la elaboración de patatas fritas de aperitivo a partir de rodajas de patata cruda mediante la etapa de fritura a una temperatura de entre aproximadamente 120 °C a aproximadamente 220 °C o la producción de patatas fritas u otros productos alimentarios fritos a temperaturas similares de acuerdo con la presente invención, sin embargo, se ha descubierto que se produce una formación significativa de acrilamida cuando el aminoácido asparagina se calienta en presencia de un azúcar simple. El calentamiento de otros aminoácidos, tales como lisina y alanina, en presencia de un azúcar simple, tal como glucosa, no conduce a la formación de acrilamida. Sin embargo, sorprendentemente, la presencia de asparagina con otro aminoácido, tal como lisina, en presencia de un azúcar simple causa un aumento en la formación de acrilamida que es mucho mayor que cuando la asparagina es el único aminoácido presente.

Habiendo establecido la rápida formación de acrilamida cuando se calienta la asparagina en presencia de un azúcar simple, se puede conseguir una reducción de acrilamida en alimentos procesado térmicamente mediante la inactivación de la asparagina. El término "inactivación" significa extraer la asparagina del alimento o transformar la asparagina en no reactiva a lo largo de la vía de formación de la acrilamida mediante mecanismos de conversión o de unión a otro producto químico que interfieren en la formación de acrilamida a partir de asparagina.

Uno de estos procedimientos de inactivación es poner en contacto la asparagina con la enzima asparaginasa. Esta enzima descompone la asparagina en ácido aspártico y amoníaco. La asparagina también puede inactivarse como precursor de la acrilamida en un alimento procesado térmicamente mediante lixiviación. 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, preferentemente 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 suministrando una temperatura elevada de entre aproximadamente 100 °F (37 °C) y aproximadamente 150 °F. La asparagina puede inactivarse adicionalmente como precursor de la acrilamida en un alimento procesado térmicamente mediante fermentación. La asparagina también se puede incorporar a las proteínas para inactivar la asparagina como precursor de la acrilamida. La asparagina puede inactivarse adicionalmente como precursor de acrilamida mediante la adición de una sal reductora del pH, tal como lactato de calcio, cloruro de calcio o malato de calcio.

Serán evidentes para los expertos en la materia otras técnicas para efectuar la inactivación de asparagina de una manera que interfiera con la formación de acrilamida. Con niveles más bajos de asparagina en el ingrediente alimentario o en el producto alimentario antes del procesamiento térmico, el nivel de acrilamida en el alimento procesado final se reducirá drásticamente.

5

### Ejemplo

En este ejemplo se demuestra la reducción de la formación de acrilamida cuando se calientan asparagina y glucosa en presencia de la enzima asparaginasa. La enzima asparaginasa se disolvió en tampón Tris-ácido clorhídrico aproximadamente 0,05 M a pH 8,6 para formar una solución de asparaginasa activa. También se preparó una solución de asparaginasa de control calentando una porción de la solución de asparaginasa activa a aproximadamente 100 °C durante aproximadamente 20 minutos para desactivar la enzima. En el control, se combinaron aproximadamente 0,2 gramos de glucosa, aproximadamente 0,1 gramos de asparagina y aproximadamente 20 mils de la solución de asparaginasa calentada en un vial con espacio aéreo de 20 ml. En el experimento de la enzima activa, se combinaron aproximadamente 0,2 gramos de glucosa, aproximadamente 0,1 gramos de asparagina y aproximadamente 20 mils de la solución de asparaginasa calentada en un vial con espacio aéreo de 20 ml. La cantidad de enzima en el vial fue de aproximadamente 250 unidades de enzima. Las mezclas de control y de enzima activa se procesaron juntas por duplicado. Los viales se mantuvieron a aproximadamente 37 °C durante aproximadamente 2 horas, luego se introdujeron en un horno a aproximadamente 80 °C durante aproximadamente 40 horas para evaporar hasta sequedad. Después de calentar, se añadieron aproximadamente 0,2 ml de agua a cada vial. A continuación, se calentaron los viales en un horno de cromatografía de gases con el siguiente perfil de temperatura: a partir de una temperatura inicial de aproximadamente 40 °C; calentando aproximadamente 20 °C por minuto hasta aproximadamente 200 °C; y manteniendo a aproximadamente 200 °C durante aproximadamente 2 minutos antes de enfriar hasta aproximadamente 40 °C. A continuación, se extrajeron las mezclas de reacción 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 a continuación:

TABLA 1: Formación de acrilamida en presencia de asparaginasa y glucosa

Material de ensayo	Acrilamida (ppb)	Porcentaje de reducción
Control 1	334.810	----
Control 2	324.688	----
Asparaginasa activa 1	66	99,9
Asparaginasa activa 2	273	99,9

Como se puede observar, el tratamiento del sistema con una enzima que descompone la asparagina en ácido aspártico y amoníaco redujo la formación de acrilamida en más del 99,9 %. Este experimento establece que la reducción de la concentración de asparagina, o la naturaleza reactiva de la asparagina, reducirá la formación de acrilamida.

Además de inactivar la asparagina, los ingredientes alimentarios derivados de plantas también pueden provenir de plantas cultivadas y seleccionadas por tener niveles de asparagina que son más bajos que los de otras plantas similares. Una reducción en la cantidad de asparagina en el ingrediente alimentario derivado de la planta se reflejará en la cantidad de acrilamida que se forma en las mismas condiciones de tratamiento térmico.

Lo anterior demuestra la reducción de acrilamida que puede lograrse mediante aditivos tales como asparaginasa. Sin embargo, las investigaciones sobre los efectos de las diversas operaciones unitarias o etapas de procesamiento sobre la formación de acrilamida en productos alimentarios terminados también han llevado a resultados interesantes. Estos resultados demuestran la capacidad de modificar una o más operaciones unitarias en cualquier proceso de la técnica anterior para elaborar un producto alimentario de modo que el producto alimentario cocido resultante tenga una concentración reducida de acrilamida. Por la expresión "concentración reducida de acrilamida" se entiende una concentración de acrilamida que es más baja que la concentración que se habría formado durante un proceso de la técnica anterior no modificado para cocinar el producto alimentario concreto en cuestión. Las expresiones "concentración reducida de acrilamida", "concentración reducida de acrilamida" y "nivel reducido de acrilamida" se utilizan todas de forma intercambiable en la presente solicitud. Para los fines de la presente solicitud, "operaciones de unidad" significa un segmento definible de un procedimiento global para producir un producto alimentario. Por ejemplo, haciendo referencia a la **figura 2**, cada una de las etapas de procesamiento de las patatas fritas de aperitivo (la etapa de pelado 21, la etapa de corte en rodajas 22, la etapa de lavado 23, la etapa de cocción 24, la etapa de condimentación 25 y la etapa de envasado 26) se considera una operación de unidad separada respecto al proceso global de producción de un producto alimentario de patatas fritas de aperitivo.

55

Un primer ejemplo de la manipulación de una operación de unidad implica la etapa de lavado 23 (ilustrada en la **figura 2**) de patatas fritas de aperitivo producidas mediante corte en rodajas de una cantidad de patatas crudas. El

procedimiento de la técnica anterior de lavado de las rodajas implica enjuagar los trocitos de patata con agua a temperatura ambiente. El tiempo promedio de permanencia de cada trocito de patata en esta agua para enjuagar en la técnica anterior es normalmente inferior a aproximadamente 60 segundos, dependiendo del equipo utilizado.

5 La **figura 3** ilustra cómo se puede ajustar la operación de unidad de lavado de los trocitos de patatas se puede manipular de tal forma que los niveles de acrilamida en el producto de trocitos acabado. De acuerdo con la presente invención, la etapa de lavado 23 se puede manipular para que comprenda una etapa de contacto, en la que una alimentación continua de rodajas de patata entra en contacto con una solución acuosa con tiempos de permanencia y a temperaturas que difieren de las utilizadas en la etapa de lavado de la técnica anterior. La **figura 3** es un gráfico que representa en la vertical izquierda (desde el punto de vista del observador) o eje y, la cantidad de acrilamida ("AA") en partes por billón ("ppb") encontradas en el producto acabado de patatas fritas para aperitivo. La vertical derecha o eje y del gráfico en la figura 3 muestra el porcentaje de humedad en peso del producto acabado de trocitos de patatas. El nivel de acrilamida está representado en el gráfico mediante las barras verticales, mientras que el nivel del porcentaje de humedad está representado por la marca de líneas. El eje horizontal o de la x del gráfico mostrado en la figura 3 enumera varios cambios en los parámetros de procesamiento realizados en las operaciones de unidad de lavado del proceso de elaboración de patatas fritas para aperitivo. El tiempo de cocción y la temperatura fueron idénticos para todos los ciclos del producto reflejados en la **figura 3**. Específicamente, cada muestra se frío a aproximadamente 178 °C (353 °F) durante aproximadamente 120-140 segundos. Por consiguiente, los niveles de humedad del producto final tendieron a variar.

20 A modo de comparación con los resultados que se muestran en la **figura 3**, la etapa de lavado de la técnica anterior descrita anteriormente, que utiliza una reserva de patatas fritas de aperitivo cortadas en rodajas de un grosor de 0,05 pulgadas y fritas a aproximadamente 178 °C (353 °F) durante aproximadamente 120-140 segundos, da como resultado un producto acabado que presenta un nivel de acrilamida de aproximadamente 300-500 ppb (que puede ser más elevado dependiendo del contenido de glucosa y de otras variables de la reserva de patatas) y un nivel final de humedad en peso de aproximadamente 1,4 %. Este resultado de la técnica anterior es bastante similar al primer punto de datos 31 que se encuentra en el gráfico que se muestra en la **figura 3**, que representa el punto base de datos e implica una etapa de lavado con un tiempo de permanencia en agua de las rodajas de patata de dos o tres minutos. Manteniendo todos los demás parámetros en el procesamiento global de la patata frita de aperitivo, este pequeño cambio en las unidades operativas de lavado da como resultado un cambio no apreciable en el nivel de acrilamida (aproximadamente 330 ppb) o del nivel de humedad del producto acabado (aproximadamente 1,35 %), en comparación con un producto acabado según la etapa de lavado de la técnica anterior.

35 El punto siguiente de datos 32 que se representa en la tabla de la **figura 3** refleja un cambio en la etapa de lavado que comprende el contacto de las rodajas de patatas con el agua como la solución acuosa, aumentando el tiempo de contacto de la solución acuosa con las rodajas de patata hasta diez minutos y aumentando la temperatura de la solución acuosa desde la temperatura ambiente a aproximadamente 38 °C (100 °F). Este ajuste da como resultado una disminución de la acrilamida en el producto acabado a aproximadamente 210 ppb y una reducción del nivel de humedad del producto acabado a menos de un 1 % en peso. De forma interesante, el tercer punto de datos 33 refleja que el aumento de la temperatura de la solución acuosa (de nuevo agua) a aproximadamente 54 °C (130 °F) con un tiempo promedio de contacto de cinco minutos no dio como resultado una reducción apreciable de los niveles de acrilamida en el producto acabado. Por el contrario, el cuarto punto de datos 34 demuestra una reducción apreciable de los niveles de acrilamida en el producto final (inferior a 100 ppb) cuando la operación de unidad de lavado implica una etapa de contacto que proporciona 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 trocito del producto final fue de casi 1,8 %. El quinto punto de información 35 refleja que utilizando una solución al 1 % de L-cisteína como solución acuosa, a temperatura ambiente durante quince minutos, reduce el nivel de acrilamida en el producto final a menos de 250 ppb.

50 En el gráfico que se ilustra en la **figura 4**, los resultados del experimento mostrados en la figura 3 (la primera de cada par de barras verticales) se normalizan para representar los niveles de acrilamida que se podían esperar si las muestras de ensayo se frieran al mismo nivel normalizado de humedad (la segunda de cada par de barras verticales). Asumiendo 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 del ensayo mostrados en la **figura 3** se pueden normalizar multiplicando los niveles de acrilamida reales por el cambio porcentual en los niveles de humedad necesarios para alcanzar el nivel de humedad final de la muestra base/estándar. La normalización de los datos del experimento al mismo nivel de humedad permite comparar de forma más precisa la eficacia relativa de cada procedimiento de contacto en la reducción de la formación de acrilamida.

60 Haciendo referencia otra vez a la **figura 4**, la vertical o eje y está marcada de nuevo en ppb de acrilamida encontradas en el producto acabado. La horizontal o eje x está marcada para mostrar los parámetros de cada punto de datos. En la **figura 4**, cada punto de datos representa un par de barras verticales, las barras a la izquierda de un par están importadas de la **figura 3**, mientras que las barras de la derecha de un par reflejan los resultados esperados de los mismos parámetros del proceso de contacto si el producto final se friera a un nivel de humedad uniforme o normalizado de 1,32 %.



De nuevo, el primer punto de datos 41 es la muestra base que implica de dos a tres minutos de lavado con agua a temperatura ambiente. El segundo punto de datos 42 implica la etapa de contacto según la presente invención, en la que las rodajas de patata se ponen en contacto con una solución acuosa que comprende agua a una temperatura de aproximadamente 38 °C (100 °F) durante un tiempo de contacto de diez minutos. La barra de la izquierda de nuevo refleja que dicho contacto seguido de la fritura a aproximadamente 178 °C (353 °F) durante aproximadamente 120-130 segundos dará como resultado tan solo aproximadamente 200 ppb de acrilamida en el producto acabado y un producto acabado que presenta un nivel de humedad inferior al 1 %. Sin embargo, la barra de la derecha demuestra que si se fríe una patata frita de aperitivo puesta en contacto de esta forma con un nivel de humedad normalizado de 1,32 %, el nivel de acrilamida proyectado descenderá a aproximadamente 150 ppb.

Con respecto al tercer punto de datos 43 se produce un resultado deseable similar, mientras que el cuarto punto de datos 44 refleja que la reducción del nivel de humedad del producto acabado supera ligeramente el nivel de acrilamida encontrado. De forma interesante, el último punto de datos 45 refleja una reducción significativa de acrilamida cuando se utiliza una solución acuosa que comprende 1 % de L-cisteína y un tiempo de contacto de quince minutos. Además, se espera un nivel de acrilamida particularmente bajo para un nivel de humedad de una patata frita de aperitivo final de 1,32 % en peso. También es interesante destacar que el nivel de acrilamida proyectado para las rodajas de patata puestas en contacto con un 1% de L-cisteína durante un tiempo de contacto de quince minutos es casi el mismo que el nivel proyectado para las rodajas puestas en contacto con una solución acuosa que comprende agua durante diez minutos a aproximadamente 38 °C (100 °F).

La reducción de acrilamida también se puede lograr de otras maneras. Debido a que la asparagina parece ser el precursor principal de la acrilamida, es deseable eliminar la asparagina antes de cocinar los trozos de patata, de modo que la formación de acrilamida se reduce en el producto cocido final. Una realización de la presente invención comprende un procedimiento para eliminar asparagina usando un extracto o solución de patata deficiente en asparagina para lixiviar asparagina de trozos de patata cruda antes de cocinar. Se debe de tener en cuenta que los términos "precursor" y "asparagina" se pueden utilizar indistintamente en la presente descripción, ya que la asparagina se ha identificado como el precursor único más directamente relacionado con la formación de acrilamida. Sin embargo, la invención se puede usar igualmente para eliminar cualquier precursor específico identificado como necesario para la formación de acrilamida.

Se produce lixiviación de componentes en las rodajas de patata por el extracto de patata o la corriente de lixiviación para los componentes para los cuales existe un gradiente de concentración entre la materia soluble en las rodajas de patata y el extracto de patata o la corriente de lixiviación. La lixiviación puede realizarse de forma selectiva mediante un extracto de patata que es deficiente en el precursor de acrilamida que se desea eliminar, pero tiene niveles de concentración de otra materia soluble o solutos deseables que están en equilibrio o cerca de él con los niveles de concentración correspondientes en las rodajas de patata. Por "equilibrio" se entiende una de dos condiciones: 1) las concentraciones acuosas de un soluto en particular son sustancialmente las mismas tanto en el extracto como en las patatas; o 2) el extracto está saturado y no puede absorber más de dicho soluto en particular. Como se usa en el presente documento, la materia soluble deseable se define como cualquier compuesto de patata soluble nativo, distinto de azúcares reductores, que no es un precursor de acrilamida.

Un ejemplo de lixiviación selectiva implica hacer que el extracto de patata sea deficiente en asparagina y, a continuación, poner en contacto las rodajas de patata cruda con el extracto de patata deficiente en asparagina para lixiviar de forma selectiva la asparagina de las rodajas de patata cruda. En una realización, la lixiviación se mejora adicionalmente mediante vibración ultrasónica del extracto de patata mientras el extracto de patata está en contacto con las rodajas de patata. Si se desea, el extracto de patata o la corriente de lixiviación pueden tratarse para eliminar los precursores de acrilamida lixiviados de manera que el extracto de patata o la corriente de lixiviación puedan reciclarse para un uso continuo en la lixiviación de más rodajas de patata.

Se realizaron ensayos para determinar los niveles de asparagina en las rodajas de patata empapadas en diferentes soluciones para diferentes tiempos de permanencia. Se realizaron doce ensayos separados y se realizó un ensayo de control. La muestra de control consistió en una rodaja de papa fresca y sin empapar. Los doce ensayos consistieron en empapar rodajas de patata en cuatro soluciones diferentes a tres tiempos de permanencia diferentes. Los resultados se resumen en la Tabla 2 a continuación.

TABLA 2: Reducción de asparagina de rodajas de patata empapadas en extracto de patata.

Solución calentada a 120 °F	Tiempo de permanencia de empapado en solución	Asparagina en patatas (% en peso)	% de reducción de asparagina del control
Control	--	0,66	0
Agua	15 minutos	0,47	29
Agua con asparaginasa	15 minutos	0,37	43

## ES 2 666 655 T3

Solución calentada a 120 °F	Tiempo de permanencia de empapado en solución	Asparagina en patatas (% en peso)	% de reducción de asparagina del control
Control	--	0,66	0
Extracto de patata	15 minutos	0,39	41
Extracto de patata con asparaginasa	15 minutos	0,39	41
Agua	40 minutos	0,33	51
Agua con asparaginasa	40 minutos	0,31	53
Extracto de patata	40 minutos	0,25	63
Extracto de patata con asparaginasa	40 minutos	0,12	81
Agua	60 minutos	0,26	61
Agua con asparaginasa	60 minutos	0,20	70
Extracto de patata	60 minutos	0,25	62
Extracto de patata con asparaginasa	60 minutos	0,05	93

Cada lote de extracto de patata comenzó con aproximadamente 800 gramos de rodajas de patata pelada y aproximadamente 1.500 ml de agua introducidos en un batidor y convertidos en un extracto de patata sin filtrar. A continuación, el extracto no filtrado se filtró al vacío a través de un papel de filtro de laboratorio con un tamaño de poro de 20 a 25 micrómetros para eliminar los sólidos.

El extracto filtrado se concentró adicionalmente repitiendo las etapas del párrafo anterior, pero en lugar de agregar aproximadamente 800 gramos de rodajas de patata pelada a aproximadamente 1.500 ml de agua, los 800 gramos de rodajas de patata se añadieron al extracto filtrado. Este proceso se repitió varias veces para acumular la concentración de materia soluble deseable en el extracto de patata a fin de minimizar la cantidad de materia soluble deseable que se lixivió de las rodajas de patata.

El extracto de papa filtrado se calentó después a una temperatura de 49 °C (120 °F). Se añadieron aproximadamente 340 microlitros de asparaginasa que tenía 14.280 unidades/ml a 1.500 ml del extracto de patata para dar como resultado un extracto de patata deficiente en asparagina que tenía aproximadamente 4.844 unidades de asparaginasa. Por supuesto, pueden usarse otros niveles de asparaginasa y, en una realización, se usan aproximadamente 3.000 unidades a aproximadamente 100.000 unidades de asparaginasa por kilogramo de patata cruda total utilizada para preparar el extracto de patata deficiente en asparagina. Se pueden usar niveles más bajos de asparaginasa, pero puede ser necesario más tiempo para alcanzar los niveles deseados y reducidos de asparagina en el extracto de patata deficiente en asparagina. Se pueden usar niveles más altos de asparaginasa, pero puede ser prohibitivo en términos de costes en realizaciones comerciales.

Todas las muestras de rodajas de patata que tenían un contenido de sólidos de aproximadamente 17,6 % y se pelaron y se hicieron rodajas. Las muestras de control no se colocaron en ninguna solución y las otras muestras se colocaron en cada una de las cuatro soluciones representadas en la Tabla 2 anterior (agua, agua + asparaginasa, extracto de patata, extracto de patata + asparaginasa) que se mantuvieron a 120 °F durante aproximadamente 15, aproximadamente 40 y aproximadamente 60 minutos y se analizaron para detectar asparagina. Los resultados del ensayo representados en la Tabla 2 anterior ilustran que el extracto de patata es más eficaz que el agua para eliminar la asparagina de las rodajas de patata. Además, debido a que se eliminó de forma selectiva la asparagina de la rodaja de patata, no se produjo una alteración grave de la textura y el sabor de la lixiviación con agua caliente de la técnica anterior, ya que los niveles de azúcares reductores y otras materias solubles deseables en la rodaja de patata permanecen en niveles aceptables. Por consiguiente, la presente invención comprende proporcionar un extracto de patata deficiente en asparagina y poner en contacto patatas, tales como patatas cortadas en rodajas que tienen una primera concentración de asparagina con el extracto de patata deficiente en asparagina para lixiviar de forma selectiva la asparagina de las rodajas de patata. A continuación, las rodajas de patata se pueden eliminar del extracto de patata deficiente en asparagina, se aclaran opcionalmente y se procesan térmicamente. Otros ensayos han demostrado una relación entre el nivel de asparagina en un producto alimentario y el nivel resultante de acrilamida en ese producto alimentario. Por consiguiente, las rodajas de patata procesadas térmicamente resultantes con un nivel reducido de asparagina tendrán un nivel reducido de acrilamida.

En una realización, el extracto de patata se prepara inicialmente a partir de una relación de patata y agua de entre aproximadamente 0,5 gramos y se usan aproximadamente 2 gramos de patata pelada por 1 ml de solución añadida.

Mayores relaciones entre la patata y el agua pueden dificultar la filtración. Por lo tanto, una relación más baja puede ser más deseable, especialmente si el extracto de patata se concentra adicionalmente mezclando la patata cruda adicional y el extracto filtrado en un extracto no filtrado y filtrando el extracto no filtrado en un extracto de patata. Este proceso puede repetirse hasta que el extracto de patata esté en equilibrio o próximo a él con los niveles de concentración correspondientes en las rodajas de patata.

Además, aunque el extracto de patata divulgado anteriormente usa una relación de 800 gramos de rodajas de patata pelada a 1.500 ml de agua o extracto filtrado, esta relación se puede optimizar. El agua añadida crea un gradiente de concentración entre la materia soluble deseable, tal como los azúcares reductores y el extracto de patata. Por consiguiente, en una realización, se añaden aditivos tales como azúcares reductores, incluyendo fructosa y glucosa, al extracto de patata para minimizar adicionalmente el gradiente de concentración de la materia soluble deseable. Además, la solución inicial puede comprender aditivos, tales como azúcares reductores u otra materia soluble deseable para reducir aún más el gradiente de concentración.

En una realización, el nivel de agua añadida se reduce al mínimo. En una realización, se elimina el nivel de agua añadido inicialmente. Por consiguiente, no se agrega agua y el extracto comprende patata macerada. En una realización, la patata macerada se filtra al vacío en un extracto de patata.

Aunque lo anterior ilustra un procedimiento discontinuo que se puede usar para reducir la asparagina, el procedimiento se puede modificar para realizarlo de forma semicontinua o continua, como se describe a continuación.

Antes de cocinar las rodajas o trozos de patata, normalmente se pelan las patatas crudas, se hacen rodajas o se cortan, y después se retira el exceso de almidón y residuos. Como se ilustra en el sistema de lixiviación selectiva 1300 en la **Figura 13a**, la fase de lavado puede modificarse para incluir un proceso continuo para lixiviar precursores de acrilamida de un alimento de patata no tratada sustancialmente continuo. Para los fines del presente documento, una rodaja de patata pelada no se trata. En una realización, se usan tres operaciones de unidades principales para lavar las patatas y extraer selectivamente el precursor principal, asparagina: 1) una unidad de extracción 1320 lixivia la asparagina de un alimento de patata 1310 no tratada y en un extracto de patata deficiente en asparagina 1380; 2) una unidad de eliminación de almidón 1340 retira el exceso de almidón no unido 1336; y 3) al menos una unidad de retirada de asparagina 1350 retira la asparagina del extracto de patata posterior al lavado sin almidón 1334, que después se recicla (como extracto deficiente en asparagina 1380) para lavar y lixiviar continuamente el alimento de patata no tratada 1310. Las rodajas de patata no tratadas 1312 pasan luego a la siguiente etapa de procesamiento, tal como cocinar o calentar.

En la primera operación de unidad, una corriente de patatas peladas y en rodajas que contienen precursores de acrilamida ("patatas no tratadas") 1310 entra en una unidad de extracción 1320, similar a la etapa de lavado 23 de la técnica anterior **Figura 2**, en la que las patatas se ponen en contacto con un extracto de patata 1380 deficiente en precursor. El extracto de patata 1380 deficiente en precursor comprende una corriente de agua que contiene todos los componentes de patata solubles en agua con la excepción del precursor de acrilamida en particular que debe eliminarse del alimento 1310 de patata no tratada. Por lo tanto, en estado de equilibrio en la realización preferida, el extracto de patata 1380 deficiente en precursor comprende una solución o suspensión acuosa de todos los sólidos y compuestos de patata solubles en agua excepto asparagina. El extracto de patata generalmente incluye compuestos solubles en agua, tales como azúcares reductores y no reductores, almidones y diversos aminoácidos. En estado de equilibrio, las concentraciones de compuestos solubles en agua en el extracto 1380 deficiente en precursor, distintos de almidón y asparagina, están en equilibrio o casi en equilibrio con las concentraciones correspondientes de compuestos solubles en agua en el alimento de patata no tratada 1310. Durante el arranque del sistema, las concentraciones de compuestos solubles en agua en el extracto 1380 deficiente en precursor se llevan a niveles de equilibrio ciclando una cantidad predeterminada de agua pura (destilada, desionizada o tratada por ósmosis inversa) a través del sistema de lixiviación 1300 hasta que se haya lixiviado suficiente materia soluble en agua de la alimentación 1310 de patata no tratada y en el extracto 1322. Debido a que la corriente inicial de patatas que entran en la unidad de extracción se lixivian con agua relativamente pura, una cantidad significativa de la materia soluble deseable se extrae de esas patatas y se introduce en el agua de ciclado. Algunas de esas patatas lixiviadas durante la puesta en marcha pueden dar como resultado patatas fritas de aperitivo de calidad inferior después de la cocción, por lo que puede ser deseable descartar esas patatas iniciales después de la lixiviación. De manera similar, también puede ser deseable durante la puesta en marcha usar patatas que, de otro modo, habrían sido descartadas debido a un tamaño o forma inaceptable. Nuevamente, dichas patatas iniciales pueden descartarse después del lavado si se han lixiviado demasiados compuestos solubles deseables.

En esta y otras realizaciones que implican lixiviación selectiva de asparagina, es deseable que los niveles de concentración del extracto 1380 deficiente en precursor (distinto de asparagina, exceso de almidón e impurezas indeseables) estén en equilibrio o casi en equilibrio con los niveles de concentración correspondientes en el alimento de patata no tratada 1310 de modo que ningún gradiente de concentración extraiga la materia soluble deseable del alimento de patata 1310 no tratada durante la lixiviación. Por lo tanto, en una realización, solo existen dos gradientes de concentración principales que deberían existir entre la alimentación 1310 de patata no tratada y el extracto 1380 deficiente en precursor que entran en la unidad 1320 de extracción: uno que extrae asparagina desde la

alimentación 1310 de patata no tratada hasta el extracto 1380 deficiente en precursor y otro que extrae almidón de la alimentación 1310 de patata no tratada al extracto 1380 deficiente en precursor. En una realización, las rodajas de patata se lavan previamente para eliminar el almidón suelto de las rodajas y reducir la acumulación de almidón en la unidad de extracción 1320. Se usa un extracto 1380 deficiente en precursor calentado. Debido a que la solubilidad de la asparagina en el agua aumenta con la temperatura, las temperaturas de lavado/lixiviación más elevadas aumentan la cantidad de asparagina que se puede lixiviar con un caudal dado de extracto 1380 deficiente en precursor. Las temperaturas de la solución de lixiviación oscilan entre 38 °C (100 °F) a 66 °C (150 °F). Además, el extremo más alto de este intervalo de temperatura (aproximadamente 49 °C (120 °F) a aproximadamente 66 °C (150 °F)) puede ser más preferido cuando el extracto de patata es el lixiviado porque se lixivian menos materia soluble deseable debido a la lixiviación preferente de asparagina.

Haciendo referencia de nuevo a la **figura 13a**, cuando el extracto 1380 de patata deficiente en asparagina entra en contacto con las patatas 1310 sin tratar en la unidad de extracción 1320, la asparagina y el almidón se lixivian en el extracto 1380 deficiente en precursor. En la realización preferida, el extracto 1380 deficiente en precursor entra en contacto con las patatas no tratadas 1310 de forma continua, a contracorriente. Se entiende bien en la técnica que el flujo a contracorriente, en comparación con el flujo paralelo, lixivian de manera más eficaz un soluto deseado de un sólido dado. En otra realización, el proceso de extracción se mejora adicionalmente mediante vibración ultrasónica del extracto 1380 deficiente en precursor mientras está en contacto con la alimentación 1310 de patata no tratada. Las vibraciones de alta frecuencia y amplitud corta ayudan a aumentar la tasa de transferencia de masa reduciendo el grosor de las capas límite alrededor de los trozos de patata. Por ejemplo, se lixivian más asparagina de las rodajas de patata en agua pura cuando se somete a las rodajas a frecuencias ultrasónicas de 68 kHz y 170 kHz que lo que se lixivian en agua pura cuando no se aplica frecuencia ultrasónica a las rodajas de patata. Por lo tanto, de este modo, las frecuencias ultrasónicas también lixiviarán más asparagina de las rodajas de patata en un extracto deficiente en asparagina que la que se lixiviaría en el mismo extracto sin tratamiento ultrasónico.

Se pueden usar diversos procedimientos para efectuar una extracción continua a contracorriente entre la alimentación 1310 de patata no tratada y el extracto 1380 deficiente en precursor. Por ejemplo, una realización de la unidad de extracción 1320 utiliza al menos un extractor de inmersión de tipo rosca similar al tipo usado para escaldar las patatas. En general, un extractor de tipo tornillo comprende una hélice que gira dentro de un tubo. La hélice mueve el sólido que se ha de lixiviar en una dirección a lo largo de la longitud del tubo, mientras que una corriente a contracorriente del disolvente de extracción fluye a lo largo de la longitud del tubo en la dirección opuesta. Los extractores de tipo tornillo para escaldar patatas son bien conocidos en la materia, por lo que la construcción y el funcionamiento de los extractores de tipo tornillo no tienen que describirse con detalle en el presente documento. En esta realización, las patatas 1310 no tratadas entran en una unidad de extracción 1320 de tipo tornillo y, a continuación, se mueven continuamente a lo largo de una espiral o hélice giratoria que corre a lo largo de la unidad de extracción 1320. Para aumentar el rendimiento, la alimentación 1310 de patata no tratada puede dividirse y enviarse a través de varias unidades de extracción 1320 de tipo tornillo en paralelo, después se puede volver a unir tras salir de las unidades de extracción. Dentro de cada unidad de extracción 1320 de tipo tornillo, el extracto 1380 de patata deficiente en precursor entra en la unidad en el extremo donde salen las patatas tratadas 1312, fluye hacia abajo por la unidad de extracción 1320 en la dirección opuesta a la que viaja la corriente de patata tratada 1310 y sale de la unidad donde las patatas no tratadas 1310 entran primero en la unidad 1320. A medida que el extracto 1380 deficiente en precursor fluye hacia abajo por el tubo a contracorriente, se fuerza al extracto 1380 deficiente en precursor a poner en contacto la alimentación de patata 1310 no tratada y los precursores de acrilamida y el almidón se lixivian de las patatas no tratadas 1310 en el extracto 1380 deficiente en precursor. Debido a que los trozos de patata 1310 están firmemente controlados por la hélice, el extracto 1380 deficiente en precursor se puede bombear a través de la unidad de extracción 1320 a presiones y velocidades más altas para filtrar con mayor efectividad los precursores de acrilamida. Sin embargo, cuando el tamaño del trozo de patata es importante para el procesamiento posterior, se debe tener cuidado de no aplicar presiones que rompan o dañen trozos individuales de patata en la alimentación 1310. Los niveles de concentración de los precursores de acrilamida, tales como la asparagina, que quedan en las patatas que salen de la unidad de extracción 1320 dependen de diversos parámetros, tales como el tiempo de permanencia en la unidad, los caudales tanto de la alimentación de patata no tratada 1310 como del extracto 1380 deficiente en precursor, y la temperatura del extracto 1380 deficiente en precursor. Por ejemplo, si se desea una concentración final menor de los precursores en la corriente 1312 de patata tratada, la longitud de la unidad de extracción 1320 puede aumentarse, aumentando así el tiempo de permanencia.

Otra realización de la unidad de extracción 1320 comprende un tanque de lavado que contiene un extracto de patata 1380 deficiente en precursor. En esta realización particular, un transportador de tipo malla abierta o de alambre lleva patatas 1310 no tratadas a un extremo del tanque y las sumerge en el extracto de patata 1380 deficiente en precursor durante un tiempo y con distancia predeterminados antes de llevar las patatas 1312 lixiviadas fuera del extracto 1380 deficiente en precursor en el extremo opuesto del tanque de lavado. Para impartir un intercambio a contracorriente entre el extracto 1380 deficiente en precursor y la alimentación 1310 de patata no tratada, el extracto 1380 deficiente en precursor se puede introducir en el tanque en el extremo donde se eliminan las patatas 1312 lixiviadas, y el extracto posterior al lavado 1322 se puede retirar en el extremo donde la alimentación de patata 1310 no tratada entra en el tanque. En los procesos de fabricación de patatas fritas de aperitivo que actualmente usan una unidad de tipo tanque de lavado para eliminar el exceso de almidón, esta realización particular de la unidad de extracción 1320 deficiente en precursor de acrilamida se implementa fácilmente. El tanque de lavado de eliminación

de almidón existente todavía se puede usar con solo algunos cambios menores. Sin embargo, una desventaja de este tipo de extractor es que la velocidad relativa entre la alimentación 1310 de patata no tratada y el extracto 1380 deficiente en precursor, dentro del tanque debe ser lo suficientemente baja como para evitar que la alimentación de patata 1310 no tratada sea forzada fuera del transportador. Por lo tanto, esta realización puede no lixiviar los  
5 precursores de una alimentación de patata 1310 tan rápidamente como los extractores de tipo tornillo.

Todavía otra realización de la unidad de extracción 1320 implica la lixiviación por percolación de un extracto 1380 deficiente en precursor a través de lechos móviles de alimentación de patata 1310. Una clase de extractor de este tipo es el extractor Bollman, que comprende un elevador de cangilones giratorio en una carcasa cerrada. El fondo de cada cangilón, que contiene la alimentación de patata 1310 a lixiviar, está perforado para que el extracto 1380 pueda filtrarse hacia abajo desde un cangilón a otro. Como los extractores de tipo Bollman son bien conocidos en la técnica, en el presente documento no es necesario describir con gran detalle la construcción y el funcionamiento de tales extractores. El elevador giratorio tiene un lateral ascendente y un lateral descendente y también tiene bombas separadas para los laterales ascendente y descendente en los que se recogen el extracto. A diferencia de las realizaciones de la unidad de extracción anterior, los extractores de tipo Bollman tienen secciones de flujo a contracorriente y concurrente: una sección de flujo a contracorriente en el lateral ascendente y una sección de flujo concurrente en el lateral descendente. En funcionamiento, las patatas 1310 no tratadas se introducen en cangilones en la parte superior del elevador en el lateral descendente, y se introduce un extracto 1380 deficiente en precursor sobre los cangilones superiores en el lado ascendente. El extracto que se ha filtrado a través de los cangilones en el lateral ascendente se recoge en el colector del lateral ascendente. El extracto en el colector del lateral ascendente se bombea de regreso a la parte superior del elevador y se introduce sobre los cangilones en el lateral descendente. Después de alcanzar el colector del lateral descendente, el extracto 1322 posterior al lavado se bombea fuera de la unidad de extracción 1320 a la siguiente operación de unidad. Una vez que las patatas no tratadas 1310 han recorrido el lateral descendente y suben por el lateral ascendente, se retiran de los cangilones superiores sobre el lateral ascendente y se transfieren fuera de la unidad de extracción 1320. La lixiviación por percolación ofrece varias ventajas sobre la lixiviación por inmersión. La percolación típicamente ofrece una tasa de extracción mayor que la inmersión porque tiende a haber más mezcla en la percolación, debido a una capa límite más corta entre el disolvente del extracto y los sólidos. Cuando se compara con los extractores de inmersión de tipo tornillo, tiende a producirse menos daño mecánico a los copos. Además, hay menos tendencia a que se produzcan obstrucciones.  
10  
15  
20  
25  
30

Todavía otra realización de la unidad de extracción 1320 comprende un canal inclinado a través del cual fluye un extracto de patata 1380 deficiente en precursor. Mientras que el extracto 1380 deficiente en precursor fluye hacia abajo por el canal desde su extremo superior hasta su extremo inferior, un transportador de tipo malla abierta o alambre transporta las patatas 1310 no tratadas hacia arriba por el canal y a través del extracto 1380 deficiente en precursor que fluye hacia abajo. Para promover un mayor contacto del área de superficie entre las patatas 1310 no tratadas y el extracto deficiente en precursor 1380, este transportador de tipo malla-alambre puede elevarse ligeramente por encima del fondo del canal de modo que el extracto 1380 deficiente del precursor fluye por encima, por debajo y alrededor de las patatas 1310 no tratadas a lixiviar. El transportador puede comprender cualquier malla de calidad alimentaria, cadena, perforada u otra estructura permeable a los líquidos hecha de un material duradero, tal como acero inoxidable u otro tipo de metal, una cerámica o un material basado en polímeros. Varias de estas unidades de extracción pueden usarse en serie para aumentar el tiempo de lixiviación y disminuir las concentraciones finales de asparagina de las patatas tratadas 1312 que salen de la última unidad de extracción. Cuando varias unidades de extracción de este tipo se utilizan en serie, el extracto 1380 deficiente en precursor entra en la parte superior de la última unidad de extracción y desciende por el canal inclinado de cada unidad hasta que llega al fondo de la primera unidad de extracción. En ese momento, el extracto 1322 posterior al lavado tiene concentraciones de precursor cercanas a las de las de las patatas 1310 no tratadas.  
35  
40  
45

Después de que el extracto 1322 posterior al lavado sale de la unidad de extracción 1320, se transfiere a la segunda operación de unidad, la unidad de eliminación de almidón 1340. En la realización preferida, la unidad de eliminación de almidón 1340 comprende un ciclón para eliminar el almidón de forma centrífuga. Debido a que las partículas de almidón tienen una densidad más alta que la mayoría de las otras moléculas solubles en agua en el extracto 1322 posterior al lavado, el ciclón rotatorio 1340 hace que las partículas de almidón más pesadas que el agua se separen del extracto 1322 en las paredes del ciclón y, a continuación, sean dirigidas hacia fuera del ciclón 1340 como una suspensión espesa o pasta 1336. A continuación, el extracto 1334 posterior al lavado sin almidón abandona el ciclón 1340 y es transferido a al menos una unidad 1350 de eliminación del precursor. Aunque la realización preferida de la unidad 1340 de eliminación de almidón comprende un ciclón, se pueden usar otros tipos de equipos y procedimientos para eliminar el almidón. Por ejemplo, el almidón también podría eliminarse por filtración, sedimentación discontinua o floculación. Obsérvese, sin embargo, que la unidad de eliminación de almidón 1340 no es necesaria si se elimina el almidón de la alimentación de patata no tratada 1310 antes de la unidad de extracción 1320.  
50  
55  
60

En la tercera operación de la unidad, el extracto 1334 posterior al lavado sin almidón entra en al menos una unidad 1350 de eliminación del precursor, donde se eliminan los precursores de acrilamida. En una realización, cada unidad de eliminación de precursor 1350 comprende una columna de resina de tipo torre compactada o de tipo torre con deflector, tal como una resina de intercambio iónico que comprende materiales de adsorción que se unen selectivamente con el precursor de acrilamida en particular que se desea eliminar. En una realización en la que la  
65

asparagina es el precursor principal a eliminar, cada columna de resina comprende una enzima inmovilizada, tal como asparaginasa.

5 En una realización, la unidad de eliminación de precursor 1350 comprende una columna que tiene una resina recubierta de asparaginasa o una resina que elimina selectivamente la asparagina de la solución mediante, por ejemplo, unión a la asparagina. En una realización, cuando el extracto 1334 posterior al lavado sin almidón entra en contacto con la resina, la asparagina en el extracto reacciona con la resina y se convierte en amoníaco y ácido aspártico.

10 En una realización, se introduce el extracto 1334 posterior al lavado sin almidón en la parte superior de cada columna y se filtra hacia abajo con una trayectoria indirecta en su camino hacia el fondo. En una realización, cuando el extracto 1334 posterior al lavado sin almidón entra en contacto con la resina, la resina elimina la asparagina de forma selectiva. En cualquiera de las realizaciones anteriores, se elimina una cantidad significativa de asparagina del extracto 1334 posterior al lavado sin almidón en el momento en que alcanza el fondo de la columna de resina. Como  
15 se usa en el presente documento, se elimina una cantidad significativa cuando se elimina al menos el 50 % de la concentración de asparagina del extracto 1334 posterior al lavado sin almidón. A continuación, el extracto 1380 deficiente en asparagina se retira del fondo de la columna de resina y se recicla a la unidad de extracción 1320 para otra ronda de lixiviación. Varias de tales columnas pueden funcionar en serie para reducir aún más las concentraciones de asparagina en el extracto 1334 posterior al lavado sin almidón. Además, dos o más columnas o series de columnas se pueden ejecutar en paralelo para permitir sacar una columna (o serie de columnas) fuera de  
20 línea para regenerar sin detener el proceso de lixiviación continua 1300.

La Figura 13b ilustra el proceso de regeneración si es necesario para una columna de resina que elimina selectivamente la asparagina de la solución uniéndose a la asparagina. Cuando la materia de eliminación de  
25 asparagina de una columna está saturada con asparagina, esa columna se saca de línea y el extracto 1334 posterior al lavado sin almidón se redirige a la columna o columnas restantes. Se envía una solución de regeneración 1360 a través de la columna saturada 1350 para liberar la asparagina de la superficie de la resina. La solución de regeneración 1362 cargada de asparagina que sale de la columna fuera de línea 1350 puede descartarse o puede procesarse adicionalmente para aislar la asparagina y reciclar la solución de regeneración 1360. Cuando la mayoría de la asparagina se ha eliminado de la columna, el flujo de la solución de regeneración 1360 en la columna se detiene. A continuación, se puede usar una pequeña cantidad de extracto 1334 posterior al lavado sin almidón para enjuagar cualquier solución de regeneración atrapada en la columna. En ese punto, la regeneración está completa y se puede reinstalar la columna en el proceso de lixiviación 1300 que se muestra en **Figura 13a**.

35 En una realización alternativa, la operación 1320 de la unidad de extracción se puede dividir en dos operaciones de unidad separadas. La primera de estas operaciones de unidad implicaría una etapa de lavado similar a la etapa de lavado 23 de la técnica anterior que se muestra en la **Figura 2**. Esta etapa de lavado implicaría agua y se realizaría con el fin de eliminar el exceso de almidón de la superficie de las rodajas de patata. Las rodajas de patata lavadas de este modo pasarían luego a una unidad extractora 1320 para tratar con un extracto de patata 1380 deficiente en precursor que también contenía una concentración de almidón suficiente para eliminar o reducir sustancialmente la extracción de almidón adicional de las rodajas de patata. En dicha realización alternativa, la operación 1340 de la  
40 unidad de eliminación de almidón se produciría en una corriente separada de la que se representa en la **Figura 13a**.

La **Figura 14** representa un sistema de lixiviación no selectivo 1400 (que no forma parte de la presente invención) que se usa para lavar trozos de patata cruda y eliminar la asparagina. Este sistema de lixiviación no selectiva 1400  
45 comprende cuatro operaciones de unidad principales: 1) una unidad de extracción 1420 lixivia de forma no selectiva compuestos solubles en agua, incluida asparagina, de una corriente de alimentación 1410 de patata y en un extracto 1460 deficiente en precursor; 2) una unidad de eliminación de almidón 1440 retira el exceso de de almidón no unido 1466 del extracto 1462 posterior al lavado resultante; 3) al menos una unidad de eliminación de asparagina 1450  
50 elimina la asparagina del extracto de patata 1464 posterior al lavado sin almidón; y 4) una unidad de absorción/reposición 1480 rellena las patatas tratadas 1412 con algunos de los compuestos solubles en agua previamente extraídos.

La unidad de extracción 1420, la unidad de eliminación de almidón 1440 y la unidad o unidades de eliminación de precursor 1450 mostradas en la **Figura 14** se construyen y funcionan de una manera similar a la descrita con respecto a la unidad de extracción 1320, la unidad de eliminación de almidón 1340 y la unidad o unidades de eliminación del precursor 1350 mostradas en **Figura 13a**. A diferencia del sistema de lixiviación selectiva 1300 mostrada en la **Figura 13a**, sin embargo, el sistema de lixiviación no selectiva 1400 representado en la **Figura 14** no requiere que la alimentación de patata 1410 no tratada en la unidad de extracción 1420 se lixivie con un extracto de patata. Una corriente continua de alimentación 1410 de patata no tratada que entra en la unidad de extracción 1420 de la **Figura 14** se puede lixiviar con agua pura (destilada, desionizada o tratada por ósmosis inversa) como el extracto 1460 deficiente en precursor. Además, como se comprenderá al revisar todo el proceso, el extracto de patata gastada 1472 sale de la última operación 1480 de unidad puede descartarse y no tiene que reciclarse a la unidad de extracción 1420. Sin embargo, el extracto de patata gastada 1472 puede reciclarse si se desea.  
65

En la primera operación de unidad del sistema de lixiviación no selectiva 1400, una corriente continua de patatas

crudas que contienen precursores de acrilamida ("patatas no tratadas") 1410 fluye desde un extremo de una unidad de extracción 1420 al otro extremo, mientras que un extracto 1460 deficiente en precursor fluye a través de la unidad de extracción 1420 en la dirección opuesta, a contracorriente del flujo de patatas no tratadas 1410. El extracto 1460 deficiente en precursor comprende típicamente agua pura pero puede comprender, alternativamente, extracto de patata gastada 1472 que sale de una unidad de absorción/reposición 1480 o una combinación de agua pura y extracto gastado 1472.

A diferencia de la unidad de extracción 1320 mostrada en **Figura 13a** donde solo se extraen moléculas de asparagina y almidón de una alimentación de patata 1310, la unidad de extracción 1420 mostrada en la **Figura 14** extrae de forma no selectiva cualquier compuesto soluble en agua de una alimentación 1410 de patata no tratada. Debido a que el extracto 1460 deficiente en precursor contiene poco o ninguno de los compuestos hidrosolubles contenidos en la alimentación 1410 de patata no tratada, tales como azúcares reductores y no reductores, almidón y asparagina, los gradientes de concentración entre la alimentación 1410 de patata no tratada y el extracto 1460 deficiente en precursor hacen que los compuestos solubles en agua en la alimentación 1410 de patata no tratada se difundan en el extracto 1460 deficiente en precursor. Después del lavado y lixiviación, las patatas tratadas 1412 salen de la unidad de extracción 1420 y pasan a una unidad de absorción/reposición 1480, mientras que el extracto 1462 posterior al lavado sale de la unidad de extracción 1420 y continúa a una unidad de eliminación 1440 de almidón.

En la segunda operación de unidad del sistema de lixiviación no selectivo 1400, el extracto 1462 posterior al lavado, que ahora contiene almidón, asparagina, azúcares reductores y no reductores, y otros compuestos solubles en agua, entra en una unidad de eliminación 1440 de almidón. Esta unidad se construye y funciona esencialmente de la misma manera que se ha descrito anteriormente con respecto a la unidad de eliminación 1340 de almidón mostrada en **Figura 13a**. La unidad 1440 de eliminación de almidón separa las partículas de almidón del extracto 1462 posterior al lavado y el almidón sale de la unidad como una suspensión espesa o pasta 1466. A continuación, el extracto 1464 posterior al lavado y sin almidón sale de la unidad de eliminación 1440 de almidón y se transfiere a, al menos, una unidad de eliminación 1450 de precursor.

En la tercera operación de unidad del sistema de lixiviación no selectivo 1400, al menos una unidad de extracción 1450 de precursor elimina la asparagina de la misma manera que la descrita anteriormente con respecto a la unidad o unidades de eliminación 1350 de precursor en la **Figura 13a**. De manera similar, cada unidad de eliminación 1450 de precursor en la **Figura 14** se regenera de la misma manera que cada unidad de eliminación 1350 de precursor que se muestra en **Figura 13b**, si fuera necesario. Después de eliminar la asparagina del extracto 1464 posterior al lavado sin almidón, el extracto de reposición 1470 deficiente en precursor resultante sale de la unidad o unidades 1450 de eliminación de precursor y continúa a una unidad de absorción/reposición 1480.

La cuarta operación de unidad del sistema de lixiviación no selectiva 1400 devuelve compuestos solubles en agua previamente lixiviados a las patatas tratadas 1412. Para este fin se usa una unidad de absorción/reposición 1480 y comprende cualquiera de los aparatos comentados en las diversas realizaciones de la unidad de extracción 1320 mostrada en **Figura 13a**. Por ejemplo, la unidad de absorción/reposición 1480 puede comprender un extractor de tipo tornillo, un extractor de tipo de tanque de lavado o un extractor de percolación de tipo Bollman. Aunque con mayor frecuencia se usan para extraer solutos de sólidos en un disolvente de lixiviación, estos aparatos también se pueden usar para lograr la difusión inversa del soluto desde la solución a los sólidos. Tal equipo simplemente mejora la transferencia de masa entre las fases sólida y líquida. Por ejemplo, la unidad de absorción/reposición 1480 puede comprender un extractor de tipo tornillo. Las patatas tratadas 1412 de la unidad de extracción 1420 entran en un extremo del extractor de tipo tornillo 1480 y encuentran un flujo a contracorriente de extracto de reposición 1470 deficiente en precursor. Debido a que el extracto de reposición 1470 deficiente en precursor entrante tiene una concentración relativamente alta de compuestos solubles en agua (principalmente azúcares) y las patatas tratadas 1412 tienen una concentración relativamente baja de compuestos solubles en agua, los compuestos solubles en agua se difunden desde el extracto de reposición 1470 deficiente en precursor de nuevo en las patatas tratadas 1412. Por lo tanto, las concentraciones de solutos solubles en agua en las patatas tratadas 1412 aumentan a medida que las patatas tratadas 1412 avanzan a través de la unidad de absorción/reposición 1480 y las concentraciones de soluto en el extracto de reposición 1470 deficiente en precursor disminuyen a medida que el extracto de reposición 1470 deficiente en precursor avanza a través de la unidad 1480. El extracto gastado 1472 que sale de la unidad de absorción/reposición se puede descartar o se puede reciclar como parte del extracto 1460 deficiente en precursor en la unidad de extracción 1420. Las patatas repuestas 1414 salen de la unidad 1480 con niveles de soluto solubles en agua mayores que los de la corriente de patata tratada 1412 pero inferiores a los niveles iniciales en las patatas crudas, sin tratar 1410.

Si el extracto de patata gastada 1472 se recicla como el extracto 1460 deficiente en precursor que entra en la unidad de extracción 1420, el sistema de lixiviación no selectivo, con el tiempo, funcionará de forma muy similar al sistema de lixiviación selectiva que se muestra en la **Figura 13a**. A medida que se acerca el estado de equilibrio, las concentraciones de materia soluble en agua distintas de asparagina y almidón aumentarán en el extracto 1460 deficiente en precursor y se eliminará menos materia de la alimentación de patata 1410 no tratada. En estado de equilibrio, solo asparagina y almidón se extraen de la alimentación de patata 1420 y en el extracto 1460 deficiente en precursor, haciendo que la unidad de absorción/reposición 1480 sea superflua. El sistema de lixiviación no selectivo

1400 solo se puede usar solo durante el arranque, reciclando el extracto gastado 1472 como extracto 1460 deficiente en precursor en la unidad de extracción 1420 y, después, transformando el sistema de lixiviación no selectivo 1400 en el sistema de lixiviación selectiva 1300 mostrado en la **Figura 13a** evitando la unidad de absorción/reposición 1480 después de alcanzar el estado de equilibrio. Esto minimiza la cantidad de materia soluto (tal como azúcares) que se lixivía indeseablemente de las patatas no tratadas 1310, 1410 durante el arranque. También disminuye el número de trozos de patata tratadas 1312, 1412 que deben descartarse durante el arranque debido a niveles intolerables de solutos deseados.

La eliminación de precursores puede producirse por lixiviación prolongando la etapa de escaldado, que implica tratar patatas enteras o en rodajas 1410 con agua caliente 1460 desde 38 °C (100 °F) hasta 66 °C (150 °F) y, más preferentemente, aproximadamente 49 °C (120 °F) a 66 °C (150 °F) con tiempos de inmersión que varían de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 5 minutos y, más preferentemente, de aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 5 minutos. La relación temperatura/tiempo es importante porque las temperaturas más bajas no eliminan cantidades suficientes de precursores y las temperaturas más altas eliminan todos los componentes con demasiada facilidad. Las rodajas de patata pueden escaldarse en una solución que tiene uno o más aditivos de material soluble deseables, incluyendo, pero sin limitación, azúcares reductores, tales como glucosa y fructosa. La etapa de escaldado puede eliminar cantidades de asparagina para efectuar una reducción de hasta 95 % de la formación de acrilamida. El extracto 1464 posterior al lavado sin almidón que contiene componentes lixiviados de la etapa de escaldado se enfría a continuación para evitar que la enzima se inactive y se mezcle con la enzima asparaginasa con una concentración que varía de 500 a 100.000 unidades y, más preferentemente, entre aproximadamente 3.000 y aproximadamente 100.000 unidades por 1,4 litros de solución durante de 5 a 20 minutos. El extracto 1464 posterior al lavado sin almidón se puede enfriar a una temperatura de menos de aproximadamente 70 °C (158 °F) para evitar la destrucción de la asparaginasa. La solución puede enfriarse a una temperatura entre aproximadamente ambiente y aproximadamente 38 °C (100 °F). La asparaginasa elimina la mayoría de la asparagina del extracto 1464 posterior al lavado sin almidón. Las rodajas tratadas escaldadas 1412 pueden reponerse con materia soluble deseable con el extracto de reposición 1470 deficiente en precursor tratado con enzima para infundir de nuevo en las rodajas el resto de los componentes (sin asparagina) para producir patatas repuestas 1414. La etapa de infusión que se produce en la unidad de absorción/reposición 1480 puede implicar diversos tratamientos de temperatura/tiempo, posiblemente presiones más elevadas o vacío. Las rodajas, después de estos tratamientos, se fríen a la temperatura y tiempos de fritura normal para producir trozos pequeños.

Se realizaron trece ensayos comparativos a diversas relaciones de tiempo y temperatura para analizar la asparagina lixiviada de las rodajas de patata por el escaldado prolongado. En algunos ejemplos, los azúcares de lixiviación se reintrodujeron empapando en diferentes momentos y evaluando el impacto sobre la eliminación de asparagina. Los resultados de los ensayos se proporcionan en la Tabla 3 a continuación.

TABLA 3: Reducción de asparagina de rodajas de patata escaldadas

				Lixiviación		
				Rodajas		Agua
				ASN*	ASN	ASN*
<b>Condiciones de ensayo</b>				ppm	Red.	ppm
1	Control - Empapar durante 2 minutos a temperatura ambiente	2902			20	
2	Empapar 15 min a 140 °F	1353	53,4		103	
3	Empapar 30 min a 140 °F	409	85,9		104	
4	Empapar 60 min a 140 °F	92	96,8		148	
5	Empapar 15 min a 140 °F en 0,02 % de glucosa/fructosa. Aclarar.	487	83,2		159	
6	Empapar 30 min a 140 °F en 0,02 % de glucosa/fructosa. Aclarar	385	86,8		137	
7	Empapar 60 min a 140 °F en 0,02 % de glucosa/fructosa. Aclarar	114	96,1		166	
8	Empapar 15 min a 140 °F/empapar 15 min a 95 °F	440	84,8		119	
9	Empapar 15 min a 140 °F/empapar 30 min a 95 °F	108	96,3		174	
10	Empapar 15 min a 140 °F/empapar 60 min a 95 °F	117	96		167	



		Rodajas		Lixiviación
		ASN*	ASN	Agua
		ppm	Red.	ASN*
<u>Condiciones de ensayo</u>		ppm	Red.	ppm
11	Empapar 15 min a 140 °F /Enfriar el agua de lavado a 95 °F; añadir 10.000 unidades de enzima/mezclar durante 10 min/empapar las rodajas durante 15 min.	7	99,8	150
12	Empapar 15 min a 140 °F Enfriar el agua de lavado a 95 °F; añadir 10.000 unidades de enzima/mezclar durante 10 min/empapar las rodajas durante 30 min.	9	99,7	0
13	Empapar 15 min a 140 °F /Enfriar el agua de lavado a 95 °F; añadir 10.000 unidades de enzima; mezclar durante 10 min/empapar las rodajas durante 60 min.	17	99,4	0
* Prom. de 2 muestras				

5 Pata cada ensayo en la tabla anterior, se pelaron 200 gramos e patatas, se cortaron a un grosor de 0,053 pulgadas y se empaparon en 5 l de agua. Las rodajas se sumergieron en diversas condiciones para lixiviar la asparagina. Después de cada ensayo, se tomaron muestras de las rodajas de patata y del agua de lixiviación para asparagina. Por lo tanto, en la muestra de control del ensayo 1, se empaparon 200 gramos de rodajas de patata con un espesor de 0,053 pulgadas durante dos minutos en 5 litros de agua pura a temperatura ambiente (aproximadamente 21 °C (70 °F)). Dos rodajas de patata analizadas tenían una concentración promedio de asparagina de 2,902 ppm de asparagina y el agua de lixiviación tenía 20 ppm de asparagina. Como se indicó en los ensayos 2-4, los tiempos de empapado más largos produjeron una mayor reducción de la concentración de asparagina en las rodajas de patata empapadas o lixiviadas y una mayor concentración de asparagina en el agua de lixiviación. Como se indicó en los ensayos 5-7, el empapado de las rodajas de patata en una solución con un 0,02% de azúcares reductores dio como resultado una reducción mayor (el ensayo 5 fue mayor que el ensayo 2) o similar (los ensayos 3 y 6 y los ensayos 4 y 7 fueron comparables) de la concentración de asparagina de las rodajas de patata que el empapado con los mismos tiempo y temperatura en agua pura. Este descubrimiento es importante porque demuestra que la lixiviación selectiva deseada se puede lograr de manera efectiva o más efectiva que la lixiviación no selectiva.

10 Una etapa de empapado adicional en agua pura a una temperatura más baja produjo una mayor reducción de asparagina según lo indicado por los ensayos 8-10 en comparación con los resultados encontrados por una única etapa de empapado en los ensayos 2-4. Los ensayos 11-13 revelan que una primera etapa de empapado en agua a 60 °C (140 °F), seguido de enfriamiento del agua a 35 °C (95 °F) para evitar que la enzima se inactive al rodear el cangilón con hielo, seguido de la adición de 10.000 unidades de asparaginasa, mezclar durante 10 minutos y permitir que las rodajas de patata se empapen, elimina más del 99 % de la asparagina en las rodajas de patata. Además, cuando la etapa de empapado final es de 30 minutos o más, como se indica en los ensayos 12 y 13, no queda cantidad detectable de asparagina en el agua lixiviada.

25 La Figura 15 es un diagrama esquemático de un sistema y procedimiento de adición de una enzima 1555 al extracto 1574 posterior al lavado sin almidón para proporcionar una solución 1580 deficiente en precursor de acrilamida, poniendo en contacto trozos de alimentos crudos o de patata 1510 no tratada que tienen una concentración nativa de asparagina en la solución 1580 deficiente en precursor de acrilamida lixivía, preferentemente, el precursor de acrilamida de los trozos de alimento no tratado 1510 de forma tal que el trozo de alimento crudo tiene una concentración reducida de asparagina que es menor que la concentración nativa, y eliminando los trozos de alimento tratado 1512 desde la unidad de extracción 1520. Como se ilustra mediante el sistema de lixiviación 1500 en la **Figura 15**, la fase de lavado puede modificarse para incluir un proceso continuo para lixiviar precursores de acrilamida de una alimentación de patata no continua 1510.

35 En una realización, se usan cinco operaciones de unidades principales para lavar las patatas y extraer selectivamente el precursor principal, asparagina: 1) un mezclador 1530 prepara un extracto de patata 1532; 2) una unidad de eliminación de almidón 1540 retira el exceso de de almidón no unido y sólidos de patata 1546; 3) al menos una unidad de eliminación de asparagina 1550 elimina la asparagina del extracto de patata 1534 posterior al lavado sin almidón, que después se recicla (como extracto deficiente en asparagina 1552) para lavar y lixiviar continuamente el alimento de patata no tratada 1510; y 4) se puede usar al menos una unidad de eliminación 1560 de producto de reacción para evitar la acumulación de productos de reacción, tales como amoníaco y ácido aspártico que pueden resultar de hacer reaccionar asparagina con asparaginasa en la unidad de eliminación 1550 de precursor; y 5) una unidad de extracción 1520 lixivía la asparagina de una corriente de alimentación de patata 1510 no tratada y en un extracto de patata deficiente en asparagina 1580.

En la primera operación de unidad, usada principalmente durante el arranque o como una corriente de reposición, se añaden patatas crudas peladas y cortadas en rodajas 1514 y agua 1516 a un mezclador 1530 para preparar puré de patata o extracto de patata 1532. En esta y otras realizaciones que implican lixiviación selectiva de asparagina, es deseable que los niveles de concentración del extracto precursor (distinto de asparagina, exceso de almidón e impurezas indeseables) estén en equilibrio o casi en equilibrio con los niveles de concentración correspondientes en la alimentación de patata 1510 no tratada de modo que pueda extraer la materia soluble deseable de la alimentación de patata 1510 no tratada durante la lixiviación. Por lo tanto, en una realización, si las rodajas de patata no se lavan previamente, solo existen dos gradientes de concentración principales que deberían existir entre la alimentación 1510 de patata no tratada y el extracto 1580 deficiente en asparagina que entran en la unidad 1520 de extracción: uno que extrae asparagina desde la alimentación 1510 de patata no tratada hasta el extracto 1580 deficiente en asparagina y otro que extrae almidón de la alimentación 1510 de patata no tratada al extracto 1580 deficiente en asparagina. Por consiguiente, la cantidad de agua 1516 utilizada para preparar el extracto 1532 se minimiza preferentemente. En una realización, el extracto comprende entre aproximadamente 300 gramos y aproximadamente 1.000 gramos de patata por 1,4 litros de agua. En una realización, el agua comprende entre aproximadamente 500 unidades y aproximadamente 100.000 unidades por 1,4 litros. Además, puede ser deseable usar un extracto 1580 deficiente en asparagina calentado. Debido a que la solubilidad de la asparagina en el agua aumenta con la temperatura, las temperaturas de lavado/lixiviación más elevadas aumentan la cantidad de asparagina que se puede lixiviar con un caudal dado de extracto. Se usan temperaturas de solución de lixiviación típicas que van desde 38 °C (100 °F) a 66 °C (150 °F).

Haciendo referencia de nuevo a la **figura 15**, cuando el extracto 1580 de patata deficiente en asparagina entra en contacto con las patatas 1510 sin tratar en la unidad de extracción 1520, la asparagina y el almidón se lixivian en el extracto 1580 deficiente en asparagina. Las mismas unidades de extracción comentadas anteriormente con respecto a la **Figura 13a** puede usarse en las realizaciones representadas en **Figura 15**.

Después de que el extracto 1522 posterior al lavado sale de la unidad de extracción 1520, puede transferirse a la unidad de eliminación 1540 de almidón. Las mismas unidades de eliminación de almidón comentadas anteriormente con respecto a la **Figura 13a** pueden usarse en las realizaciones representadas en la **Figura 15**.

En la siguiente operación de la unidad, el extracto 1534 posterior al lavado sin almidón entra en al menos una unidad 1550 de eliminación del precursor, donde se eliminan los precursores de acrilamida.

La unidad de eliminación 1550 de precursor comprende uno o más puertos de inyección 1555 de asparaginasa. En una realización, la unidad de eliminación 1550 de precursor comprende un mezclador continuo. Se debe añadir suficiente asparaginasa 1555 de manera que la concentración de asparagina en la corriente 1552 de salida deficiente en asparagina comprenda menos de aproximadamente 50 % y, más preferentemente, menos de aproximadamente 90 % de la concentración de asparagina del extracto 1534 posterior al lavado sin almidón.

La corriente de salida 1552 deficiente en asparagina tendrá productos de reacción, concretamente amoníaco y ácido aspártico, como resultado de la reacción de la asparaginasa con la asparagina. Es deseable en un proceso continuo eliminar algunos o todos los productos de reacción antes de entrar en la unidad de extracción 1520 para mantener una fuerza impulsora de asparagina preferente o selectiva favorable fuera de las patatas no tratadas 1510 y minimizar cualquier efecto colateral indeseado que tales productos de reacción puedan tener sobre la calidad y las características de las patatas tratadas 1512 que salen de la unidad de extracción 1520. Por consiguiente, pueden usarse varias técnicas solas o en conjunto para disminuir la concentración de los productos de reacción en el extracto 1580 deficiente en asparagina que entra en la unidad de extracción 1520.

En una realización, una cantidad 1558 de la corriente de salida 1552 deficiente en asparagina se retira del sistema de lixiviación 1500 y se puede dirigir a una corriente de agua residual. En una realización, la corriente de formación 1532 del extracto de patata que entra en el sistema de lixiviación 1500 es proporcional o igual a la cantidad 1558 de extracto deficiente en asparagina que sale del sistema de lixiviación 1500.

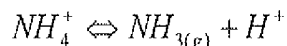
En una realización, la corriente de salida 1552 deficiente en asparagina se divide en una corriente de derivación 1556 y una corriente de deslizamiento 1554 que se dirige a una o más unidades de eliminación de producto de reacción. En una realización, una unidad de eliminación de amoníaco 1560 elimina preferentemente amoníaco 1562 de la corriente de deslizamiento 1554 deficiente en asparagina. La corriente deslizante 1554 puede comprender de aproximadamente 0 % a aproximadamente 100 % del flujo de la corriente 1552 de extracto deficiente en asparagina. La corriente de deslizamiento 1554 se puede configurar para que funcione intermitentemente de manera que toda o una parte de la corriente 1552 de extracto deficiente en asparagina sea dirigida a una o más unidades 1560 de eliminación de producto de reacción durante una cantidad de tiempo seleccionada. Por ejemplo, por cada hora de funcionamiento del sistema de lixiviación 1500, la corriente de deslizamiento 1554 deficiente en asparagina puede funcionar durante aproximadamente 30 minutos consecutivos o intermitentes y puede procesar toda o parte de la corriente 1552 de extracto deficiente en asparagina.

En una realización, la unidad de eliminación 1560 de amoníaco puede eliminar amoníaco por uno o más procedimientos de eliminación de amoníaco solos o en combinación. El procedimiento de eliminación de amoníaco se puede seleccionar calentando la corriente, reduciendo la presión de la corriente, introduciendo burbujas de un

gas, tal como aire, vapor o nitrógeno a través de la corriente, ajustando el pH de la corriente y utilizando una resina de intercambio iónico para eliminar selectivamente el amoníaco de la corriente.

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

5



Las técnicas disponibles para la eliminación de amoníaco de corrientes acuosas normalmente solo pueden recuperar la forma iónica ( $NH_4$ ) o la forma gaseosa ( $NH_3$ ) del amoníaco. Debido a que el sistema está en equilibrio, la eliminación de la forma gaseosa del amoníaco hace que una mayor parte de la forma iónica se convierta en la forma gaseosa, desplazando la reacción anterior hacia la derecha. El amoníaco en forma gaseosa también se ve favorecido en condiciones básicas, ya que la forma iónica del amoníaco intentará establecer el equilibrio. Debido a que el calor puede volatilizar el gas de amoníaco de la solución, una solución calentada de amoníaco también desplazará la reacción anterior hacia la derecha. Cualquier amoníaco gaseoso en el espacio superior de una solución también tendrá un impacto en el gas de amoníaco en solución. Por consiguiente, la eliminación del gas amoníaco del espacio superior mediante, por ejemplo, el uso de un vacío u otro procedimiento de despresurización también puede ayudar a volatilizar el gas amoníaco en la solución, lo que desplazará la reacción hacia la derecha. El amoníaco también se puede eliminar por otros procedimientos conocidos divulgados en la patente de los Estados Unidos n.º 6.838.069, siempre y cuando los procedimientos sean seguros para los alimentos. Por ejemplo, el amoníaco puede ponerse en contacto con un sorbente que sea un hidróxido de metal sólido para cargar amoníaco en el sorbente y el sorbente puede regenerarse con un ácido débil. Por consiguiente, en una realización, la unidad de eliminación 1560 de amoníaco puede comprender dos unidades; una unidad para la regeneración y una unidad para la eliminación de amoníaco.

En una realización, una unidad de eliminación 1570 de ácido aspártico puede eliminar el ácido aspártico 1572 por uno o más procedimientos de eliminación de ácido aspártico solos o en combinación. El procedimiento de eliminación de ácido aspártico se puede seleccionar utilizando una resina de intercambio iónico para eliminar selectivamente el ácido aspártico de la corriente, filtrando con una membrana de ultrafiltración, electroforesis y ajustando el pH de la corriente.

30

Se puede usar una resina de intercambio iónico en la unidad de eliminación 1560 de amoníaco y/o la unidad de eliminación 1570 de ácido aspártico en un lecho compactado. Como alternativa, la resina de intercambio iónico se puede usar en una operación discontinua continua donde la resina se coloca en un cangilón y se mezcla con la corriente de deslizamiento 1554 y la resina absorbe los precursores de la reacción y la resina se puede eliminar y regenerar.

35

En una realización, el pH de la corriente de deslizamiento 1554 se reduce para precipitar ácido aspártico. A continuación, se puede eliminar el precipitado mediante centrifugación, hidrociclón, filtración u otros medios adecuados. En una realización, el pH se ajusta a un intervalo de entre aproximadamente 4 y aproximadamente 6 y, más preferentemente, entre aproximadamente 4,5 y aproximadamente 5,5. Se puede usar una membrana de ultrafiltración solo o en combinación con un ajuste de pH para filtrar el ácido aspártico. El extracto de patata 1574 deficiente en precursor purificado resultante que ha sido dirigido a través de la unidad de eliminación 1560 de amoníaco y/o la unidad de eliminación 1570 de ácido aspártico tendrá menos productos de reacción o subproductos (por ejemplo, menos amoníaco y/o ácido aspártico) que la corriente de salida 1552 deficiente en asparagina. El extracto 1574 de patata deficiente en precursor purificado se puede mezclar con la corriente 1556 de derivación y convertirse en el extracto 1580 de patata deficiente en asparagina.

45

A continuación, una corriente de patatas peladas y en rodajas que contienen precursores de acrilamida ("patatas no tratadas") 1510 entra en una unidad de extracción 1520, similar a la etapa de lavado 23 de la técnica anterior **Figura 2**, en la que las patatas se ponen en contacto con un extracto de patata 1580 deficiente en precursor. El extracto 1580 de patata deficiente en asparagina comprende una corriente de agua que contiene todos los componentes de patata solubles en agua con la excepción del precursor de acrilamida particular que debe eliminarse de la alimentación de patata 1510 no tratada. Por lo tanto, en estado de equilibrio en la realización preferente, el extracto de patata 1580 deficiente en precursor comprende una solución o suspensión acuosa de todos los sólidos y compuestos de patata solubles en agua excepto asparagina. El extracto de patata generalmente incluye compuestos solubles en agua, tales como azúcares reductores y no reductores, almidones y diversos aminoácidos. En estado de equilibrio, las concentraciones de compuestos solubles en agua en el extracto 1580 deficiente en precursor, distintos de almidón y asparagina, están en equilibrio o casi en equilibrio con las concentraciones correspondientes de compuestos solubles en agua en el alimento de patata no tratada 1510. Un punto que debe tenerse en cuenta al revisar los efectos de la manipulación de varios parámetros de las operaciones de unidad, tales como los efectos que se muestran en **Figuras 13 y 14**, es que todos estos ajustes tendrán algún efecto colateral sobre la calidad y las características del producto final. Por consiguiente, cualquier ajuste realizado en cualquiera de las operaciones de unidad debe seleccionarse cuidadosamente para llegar al producto que presente las características finales deseadas. Estas características incluyen color, sabor, sensación en boca, densidad, olor y los aspectos relacionados con la vida útil del producto acabado.

65

La Figura 5 se centra en otro aspecto de las operaciones de la unidad y muestra el efecto de la disminución del nivel de humedad sobre el trozo pequeño durante la etapa de cocción. Haciendo referencia otra vez a la **figura 2**, la etapa de cocción 24 es una operación unitaria que típicamente implica cocinar patatas fritas cortadas en rodajas en una freidora de aceite continua a altas temperaturas. Volviendo a la **Figura 5**, el gráfico sobre el mismo refleja en el eje horizontal o x el nivel de humedad del producto de trozo pequeño final. El eje vertical o y se marca nuevamente en ppb de acrilamida ("AA") que se encuentra en el producto final. A continuación, se representa una serie de puntos de datos que muestran un porcentaje de humedad frente al nivel de acrilamida de trozo pequeño final. Se usaron dos temperaturas de fritura diferentes con símbolos en rombo que representan trozos pequeños fritos a aproximadamente 178 °C (353 °F), mientras que los símbolos cuadrados se usan para representar los puntos de datos para los trozos pequeños fritos a aproximadamente 149 °C (300 °F). Los trazados lineales 51, 52 están ajustados por curva en los puntos de datos para establecer una tendencia. Los gráficos de líneas ajustadas por curva 51, 52 siguen la ecuación general:  $y = c x^b$ , en la que "y" representa el nivel de acrilamida, "c" es una constante, "x" es el nivel de humedad y "b" es el exponente de "x". El diagrama de la primera línea 51 se refiere a los puntos de datos de temperatura de fritura a 149 °C (300 °F). La segunda línea 52 se refiere a los puntos de datos trazados para la temperatura de fritura a 178 °C (353 °F). Como se puede observar en la **Figura 5**, los niveles de acrilamida permanecen muy bajos a niveles de humedad del trozo pequeño por encima del 3 % de humedad por peso, independientemente de la temperatura de fritura.

Mientras la Figura 5 muestra la relación entre los niveles de acrilamida y el contenido de humedad en rodajas de patata frita, la Figura 6 representa la misma relación en los productos de patatas fritas horneadas hechas a partir de una mezcla seca. El eje vertical del gráfico en **Figura 6** muestra concentraciones de acrilamida, mientras que el eje horizontal muestra niveles de humedad en peso. Aunque las concentraciones de acrilamida tienden a ser más altas en los productos de patata frita horneada que en las rodajas de patata frita, Las Figuras 5 y 6 muestran ambas que las concentraciones de acrilamida permanecen bastante bajas en los productos de patata cocida hasta que el nivel de humedad cae por debajo de aproximadamente 3 %.

Lo que se hace evidente por las Figuras 5 y 6 es que los niveles de acrilamida en las patatas fritas de aperitivo cocinadas en una freidora típica aumentan bastante drásticamente una vez que el nivel de humedad cae por debajo del 3 % de humedad en peso, en ese punto parece que no queda suficiente humedad para mantener la temperatura del producto por debajo de la temperatura de formación de acrilamida. Por ejemplo, La Figura 5 ilustra que el nivel de acrilamida encontrado en el producto final es relativamente bajo cuando el nivel de humedad del trozo pequeño durante la operación de la unidad de cocción es del 3 % en peso o mayor, independientemente de la exposición a 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 de unidad que puede ajustarse para la reducción de la formación de acrilamida en el producto final.

Desafortunadamente, el nivel de humedad en una patata frita para aperitivo acabada debería estar, idealmente, por debajo de aproximadamente 2 % y, preferentemente, entre aproximadamente 1,3 y 1,4 %. Cualquier cantidad superior al 2 % e incluso superior al 1,4 % puede provocar problemas de deterioro y descomposición microbiana en el producto envasado, así como consecuencias organolépticas, por ejemplo, el sabor, la textura, etc. Sin embargo, los cambios en el color, el sabor y la consistencia del producto final se pueden ajustar de varias maneras. Asimismo, puede ser posible contrarrestar las consecuencias de terminar el producto alimenticio con un mayor contenido de humedad ajustando varios factores en la etapa previa al envasado, tal como extender las campanas de la freidora, cubrir los transportadores hacia la máquina de envasado, deshumidificación del ambiente de la planta y varios factores en el envasado, tales como materiales de envasado, películas, bolsas y sellos. Por lo tanto, según otra realización del procedimiento divulgado para reducir la formación de acrilamida en alimentos procesados térmicamente, una operación adicional de la unidad comprende terminar el producto alimentario a medida que emerge de su etapa de cocción final con un contenido de humedad, por ejemplo, a aproximadamente 1,4 % en peso, aproximadamente 1,6 % en peso, aproximadamente 1,8 % en peso y aproximadamente 2 % en peso, o en cualquier % de humedad de peso entre 1,4 % y 2 %.

Sin embargo, es importante indicar que se sabe que otros productos de patatas forman cantidades significativas de acrilamida incluso con un contenido de humedad relativamente elevado. Por ejemplo, las patatas fritas, que típicamente dejan en la freidora más del 15 % de humedad en peso, han demostrado desarrollar cantidades significativas de acrilamida durante la cocción. Esto sugiere que la formación de acrilamida depende de la temperatura (particularmente la temperatura superficial) de un producto de cocción más que del contenido de humedad total. De hecho, los estudios han demostrado que la acrilamida no se forma en cantidades significativas hasta que los reactivos necesarios se exponen a temperaturas de aproximadamente 250 °F/120 °C. Parece, por lo tanto, que un producto de patata que contiene compuestos precursores de acrilamida no formará cantidades significativas de acrilamida hasta que, tras la cocción, la temperatura del producto, que puede diferir significativamente de la temperatura del medio de cocción, supere los 120 °C (250 °F). Sin embargo, el contenido de humedad de dicho producto puede ser una buena indicación de si la temperatura del producto ha subido por encima de la temperatura de formación de la acrilamida.

Los expertos en la técnica tienen 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, incluso en un entorno de temperatura

relativamente alta. Sin embargo, cuando se elimina la mayor parte de la humedad, sin embargo, los entornos de alta temperatura pueden hacer que la temperatura del producto se eleve por encima de la temperatura de formación de la acrilamida. Sin embargo, es importante tener en cuenta, que no todas las porciones de un producto de cocción comparten la misma temperatura interna. las patatas fritas, por ejemplo, pueden ser bastante gruesas en comparación con las rodajas de patata y, por lo tanto, tienden a tener un mayor gradiente de humedad entre las partes interna y externa del producto. Por consiguiente, es posible que una patata frita que se haya cocinado presente una temperatura superficial bastante elevada incluso si su contenido de humedad interior es elevado. Por el contrario, una patata en rodajas es más delgada y tiende a presentar niveles de humedad más consistentes a través de la rodaja durante la cocción. Por lo tanto, al menos para productos finos, tal como las rodajas de patata o los trozos de patata fabricados, el nivel de humedad puede ser aún un buen indicador de su temperatura interna. Esto también es válido para los productos que no son de patata frita, cebada, trigo, centeno, arroz, avena, mijo y otros granos a base de almidón. Además, el equipo de cocción continua se puede diseñar con diferentes etapas de temperatura que progresivamente disminuyen de las temperaturas más elevadas a las más bajas a medida que el contenido de humedad del producto cocinado disminuye. Esto facilita que la humedad se extraiga rápidamente sin permitir que la temperatura del producto aumente por encima de la temperatura de formación de la acrilamida.

Por consiguiente, un elemento de la presente invención implica la división de la operación de unidad de cocción (la cuarta operación de unidad 24 representada en la figura 2) en por lo menos dos etapas de calentamiento separadas. Una primera etapa de calentamiento tiene lugar a temperaturas elevadas para reducir el nivel de humedad a algún punto próximo pero superior al 3% en peso. A continuación, se acaba el producto al nivel de humedad deseado de aproximadamente 1-2 % en peso, pero, preferentemente, aproximadamente 1,4% en peso, con una etapa de cocción a temperatura inferior que tiene una temperatura por debajo de aproximadamente 120 ° C (250 ° F). Sin embargo, las modificaciones del proceso descritas en la presente memoria no se limitan a procesos de técnicas anteriores para cocinar rodajas de patatas como el dado a conocer en la figura 2. Estas modificaciones también son aplicables en procesos para fabricar productos derivados de patata, maíz, trigo, centeno, arroz, avena, mijo y otros granos a base de almidón. Por ejemplo, estas modificaciones del proceso pueden usarse para reducir la formación de acrilamida en productos fabricados de papa y maíz, cereales, galletas, galletas saladas, pretzels duros y panes, por citar algunos. Cabe destacar que se entiende que las expresiones "etapa de cocción modificada" y "operación de unidad de cocción modificada" incluyen no solo el procedimiento de la técnica anterior de la **figura 2** para cocinar rodajas de patatas sino también los procedimientos de la técnica anterior para elaborar otros productos alimentarios en los que es deseable reducir la formación de acrilamida. Asimismo, la expresión "trozos a base de patata" incluye tanto rodajas de patatas cruda como trozos de patata elaborados a partir de almidón o masa de patata.

Cada etapa de calentamiento se puede conseguir utilizando varios procedimientos de calentamiento. Por ejemplo, la primera etapa de calentamiento puede comprender fritura atmosférica, fritura al vacío, fritura asistida por microondas u horneado. La primera etapa de calentamiento, sin embargo, puede comprender, de forma alternativa, cualquier otro procedimiento para cocinar el producto y reducir su nivel de humedad considerando principalmente las eficiencias de producción, tales como el tiempo de permanencia, los costes de energía, los costes de capital del equipo y el espacio disponible en el suelo. Cuando la primera etapa de calentamiento implica freír el producto, la primera etapa de calentamiento a menudo se llama "fritura parcial", ya que dicha fritura solo cocina parcialmente el producto hasta que su contenido de humedad desciende a un punto cercano pero superior al 3 % en peso. La segunda etapa de calentamiento puede comprender fritura al vacío, fritura en horno a baja temperatura, secado en horno al vacío, o cualquier procedimiento de cocción que mantenga las temperaturas de cocción requeridas por la segunda etapa de calentamiento. Sin embargo, también se pueden usar otros procedimientos para reducir el contenido de humedad y evitar las condiciones de baja humedad/alta temperatura más favorables para la formación de acrilamida, siempre que la temperatura del producto permanezca por debajo de la temperatura de formación de acrilamida de aproximadamente 120 ° C (250 ° F). La segunda etapa de calentamiento a menudo se denomina "fritura completa" o "secado acabado", ya que el contenido de humedad se reduce aún más al nivel final deseado.

Modificando la etapa de lavado 23 y/o la etapa de cocción 24 del proceso para hacer las patatas fritas de aperitivo que se muestran en **Figura 2**, los niveles de acrilamida en el producto final pueden reducirse significativamente sin afectar adversamente a la calidad del producto y a las características finales. En una realización preferida, un proceso de fabricación de patatas fritas para aperitivo utilizando patatas fritas frescas combina las etapas de pelado, corte y lavado tradicionales con una operación de unidad de cocción modificada que implica fritura parcial a aproximadamente 165 a aproximadamente 182 ° C (330-360 ° F) durante aproximadamente 1-3 minutos, seguido de secado en horno por debajo de aproximadamente 120 ° C (250 ° F) hasta que el nivel de humedad del trozo pequeño se reduzca a aproximadamente el 1,4 % en peso. En ensayos que usan esta realización preferida, se alcanzan niveles de acrilamida inferiores a 130 ppb. Esta realización preferida alcanza un balance entre un nivel elevado de reducción de la acrilamida con un cambio aceptable en la calidad del producto asociado con las modificaciones necesarias del proceso. Sin embargo, son posibles otras realizaciones. Las **Figuras 7a, 7b, y 8** muestran diversos ejemplos de combinaciones de modificaciones de lavado que comprenden poner en contacto con una solución acuosa y modificaciones de cocción que reducen los niveles finales de acrilamida de los niveles resultantes de los procedimientos 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** implican realizaciones para procesar rodajas de patata cruda, los procedimientos de lavado modificados utilizados en esas realizaciones también pueden aplicarse a otros tipos de alimentos crudos en los que es deseable la reducción de acrilamida, tales como boniatos, ñames y plátanos. Del

mismo modo, las modificaciones de cocción utilizadas en esas realizaciones también se pueden aplicar a otros productos alimentarios fritos, tales como tortillas fritas, plátanos fritos, boniatos fritos y ñames fritos.

La **figura 7a** representa los niveles de acrilamida resultantes de patatas fritas para aperitivo elaboradas combinando varias realizaciones distintas de una etapa de lavado modificada que comprende el contacto con una realización particular de una etapa de cocción modificada. La etapa de cocción modificada de la **Figura 7a** comprende freír parcialmente ("fritura parcial") rodajas de patata a aproximadamente 178 °C (353 °F) durante aproximadamente DE uno a tres minutos en una primera etapa de calentamiento, después el secado en horno de las rodajas de patata 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 de freír parcialmente seguido de un secado al horno es que se pueden evitar las condiciones de humedad baja/temperatura elevada que son más favorables para la formación de acrilamida y producir igualmente productos finales que son organolépticamente similares a los productos tradicionalmente fritos. Sin embargo, un secado al horno prolongado puede conferir al producto una sensación de sequedad en la boca y puede provocar un abrasamiento del producto que es difícil de enmascarar.

La vertical o eje y del gráfico en la **Figura 7** muestra las concentraciones de acrilamida en ppb, mientras que la horizontal o eje x está marcada para mostrar los parámetros de cada realización de la etapa de lavado modificada que comprende el contacto de las rodajas de patata con una solución acuosa. cada punto de datos representa un par de barras verticales: la barra de la izquierda representa las concentraciones de acrilamida después del contacto y la fritura parcial, mientras que la barra de la derecha representa las concentraciones de acrilamida después del secado en el horno. Leyendo de izquierda a derecha, el primer punto de datos 71 de la **Figura 7a**, como el de las **Figuras 3 y 4**, es una muestra base que implica un lavado en agua de dos a tres minutos a temperatura ambiente, después del cual la muestra se fríe atmosféricamente a aproximadamente 1,3 % de humedad en peso. El segundo punto de datos 72 es como el primero con la excepción de que la muestra se fríe a aproximadamente el 1,0 % de humedad. Cabe destacar que la primera y la segunda muestras 71, 72 desarrollaron aproximadamente 320 ppb y 630 ppb de acrilamida, respectivamente. El tercer punto de datos 73 implica el mismo lavado en agua a temperatura ambiente durante de dos a tres minutos, pero, después, la muestra se fríe a una humedad ligeramente superior al 3 % y se seca en el horno a aproximadamente 1,3 % de humedad. Las barras izquierda y derecha representan que la muestra abandonó la etapa de fritura parcial con una concentración de acrilamida relativamente baja de aproximadamente 65 ppb y aumentó menos de 15 ppb en la etapa de secado en horno. El cuarto punto de datos 74 implica el contacto de una solución acuosa que comprende agua con las rodajas de patata durante un tiempo de contacto de cinco minutos a aproximadamente 60 °C (140 °F), seguido de las etapas de fritura parcial y secado en el horno de la operación de unidad de cocción modificada. Este contacto de cinco minutos, 60 °C (140 °F) combinado con las etapas de fritura parcial y secado en horno da como resultado una concentración final de acrilamida incluso más baja, de menos de 40 ppb.

Las muestras se pusieron en contacto con soluciones de cloruro cálcico 75, 76, 77 produjeron todas unos niveles de acrilamida superiores a los producidos por la muestra 74 en contacto con agua pura durante cinco minutos a aproximadamente 60 °C (140 °F). Sin embargo, los niveles finales de acrilamida de todas estas muestras estaban todavía por debajo de 80 ppb, que es significativamente inferior a los 320 ppb en la muestra base.

El último punto de datos 78 implica un contacto de 15 minutos con una solución acuosa que comprende un 1 % de L-cisteína. De forma interesante, de los distintos procedimientos de contacto representados en la **Figura 7a**, este procedimiento de contacto produjo la concentración de acrilamida más baja. Este procedimiento de contacto, sin embargo, también requirió el tiempo de contacto más largo de los diversos procedimientos que se muestran en **Figura 7a**. Aunque la utilización de un 1 % de L-cisteína 78 como solución acuosa para el contacto dio como resultado el nivel más bajo de acrilamida en el producto final, se han de considerar otros factores, tales como el efecto de un tiempo de contacto tan prolongado sobre la calidad del producto, así como el coste de aumentar el tiempo de contacto.

La **figura 7b** representa los últimos seis puntos de datos 73, 74, 75, 76, 77, 78 de la **Figura 7a** en un gráfico 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 podrían esperar si las muestras de ensayo se hubieran frito a un nivel de humedad ligeramente superior al 3 % en peso y, después, secado en el horno a aproximadamente 120 °C (250 °F) a un nivel de humedad normalizado de aproximadamente 1,3 % en peso. Los niveles de acrilamida están normalizados de la misma forma descrita anteriormente en relación con la **Figura 4**. Al comparar los resultados 83, 84, 88 mostrados en la **Figura 8** con los de los experimentos similares 41, 43, 45 mostrados en la **Figura 4**, se puede observar que dividir la operación de unidad de cocción en una primera etapa de calentamiento a temperatura elevada y una segunda etapa de calentamiento a temperatura más baja reduce significativamente los niveles de acrilamida. Mientras que la **Figura 4** muestra que la fritura según la forma tradicional a un nivel de humedad normalizado al 1,32 % en peso debe dar como resultado concentraciones de acrilamida que varían en un intervalo ligeramente superior a 100 ppb hasta aproximadamente 400 ppb, la **Figura 8** muestra que la fritura parcial y el secado al horno al mismo nivel de humedad normalizado debería dar como resultado unas concentraciones de acrilamida significativamente inferiores a 100 ppb. El beneficio acumulativo de la combinación de una operación de unidad de lavado modificada que

comprende una etapa de contacto con una operación de unidad de cocción modificada resulta particularmente aparente cuando se compara el punto de datos de contacto 43 de 54 °C (130 °F) /5 minutos de la **Figura 4** y el punto de datos de contacto 84 de 60 °C (140 °F) /5 minutos de la figura 8 con el punto de datos de base 41 de la **Figura 4**. Como se ha expuesto anteriormente en relación con la **Figura 4**, el incremento del tiempo de contacto desde 2-3 minutos hasta 5 minutos e incrementando la temperatura de contacto desde la temperatura ambiente hasta aproximadamente 54 °C (130 °F) hace que el nivel de acrilamida en el producto final disminuya desde aproximadamente 330 ppb hasta aproximadamente 230 ppb. El segundo punto de datos 84 de la **Figura 8** muestra que el nivel final de acrilamida puede reducirse más hasta menos de 40 ppb cuando una etapa de contacto similar de 5 minutos de duración, a aproximadamente 60 °C (140 °F) es seguida por una operación de unidad de cocción modificada que implica la fritura parcial y el secado en el horno.

La **Figura 9** muestra el aumento drástico en las concentraciones finales de acrilamida que son el resultado del uso de una temperatura de secado en el horno superior a aproximadamente 120 °C (250 °F). En la **Figura 9**, las muestras de ensayo se ponen en contacto y después se fríen parcialmente de la misma manera que en la **Figura 7b**, pero, a continuación, las muestras se secan en horno a aproximadamente 176 °C (350 °F) mejor que a aproximadamente 120 °C (250 °F). Las concentraciones finales de acrilamida de las muestras de ensayo después se normalizaron para mostrar los niveles de acrilamida esperados al alcanzar el 0,76 % en peso (que es el contenido de humedad final que se alcanza en el punto basal/normal de dos a tres minutos de lavado con agua que se representa como el primer punto de datos). Cuando se compara el segundo punto de datos 74 de la **Figura 7b** con el punto de datos 94 de la **Figura 9**, por ejemplo, el aumento de la temperatura de secado al horno desde aproximadamente 120 °C (250 °F) hasta aproximadamente 176 °C (350 °F) aumentó la concentración de acrilamida desde un nivel ligeramente inferior a 40 ppb hasta aproximadamente 270 ppb. Esta temperatura de secado en el horno aumenta de forma similar debido a las concentraciones de acrilamida de otras muestras de ensayo hasta aumentar drásticamente desde menos de 100 ppb hasta más de 500 ppb. Otra muestra de ensayo (no mostrada) se lavó para eliminar el almidón superficial, se frió parcialmente a aproximadamente 176 °C (350 °F) hasta un contenido de humedad de entre aproximadamente 3-5 % en peso, y luego se secó en un horno Wenger comercial a aproximadamente 132 °C (270 °F) hasta un contenido final de humedad de aproximadamente 1,3 % en peso, dando como resultado un nivel de acrilamida de aproximadamente 270 ppb. Los resultados 93, 94, 95, 96, 97, 98 que se muestran en la **Figura 9**, así como los resultados de la muestra de ensayo secada en el horno a una temperatura de aproximadamente 132 °C (270 °F), ilustran de este modo las ventajas de mantener la temperatura de cocción y/o secado del producto inferior o igual a aproximadamente 120 °C (250 °F) cuando el contenido de humedad disminuye por debajo de aproximadamente un 3 % en peso. Este principio se aplica no solo a las rodajas de patata cruda sino también a otros alimentos crudos, tales como ñames y plátanos, y productos elaborados derivados de patata, maíz, cebada, trigo, centeno, arroz, avena, mijo y otros granos a base de almidón.

La figura 10 representa los resultados y las condiciones operativas de otra realización en la que las rodajas de patata se lavan, se fríen parcialmente y se secan al horno. Una muestra de control 101 se procesó de una forma similar a la descrita en relación con las muestras de base 71, 72 mostradas en la **Figura 7a**. Tras aproximadamente un lavado con agua a temperatura ambiente durante 20-30 segundos, seguido de un contacto breve de las rodajas de patata con una solución diluida de cloruro sódico (3-5 %) durante unos cuantos segundos, una muestra de control 101 de un grosor de las rodajas de 1,45 mm de patatas Hermes cortadas para freír se frieron parcialmente en aceite que tiene una temperatura inicial de aproximadamente 179 °C (354 °F) durante aproximadamente tres minutos hasta alcanzar una humedad de 1,4 % en peso. La muestra de control 101 presentó una concentración de acrilamida de 640 ppb, similar a las 630 ppb producidas en la segunda muestra de base 72 que se representa en la **Figura 7a**. La muestra de ensayo 102 se lavó de forma similar y puso en contacto como la muestra de control 101. Usando una freidora comercial grande, la muestra de ensayo 102 se frió parcialmente en aceite con una temperatura inicial de aproximadamente 174 °C (345 °F) durante aproximadamente tres minutos, hasta que el contenido de humedad disminuyó a 2,5 % en peso. Después, la muestra de ensayo frita parcialmente 102 se acabó de freír durante aproximadamente seis minutos utilizando un horno a una temperatura de aproximadamente 110 °C (230 °F) hasta que el contenido de humedad disminuyó hasta 1,4 % en peso. La cocción de esta manera dio un producto con una concentración reducida de acrilamida de 160 ppb, que es aproximadamente el 25 % de la concentración de acrilamida de la muestra de control 101.

En otro grupo de ensayos (no representado) similar a los mostrados en la **Figura 10**, las rodajas de patata que se sometieron a un procedimiento normalizado de lavado se frieron parcialmente hasta aproximadamente 3-5 % de humedad en peso y después se secaron al horno hasta aproximadamente menos del 2 % en peso. Una muestra control se lavó y después se frió hasta aproximadamente 179 °C (354 °F) hasta un contenido final de humedad de aproximadamente 1,3 % en peso, que da como resultado un nivel de acrilamida de 380 ppb. Sin embargo, las muestras de ensayo fritas parcialmente a aproximadamente 179 °C (354 °F) hasta un contenido de humedad entre aproximadamente 3 hasta aproximadamente 5 % dieron como resultado niveles de acrilamida de aproximadamente 64 ppb. El producto frito parcialmente se secó después en un horno comercial Wenger a varias temperaturas. Se ha demostrado que secar las rodajas fritas parcialmente a aproximadamente 115 °C (240 °F) a un contenido final de humedad de aproximadamente 1,3 % de humedad en peso en un horno Wenger dio como resultado unos niveles de acrilamida de 125 ppb. De forma interesante, secar las rodajas fritas parcialmente a aproximadamente 100 °C (212 °F) y a una presión atmosférica igual a la ambiental o ligeramente inferior (13,6 a 14,6 psia), incluso durante periodos de tiempo largos (incluso a un periodo tan largo como de 10-15 minutos), no incrementó los niveles de acrilamida.

Esta realización demuestra que las rodajas de patata se pueden freír parcialmente a aproximadamente 179 °C (354 °F) hasta un contenido de humedad entre 3-5 % y después se secan al horno a aproximadamente 100 °C (212 °F) a una presión atmosférica igual a la ambiental o ligeramente inferior sin incrementar los niveles de acrilamida por encima de los niveles que se forman en la operación de fritura parcial. Para reducir más la concentración de acrilamida formada en el producto cocinado, las rodajas de patata se pueden eliminar de la etapa de fritura parcial con niveles tan elevados de hasta un 10 % en peso, pero sacar el producto demasiado pronto puede afectar a la textura final del producto. Obsérvese, sin embargo, que este procedimiento no se limita a las rodajas de patata cruda y se puede aplicar a otros productos alimentarios fritos, tales como tortillas fritas, plátanos fritos, boniatos fritos y ñames fritos. La ventaja de freír parcialmente y después secar en horno a aproximadamente 100 °C (212 °F) es que la operación de unidad de cocción se puede modificar sola para reducir significativamente la formación de acrilamida desde más de 300 ppb hasta aproximadamente menos de 70 ppb; no es necesario modificar las etapas de pelar, cortar en rodajas y lavar.

En el conjunto de realizaciones que implica la fritura parcial seguida del secado al horno, también es posible realizar el secado en horno al vacío para mejorar la eliminación de la humedad. En el secado en horno al vacío, se necesita menos tiempo para secar el producto hasta el contenido de humedad final deseado. Aunque se ha demostrado que el secado en el horno a 100 °C (212 °F) o a una temperatura próxima no provoca ningún aumento medible en los niveles de acrilamida, el secado en el horno a esta temperatura requiere un tiempo relativamente largo para secar el producto. Por lo tanto, el secado al vacío ayuda a reducir el tiempo necesario para secar el producto. También ayuda a reducir el tiempo al que se expone el producto a las temperaturas formadoras de acrilamida, se deben utilizar unas temperaturas de secado al horno más elevadas.

Aunque las **figuras 7a, 7b, 8, y 10** representan los resultados de ensayos a partir de la combinación de una realización particular de una operación de unidad de cocción modificada con varias realizaciones diferentes de una operación de unidad de lavado modificada que comprende una etapa de contacto, también son posibles otras realizaciones y combinaciones. Por ejemplo, las diferentes etapas de contacto mostradas en estas figuras se pueden prolongar con una operación de unidad de cocción modificada diferente. Como alternativa, un procedimiento mejorado para la reducción de la formación de acrilamida puede utilizar simplemente una operación de unidad de cocción modificada sin modificar otra operación de unidad. En otro conjunto de realizaciones de la invención, la segunda de las dos etapas de calentamiento de una operación de unidad de cocción modificada comprende fritura completa al vacío en lugar de fritura a presión atmosférica. En la fritura completa al vacío, el producto parcialmente frito o cocinado que se obtiene de la primera etapa de calentamiento se puede seguir friendo, pero a una temperatura demasiado baja como para que se formen cantidades significativas de acrilamida. De acuerdo con una realización, la presión al vacío debe ser tal que la fritura se de por debajo de aproximadamente 120 °C (250 °F). Dicha fritura completa al vacío también se puede aplicar a otros productos alimentarios fritos, tales como los derivados de patata, masa de maíz, cebada, trigo, arroz, avena, mijo y otros granos a base de almidón.

La **Figura 11** representa los resultados y las condiciones operativas de varios ejemplos de una operación de unidad de cocción que implica fritura parcial, seguida de la fritura completa al vacío. En las muestras de control 110 y de ensayo 111, 112, 113, 114, se peló la variedad Hermes de patatas para aperitivo, se cortaron a un grosor de aproximadamente 1,35 mm y se sometieron a un lavado con agua a temperatura ambiente durante 20 a 30 segundos. Tras el lavado, la muestra de control 110 se frió a presión atmosférica en aceite que presenta una temperatura inicial de aproximadamente 177 °C (351 °F) durante aproximadamente 2,5 minutos a un nivel de humedad de 0,83 % en peso, produciendo una concentración de acrilamida de 370 ppb. En los ensayos 1-4, todas las muestras de ensayo 111, 112, 113, 114 se frieron parcialmente a presión atmosférica a aproximadamente 177 °C (351 °F) y se frieron completamente al vacío a aproximadamente 120 °C (248 °F) y 100 milibar, pero cada una se frió parcialmente y se frió completamente al vacío durante varios periodos de tiempo. En el ensayo 1 111, se encontraron 220 ppb en la muestra de ensayo después del lavado, la fritura parcial atmosférica durante aproximadamente 100 segundos hasta 3 % de humedad en peso, y la fritura completa al vacío durante 44 segundos hasta aproximadamente 0,7 % en peso. Los resultados de los ensayos 2-4 112, 113, 114 muestran que los niveles de acrilamida en el producto final disminuyen drásticamente cuando se para la fritura parcial y se inicia el secado final al vacío, antes de que el contenido de humedad disminuya a 3 % en peso. Los ensayos 2-4 112, 113, 114 produjeron todas unas concentraciones de acrilamida inferiores a 50 ppb. En el ensayo 4 114, se alcanzó un nivel de acrilamida de solo 13 ppb hasta 10 % de humedad en peso por fritura al vacío, después la fritura al vacío hasta aproximadamente 1 % en peso. Como puede verse a partir de los datos, la fritura parcial de las rodajas con un contenido de humedad superior antes de que se frieran completamente al vacío a baja temperatura disminuye drásticamente las concentraciones finales de acrilamida. Este procedimiento también se puede utilizar para reducir las concentraciones finales de acrilamida en otros productos fritos como tortillas fritas, plátanos fritos, boniatos fritos y ñames fritos. Las ventajas de la fritura final al vacío después de la fritura parcial a aproximadamente 3-10% de humedad en peso son que las etapas finales de la cocción se pueden completar a unas temperaturas bajas sin afectar la textura del producto, y su eficacia en la reducción de la formación de acrilamida puede eliminar la necesidad de modificar la etapa de lavado que comprende el contacto del producto con la solución acuosa. Sin embargo, la fritura completa al vacío también permite que las etapas finales de cocción se puedan completar a unas temperaturas superiores a las que se pueden utilizar cuando no se frien al vacío, al mismo tiempo que todavía proporcionan concentraciones de acrilamida reducidas en el producto acabado. Se debe destacar que el producto frito acabado al vacío presenta un color más pálido que la muestra control y la transferencia del producto cocinado



desde la operación de fritura parcial en la unidad de fritura completa al vacío a niveles superiores de humedad puede proporcionar un aroma dulce al producto. Se debe tener en cuenta que el coste del equipo de fritura completa al vacío puede ser superior al del equipo de secado al horno.

5 De manera similar, la fritura parcial al vacío se puede utilizar en la primera de las dos etapas de calentamiento de una operación de unidad de cocción modificada. Como ejemplo, una realización de una operación de unidad de cocción modificada implica la fritura parcial al vacío hasta obtener un contenido de humedad próximo pero superior al umbral de humedad de 3-4 % en peso, después, se seca al horno a una temperatura no superior a aproximadamente 120 °C (250 °F) hasta la finalización. Al freír parcialmente al vacío, el producto se puede freír a  
10 una temperatura inferior, produciendo de este modo menos acrilamida. Además, el secado al horno a una temperatura de 120 °C (250 °F) o inferior permite que no se forme acrilamida o que se forme poca cantidad durante la etapa de secado al horno. La ventaja de utilizar la fritura parcial al vacío en la primera de las dos etapas de calentamiento, particularmente cuando se realiza a una temperatura inferior a aproximadamente 120 °C (250°F) o incluso inferior a aproximadamente 140 °C (284°F) al vacío es que no se forma acrilamida o se forma poca cantidad  
15 durante la primera etapa, mientras que generalmente la fritura parcial produce por lo menos algo de acrilamida. Sin embargo, la fritura al vacío en la primera etapa de calentamiento puede crear un producto con unas características acabadas diferentes.

20 Para las líneas de productos acabados, que pueden comprender refrigerios o productos elaborados, tales como cereales, galletas, galletas saladas, pretzels duros y panes, otra realización de la invención comprende una operación de unidad de cocción con una primera etapa de cocción de temperatura superior y una segunda etapa de cocción de temperatura inferior. En la operación de unidad de cocción de esta realización, el producto primero se hornea a una temperatura más elevada (superior a aproximadamente 120 °C (250 °F) hasta que su contenido de humedad se reduce hasta aproximadamente un 4 % a aproximadamente un 10 % en peso. A continuación, el  
25 producto se seca en un horno (secado u horneado final) a una temperatura no superior a aproximadamente 120 °C (250° F) hasta que se consigue el nivel de humedad deseado, normalmente aproximadamente de 1 % a aproximadamente 3 %. Por ejemplo, se puede utilizar un horno de convección en la primera etapa de calentamiento a una temperatura más elevada para reducir el contenido de humedad del producto a aproximadamente un 10 % en peso. El horno puede estar dividido en cuatro zonas de calentamiento en las que la temperatura es más elevada en  
30 la primera zona y desciende gradualmente a lo largo de las tres zonas restantes. Se puede utilizar un horno de convección, de temperatura descendente, de zona única, en la segunda etapa de calentamiento a una temperatura más baja para completar el proceso de calentamiento. No obstante, se pueden utilizar otros tipos de horno para las dos etapas de calentamiento de esta forma de realización. Asimismo, la segunda etapa de calentamiento a una temperatura más baja de esta forma de realización en particular, como la de las realizaciones que implican una  
35 fritura parcial seguida de un secado al horno, se pueden realizar a aproximadamente 100°C (212 °F) y una presión atmosférica ligeramente inferior de modo que se forme poca o ninguna acrilamida adicional después de la primera etapa de calentamiento a una temperatura más elevada.

40 En los ensayos que utilizan una realización del ejemplo que implica una primera etapa de horneado a una temperatura más elevada y una segunda etapa de horneado a una temperatura más baja, los trozos de patata elaborados se hornearon primero a una temperatura superior a aproximadamente 120 °C (250 °F) hasta que los niveles de humedad descendieron a aproximadamente un 10 % en peso. Después, los trozos se sometieron a un secado final a aproximadamente 110 °C (230 °F) durante aproximadamente 10 minutos hasta que el contenido de humedad descendió a aproximadamente 1,7-2,2 % en peso. Los niveles finales de acrilamida fueron de  
45 aproximadamente 100-200 ppb. Sin embargo, cuando algunas muestras de trozos parcialmente horneados se sometieron a un secado final a aproximadamente 120 °C (250 °F) a aproximadamente 1,6 % de humedad en peso, los niveles de acrilamida fueron de entre 470 y 750 ppb. Además, se produjeron niveles de acrilamida sustancialmente superiores de entre 460 y 1.900 ppb cuando las muestras de rodajas parcialmente horneadas se sometieron a un secado final a aproximadamente 132 °C (270 °F) a aproximadamente 1,6-2, 2 % de humedad en  
50 peso. Estos resultados subrayan la importancia de mantener la cocción o la temperatura de secado de un producto cocinado a, o inferior a, aproximadamente 120 °C (250 °F) durante las etapas finales de cocción. Este principio es aplicable no solo a las piezas de patatas cocinadas o elaboradas sino también a otros productos elaborados derivados de la patata, maíz, cebada, trigo, centeno, arroz, avena, mijo y otros granos a base de almidón. Este principio también es aplicable a la cocción de productos crudos como boniatos y plátanos.

55 En otra realización de la invención, en lugar de dividir la operación de unidad de cocción modificada en una primera etapa de calentamiento a una temperatura más elevada y una segunda etapa de calentamiento a una temperatura más baja, la operación de unidad de cocción modificada comprende en cambio una fritura al vacío para todo el proceso de cocción. La **Figura 12** representa los resultados y las condiciones operativas de varios ejemplos de dicha  
60 realización. En los ensayos 1-4 121, 122, 123, 124, se lavaron en agua varios grupos control de patatas fritas de la variedad Hermes, peladas, cortadas en rodajas y de un grosor de 1, 45 mm a temperatura ambiente durante aproximadamente 30 segundos, después se procesaron a través de fritura continua habitual. La temperatura de entrada del aceite varió en un intervalo de entre aproximadamente 165 °C a aproximadamente 180 °C (329-356 °F), y las muestras de control se frieron durante aproximadamente 3-4 minutos, dando como resultado unos niveles de  
65 acrilamida de aproximadamente 300 ppb. Por el contrario, todas las muestras de ensayo en los ensayos 5-7, 125, 126, 127 produjeron concentraciones de acrilamida inferiores a 60 ppb después de una fritura al vacío a una

temperatura baja durante aproximadamente 4 a aproximadamente 10 minutos a unas temperaturas en un intervalo de entre aproximadamente 100 a aproximadamente 140 °C (212-284 F) y a presiones en un intervalo de entre aproximadamente 50 a aproximadamente 100 milibar. Como puede verse a partir de los datos, la fritura al vacío a temperaturas reducidas reduce espectacularmente la cantidad de acrilamida formada. Además, se forma poca cantidad o no se forma acrilamida cuando el producto se fríe al vacío a una temperatura inferior a aproximadamente 120 °C (250 °F) a lo largo de todo el proceso de cocción. Los ensayos 6 y 7 126, 127, por ejemplo, muestran que la fritura al vacío por debajo de aproximadamente 120 °C (250 °F) y a una presión no superior a 100 milibar da como resultado unos niveles virtualmente indetectables (inferiores a 5 ppb) de acrilamida. La ventaja de freír por debajo de aproximadamente 120 °C (250 °F) es que se forma poca cantidad o no se forma acrilamida, mientras que la fritura parcial a temperatura elevada hace que se forme al menos algo de acrilamida. Sin embargo, las temperaturas superiores a aproximadamente 120 °C (250 °F) se pueden utilizar cuando se realiza la fritura al vacío o fritura final al vacío, consiguiendo todavía una concentración de acrilamida reducida en el producto acabado. Por ejemplo, en el ensayo 5 125, la fritura al vacío a 140 °C (284 °F) produjo un producto con un contenido de acrilamida de aproximadamente 53 ppb. Dado este resultado, parece probable que la fritura final al vacío o la fritura al vacío solamente podría producir productos que presentan menos de aproximadamente 100 ppb de acrilamida a temperaturas de hasta 143 °C (290 °F). Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la fritura al vacío a lo largo de todo el proceso de cocción puede alterar significativamente la textura, el aspecto y el sabor del producto.

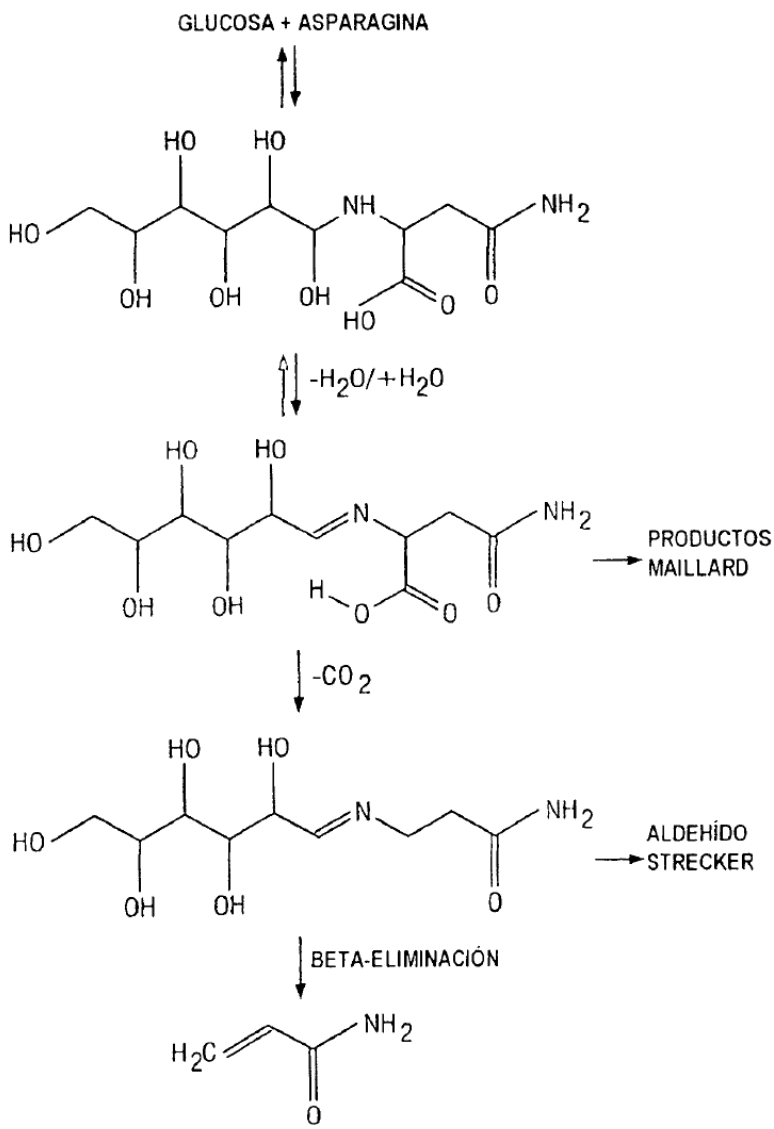
Para las líneas de productos acabados, que pueden comprender refrigerios elaborados, cereales y otros productos a base de almidón y maíz como se ha explicado anteriormente, la operación de unidad modificada de cocción puede comprender alternativamente la cocción a una temperatura baja durante todo el proceso de cocción. La cocción a temperatura baja se puede llevar a cabo a una temperatura de 120 °C (250 °F) de modo que no se forme acrilamida. Sin embargo, la cocción de una temperatura inferior puede crear unos productos de un color más claro, mientras que la cocción a una temperatura superior puede crear unos productos más oscuros. Por lo tanto, la aplicabilidad de la cocción a una temperatura baja está en función en parte de las características de color deseadas del producto final.

La presente invención combina las explicaciones de la presente memoria en relación con las manipulaciones de varias unidades operativas para conseguir un nivel de acrilamida deseado en el producto final así como las características deseadas del producto acabado. Las combinaciones utilizadas dependen del producto de partida y del producto final deseado y un experto en la materia las puede ajustar según las explicaciones del presente documento. El efecto del pH sobre la formación de acrilamida es otro factor que se puede considerar y combinar con las explicaciones del presente documento.

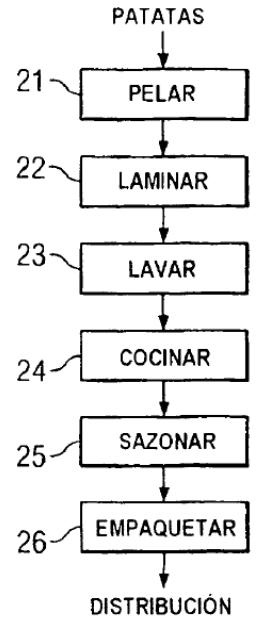
Se debe entender que los cambios en las características del producto final, tales como los cambios en el color, el gusto y la consistencia se pueden ajustar por varios medios. Por ejemplo, las características de color en las patatas fritas se pueden ajustar controlando la cantidad de azúcares en el producto de partida. Algunas características de gusto se pueden cambiar mediante la adición de varios agentes aromatizantes en el producto final. La textura física del producto se puede ajustar mediante, por ejemplo, la adición de agentes de fermentación o varios emulsionantes.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente, que comprende las etapas de:
- 5 (a) proporcionar de forma continua una alimentación de patata no tratada que tiene una primera concentración de asparagina, en la que la alimentación de patata no tratada contiene además almidón;
- (b) lixiviar asparagina y almidón de dicha alimentación de patata no tratada con un extracto de patata deficiente en asparagina, formando de este modo:
- 10 un extracto posterior al lavado que contiene asparagina y que tiene exceso de almidón no unido, y una corriente de patata tratada que tiene una segunda concentración de asparagina que es menor que dicha primera concentración;
- 15 (c) eliminar el exceso de almidón no unido con una unidad de eliminación de almidón y eliminar asparagina de dicho extracto posterior al lavado con al menos una unidad de eliminación de asparagina, regenerando de ese modo dicho extracto de patata deficiente en asparagina;
- (d) reutilizar dicho extracto de patata deficiente en asparagina en la etapa (b);
- 20 en el que dicho extracto de patata deficiente en asparagina se calienta a una temperatura de entre 38 °C (100 °F) y 66 °C (150 °F).
2. El procedimiento para la reducción de asparagina en un producto alimentario de la reivindicación 1, en el que dicha lixiviación de la etapa (b) comprende adicionalmente lixiviación a contracorriente.
- 25 3. El procedimiento de reducción de asparagina en un producto alimenticio de la reivindicación 1, en el que la etapa (b) se realiza usando un extractor de tipo tornillo.
4. El procedimiento de reducción de asparagina en un producto alimentario de la reivindicación 1, en el que la etapa (b) se realiza usando un extractor del tipo de tanque de lavado.
- 30 5. El procedimiento de reducción de asparagina en un producto alimentario de la reivindicación 1, en el que la etapa (b) se realiza usando un extractor de percolación de tipo Bollman.
- 35 6. El procedimiento de reducción de asparagina en un producto alimentario de la reivindicación 1, en el que dicho extracto de patata deficiente en asparagina y dicha alimentación de patata no tratada están en equilibrio entre sí con respecto a las concentraciones de materia soluble en agua distintas de asparagina.
7. El procedimiento de reducción de asparagina en un producto alimentario de la reivindicación 1, en el que la etapa (c) comprende adicionalmente la filtración de dicho extracto posterior al lavado a través de una columna de extracción compactada con una resina de intercambio iónico.
- 40 8. El procedimiento de reducción de asparagina en un producto alimentario de la reivindicación 1, en el que la etapa (c) comprende adicionalmente la filtración de dicho extracto posterior al lavado a través de una columna de extracción rellena con una resina de asparaginasa inmovilizada.
- 45 9. El procedimiento de la reivindicación 8, que comprende además la etapa de eliminar el amoníaco de dicho extracto de patata deficiente en asparagina.
- 50 10. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que se añade una cantidad eficaz de asparaginasa a dicho extracto posterior al lavado en la etapa c) de manera que dicho extracto de patata deficiente en asparagina comprenda menos de aproximadamente 50 % de la concentración de asparagina en dicho extracto posterior al lavado.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, que comprende además la etapa de eliminar el amoníaco de dicho extracto de patata deficiente en asparagina.
- 55 12. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicha corriente de patata tratada comprende rodajas de patata y en el que dichas rodajas de patata se frien parcialmente en aceite de cocinado que tiene una temperatura superior a aproximadamente 120 °C hasta que dichas rodajas de patata tengan un contenido de humedad de entre 3 % en peso y 10 % en peso, formando así una pluralidad de rodajas de patata parcialmente fritas, y la cocción de dichas rodajas de patata fritas a menos de aproximadamente 120 °C hasta que dichas rodajas de patata fritas tengan un contenido de humedad final que varía de 1 % en peso a 2 % en peso, formando así una pluralidad de patatas fritas que tienen una concentración de acrilamida reducida.
- 60



**FIG. 1**



**FIG. 2**  
(TÉCNICA ANTERIOR)

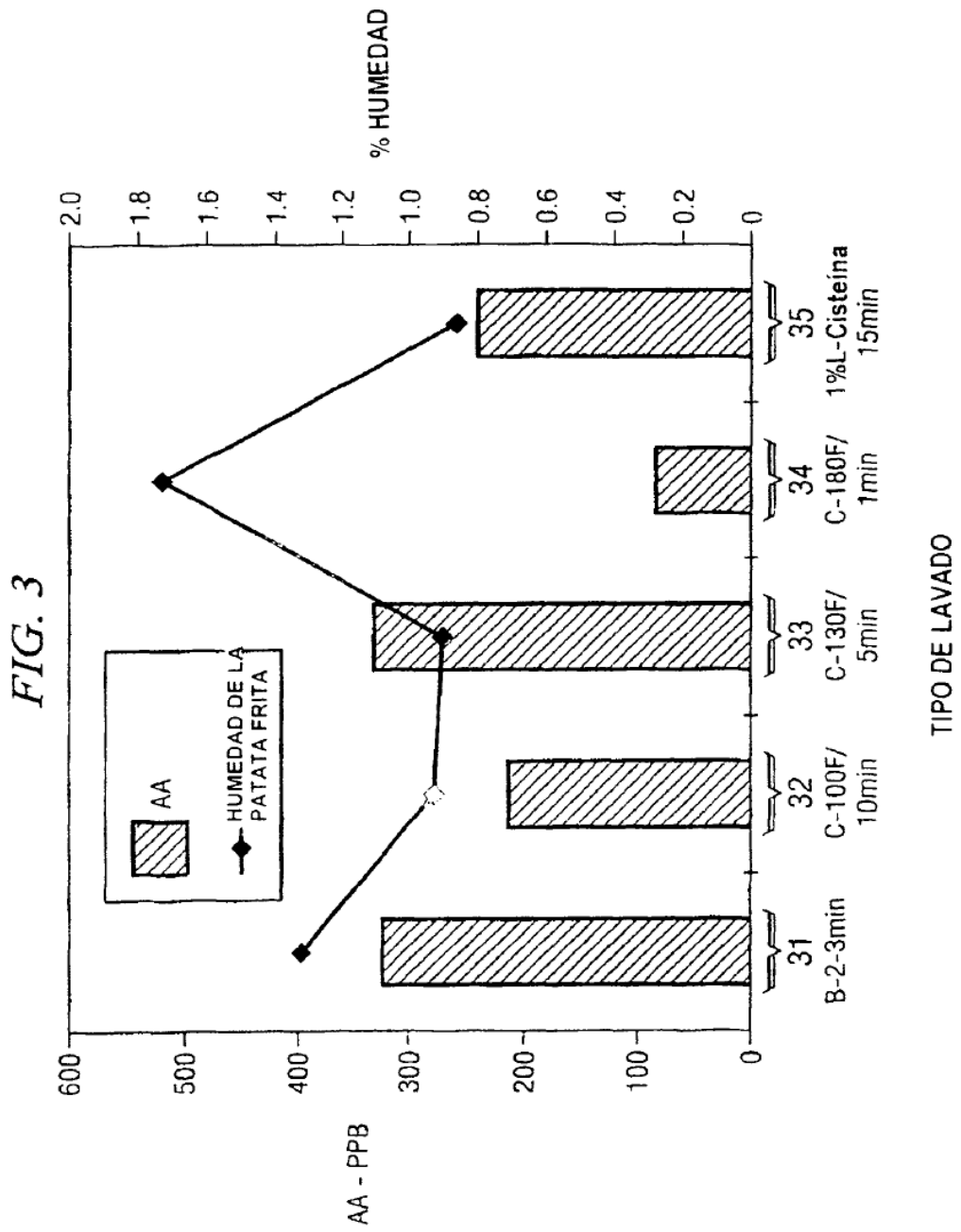


FIG. 4

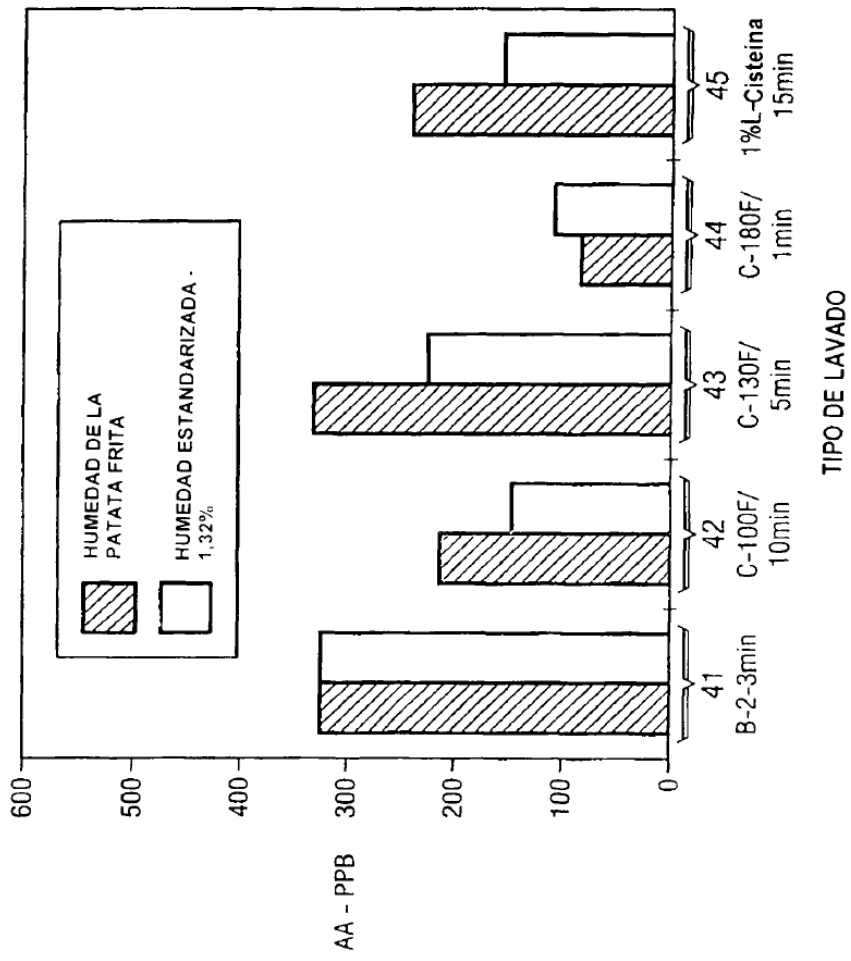


FIG. 5

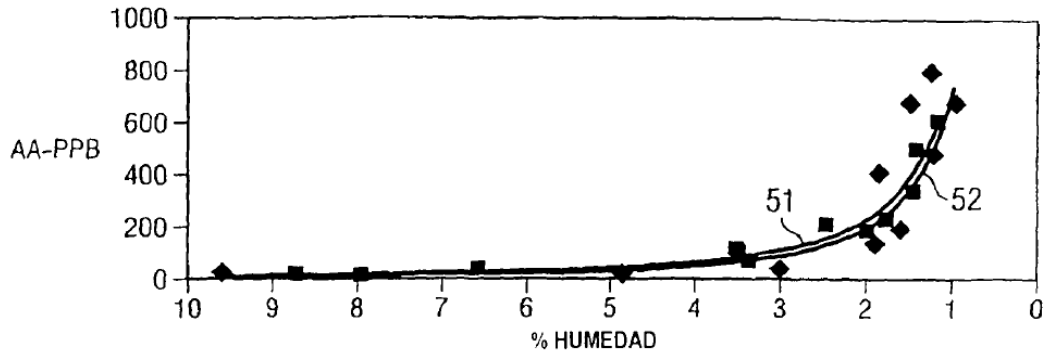


FIG. 6

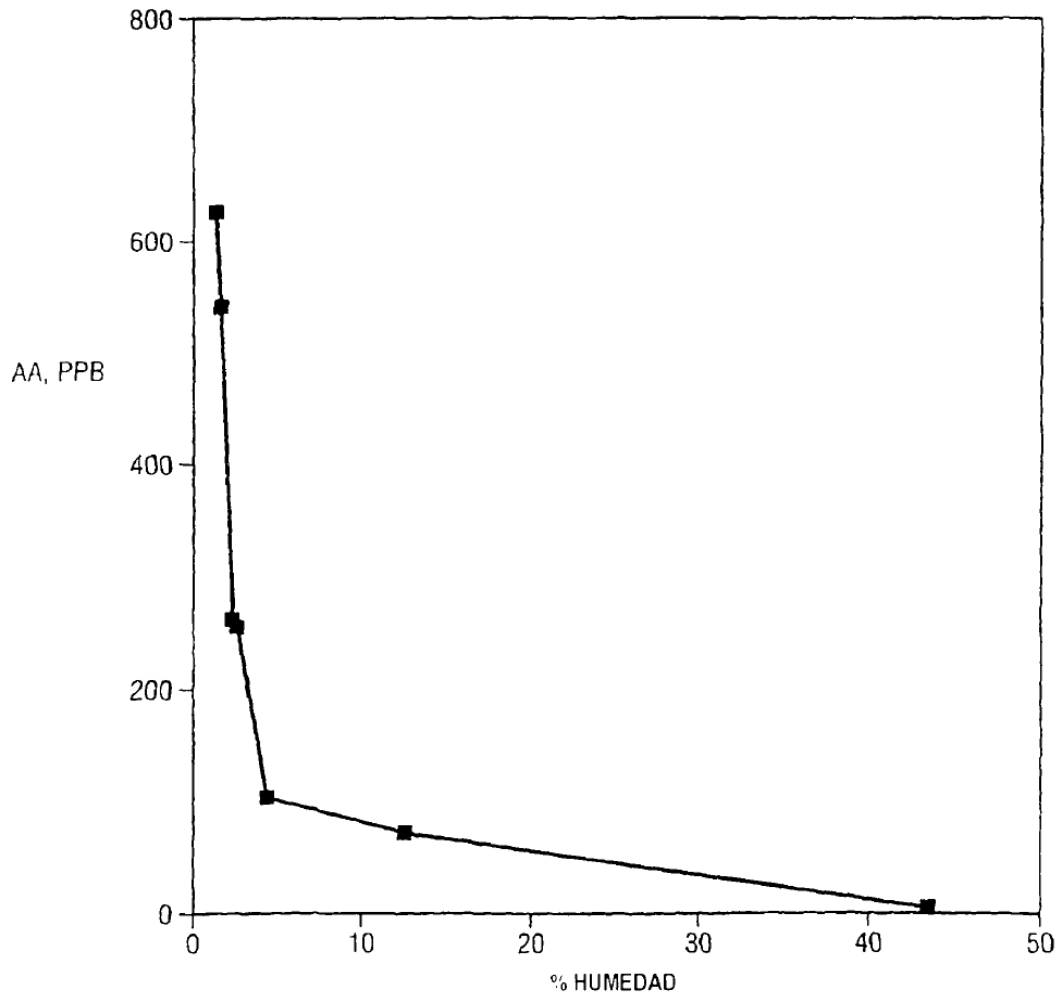
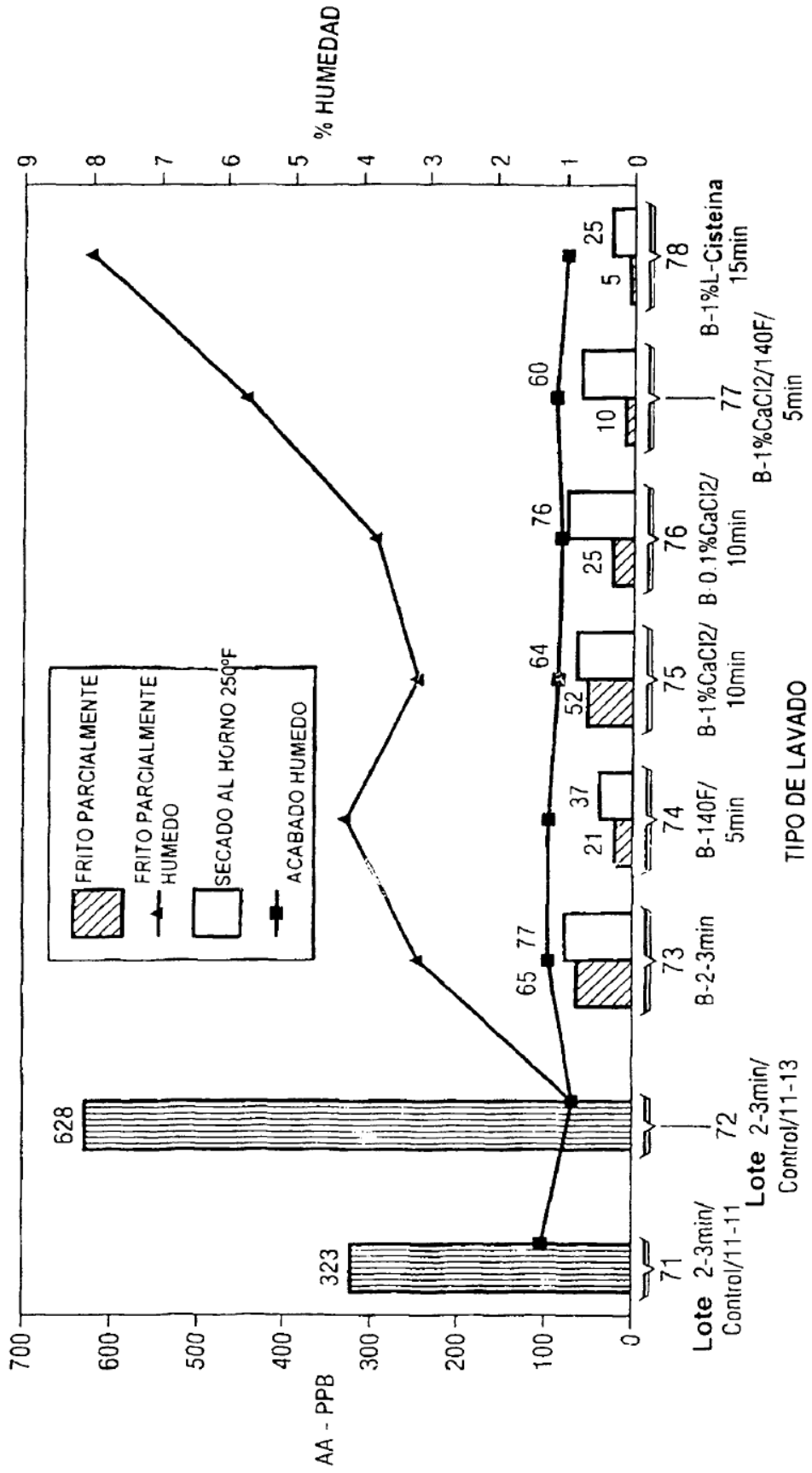
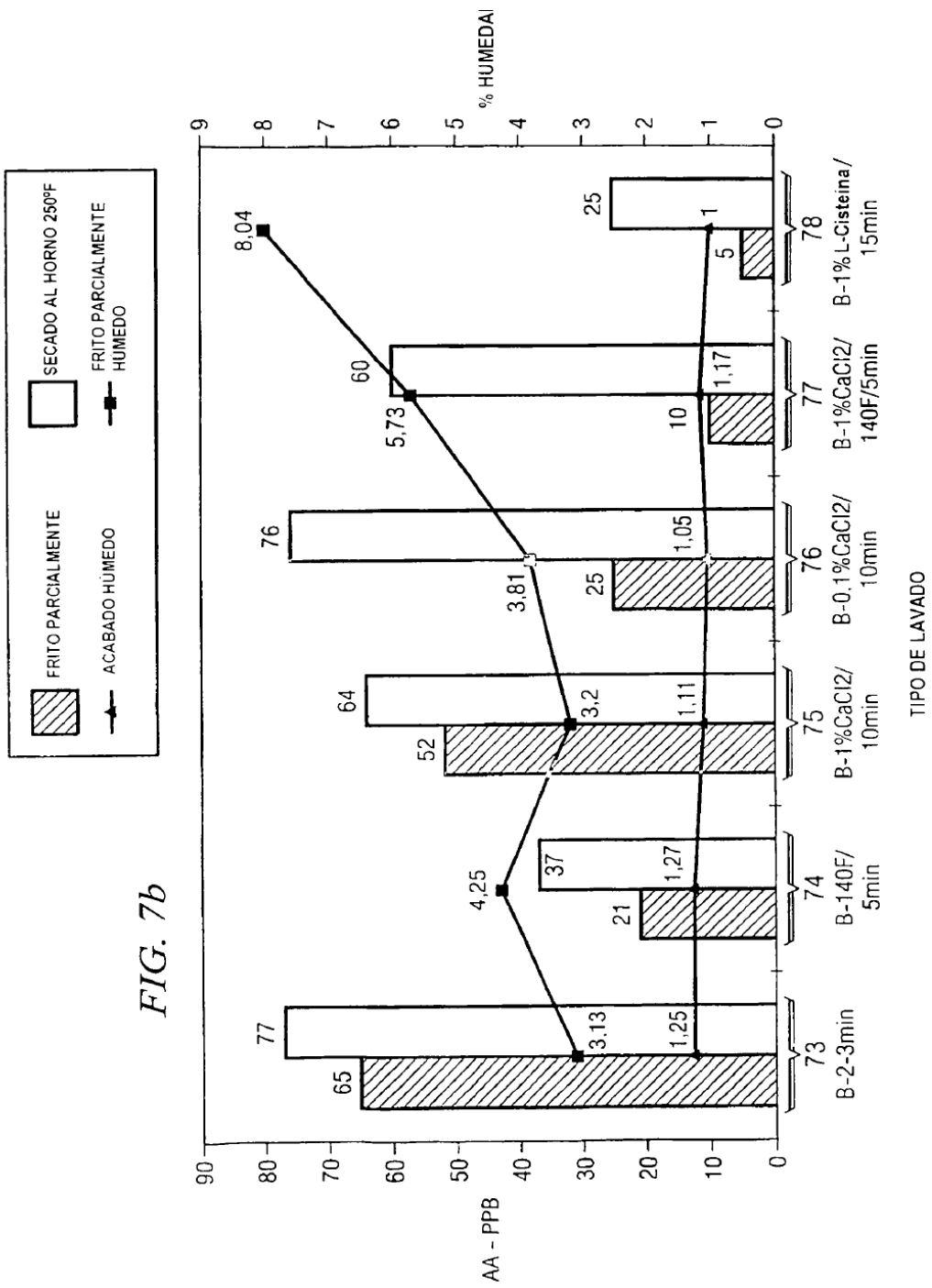
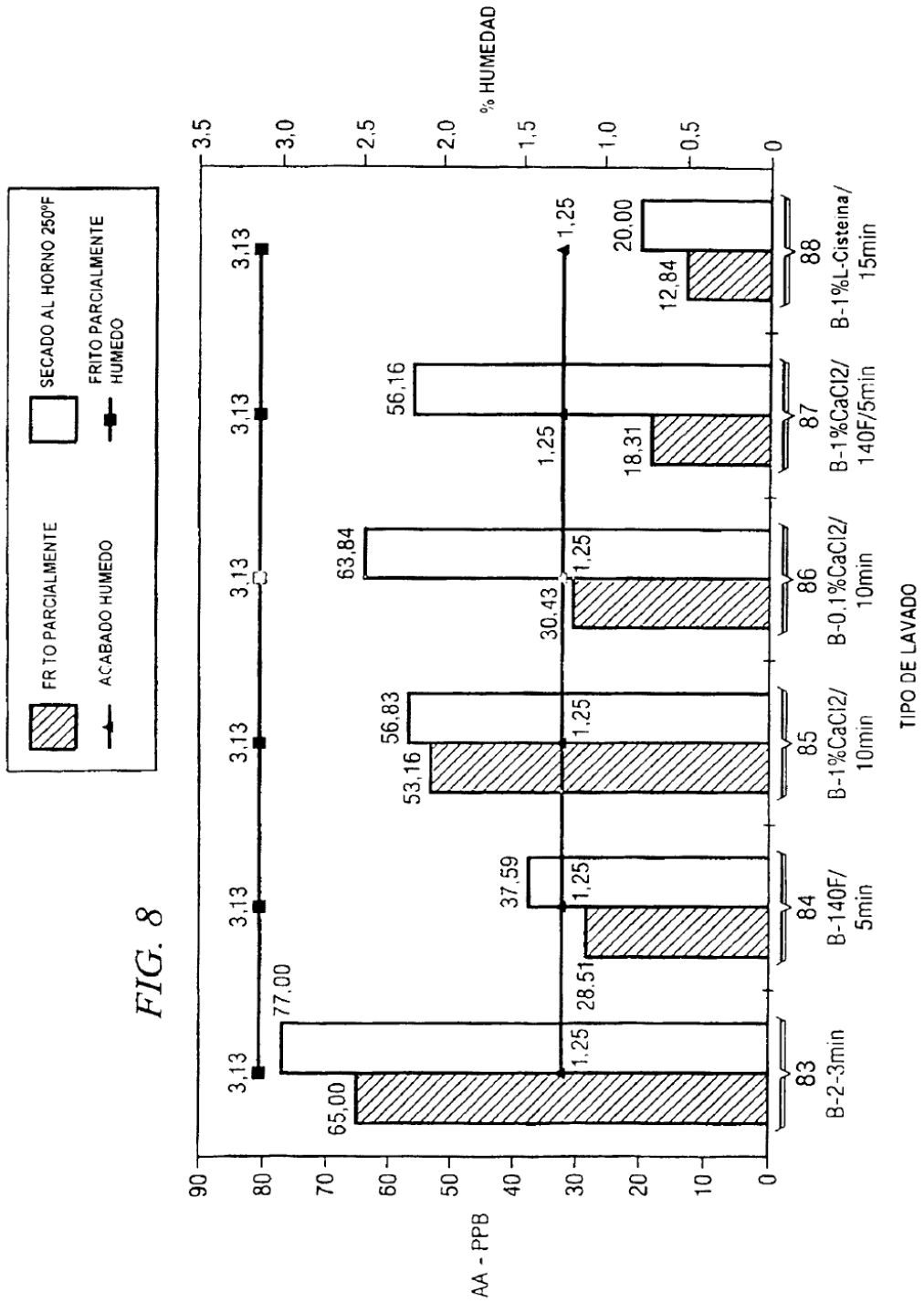


FIG. 7a









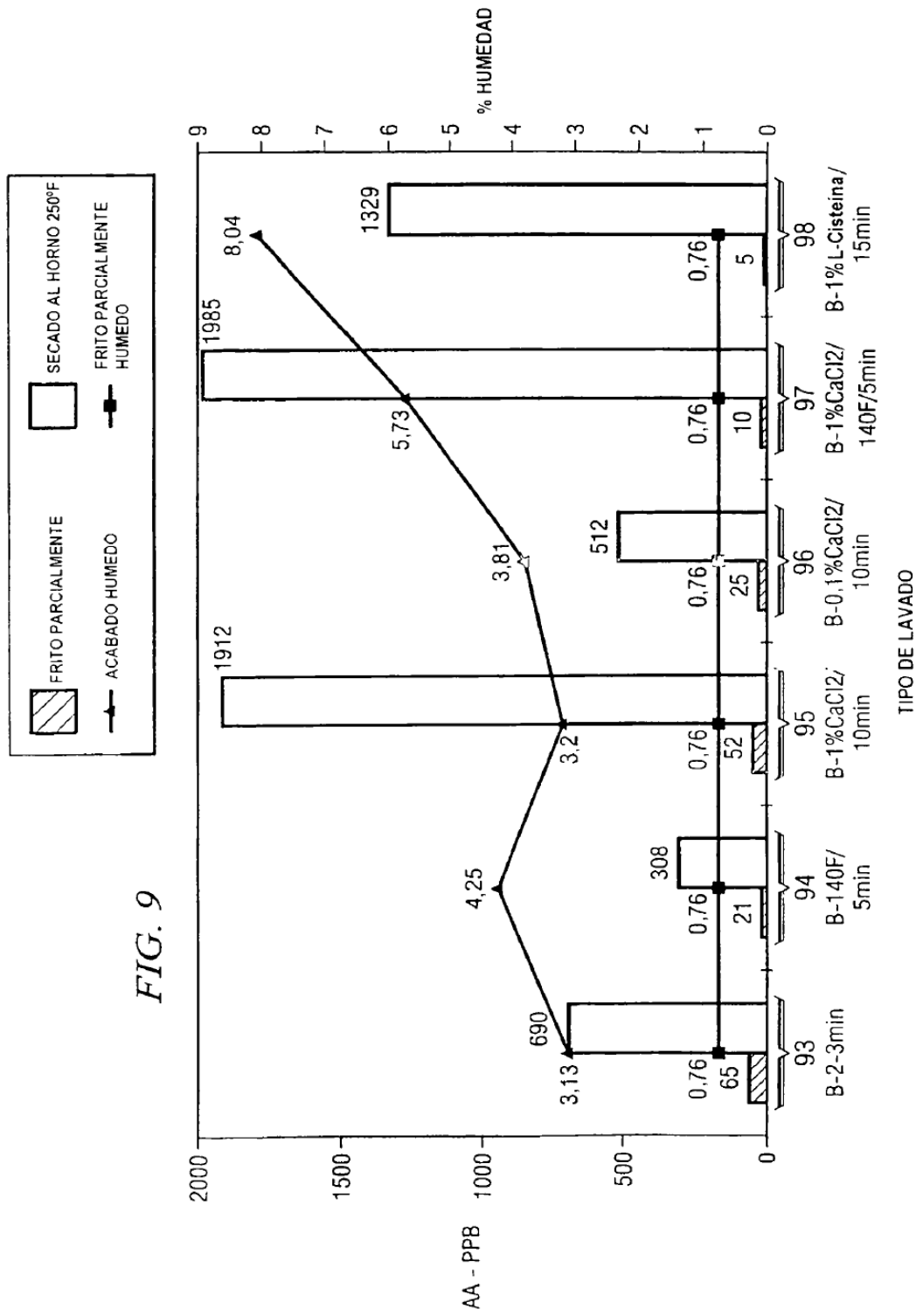


FIG. 10

PARÁMETRO	CONTROL	PRUEBA
TEMPERATURA DE ACEITE EN LA ENTRADA DE LA FREIDORA, C	179	174
TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA RODAJA EN LA FREIDORA, SEG.	190	190
TEMPERATURA DEL ACEITE A LA SALIDA DE LA FREIDORA, C	154	149
HUMEDAD DE LA RODAJA A LA SALIDA DE LA FREIDORA, % PT	1,4	2,5
TEMPERATURA DEL AIRE DEL SECADOR FINAL, C	NO UTILIZADO	110
TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA RODAJA FRITA PARCIALMENTE EN EL SECADOR FINAL, SEG.	NO UTILIZADO	360
HUMEDAD DE LA PATATA FRITA ACABADA SECA A LA SALIDA DEL SECADOR, % PT	NO APLICABLE	1,4
PATATA FRITA ACABADA NIVEL AA, PPB	640	160

FIG. 12

PRUEBA	TEMPERATURA INICIAL DEL ACEITE, C	PRESION DE FRITURA, MBAR	TIEMPO DE FRITURA, SEG.	HUMEDAD DE LA PATATA FRITA ACABADA, %PT	PATATA FRITA AA ACABADA, PPB
121- 1	180	ATMOSFERICA	185	1,28	470
122- 2	175	ATMOSFERICA	205	1,59	350
123- 3	170	ATMOSFERICA	215	1,6	610
124- 4	165	ATMOSFERICA	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	110				
	CONTROL	111 PRUEBA 1	112 PRUEBA 2	113 PRUEBA 3	114 PRUEBA 4
TEMPERATURA INICIAL DEL ACEITE DE FRITURA PARCIAL. C	177	177	177	177	177
PRESION DE FREIDORA PARCIAL. MBAR	ATMOSFERICA	ATMOSFERICA	ATMOSFERICA	ATMOSFERICA	ATMOSFERICA
TIEMPO DE FRITURA PARCIAL. SEG.	153	101	76	63	43
HUMEDAD DE LA RODAJA FRITA PARCIALMENTE. % PT	0.83	3	5	7.5	10
TEMPERATURA DEL ACEITE DE LA FRITURA FINAL. C	NO ACABADA LA FRITURA	120	120	120	120
PRESION DE LA FRITURA FINAL. MBAR	NO ACABADA LA FRITURA	100	100	100	100
TIEMPO DE LA FRITURA FINAL. SEG.	NO ACABADA LA FRITURA	44	85	101	118
HUMEDAD DE LA PATATA FRITA ACABADA. % PT	0.83 (IGUAL QUE LA HUMEDAD DE LA FRITURA PARCIAL)	0.71	0.74	0.82	0.96
AA PATATA ACABADA, PPB	370	220	48	34	13
CONTENIDO DE ACEITE EN LA PATATA ACABADA, %	49.8	47.5	44.4	44.8	42.5

FIG. 11

