



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 327 735**

(51) Int. Cl.:

A23L 1/01 (2006.01)

A23L 1/164 (2006.01)

A23L 1/217 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **04709050 .1**

(96) Fecha de presentación : **06.02.2004**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1605774**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **21.12.2005**

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

(30) Prioridad: **21.02.2003 US 371448**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.11.2009

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.11.2009

(73) Titular/es: **Frito-Lay North America, Inc.**
7701 Legacy Drive
Plano, Texas 75024-4099, US

(72) Inventor/es: **Barry, David, Lawrence;**
Burnham, Colin, Jeffrey;
Desai, Pravin, Maganlal, Desai;
Joseph, Ponnattu, Kurian;
Leung, Henry, Kin-Hang;
Masson, John, Richard;
Rao, Mohan, V., N.;
Saunders, Robert, William;
Stalder, James, William y
Topor, Michael, Grant

(74) Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

1. Campo técnico

10 La presente invención se refiere a un procedimiento para reducir la cantidad de acrilamida en alimentos tratados térmicamente. Esta invención permite la producción de alimentos que presentan unos niveles de acrilamida significativamente reducidos. El procedimiento se sustenta en la variación de los parámetros de varias unidades operacionales para manipular la cantidad de acrilamida que se encuentra en el producto final al mismo tiempo que se mantiene la calidad del producto.

15 2. 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, ácido amida acrílico, vinilo amida, y ácido amida 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 pruebas para detectar la presencia del monómero de la acrilamida. La acrilamida se ha encontrado especialmente en productos alimenticios principalmente de carbohidratos que se han calentado o tratado 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 representa la mayoría de la acrilamida encontrada en productos alimenticios 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 probando la glutamina, la metionina, la cistina y el ácido aspártico como precursores. Estos descubrimientos son difíciles de confirmar, sin embargo, debido a las impurezas potenciales de la asparagina en los aminoácidos almacenados. No obstante, la 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. Utilizar la reacción de Maillard es 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.

65 No se ha determinado que la acrilamida sea perjudicial para los humanos, pero su presencia en productos alimenticios, especialmente a niveles elevados, no es deseable. Tal como se comentado anteriormente, se han encontrado

unas concentraciones relativamente elevadas de acrilamida en productos alimenticios 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, rompiendo 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 alimenticio 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 alimenticios sus características únicas al cocinarse. Otros requisitos de tratamiento para productos alimenticios específicos pueden asimismo hacer que las estrategias de reducción de la acrilamida sean incompatibles o extremadamente difíciles.

A título 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, donde 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.

A título de otro ejemplo de productos alimenticios calentados que presenten cuestiones únicas para reducir los niveles de acrilamida en el producto final, las galletas saladas también se pueden hacer como galletas saladas elaboradas. El término “galleta salada elaborada” significa un producto alimenticio de galleta salada que utiliza como su ingrediente inicial algo distinto que el material inicial almidonado original e inalterado. Por ejemplo, las galletas saladas elaboradas incluyen patatas fritas 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 aroma de patata, copos de patata, granulado de patata o cualquier otra forma de en la que existan las patatas deshidratadas. Cuando se utilizan 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, o la etapa de lavado 23. En su lugar, las patatas fritas elaboradas comienzan con un producto de la patata deshidratado como los 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. En cambio, la adición de dichos ingredientes a un producto alimenticio crudo, como rodajas de patata, requiere que se encuentre 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 ha de realizar teniendo en cuenta que los ingredientes pueden afectar adversamente las características de laminado de la masa así como 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 productos alimenticios calentados o tratados 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.

Biedermann M. *et al.*: “Experiments on acrylamide formation and possibilities to decrease the potential of acrylamide formation in potatoes” Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene. Travaux de

chimie alimentaire et d'hygiene, Bundesamt fuer Gesundheitswesen, Berna, CH, vol. 93, nº 6, 2002, páginas 668-687, XP009008943 da a conocer los resultados de varios experimentos realizados en alimentos para determinar la formación potencial de acrilamida.

5 Sumario de la invención

La presente invención es un procedimiento para reducir la cantidad de acrilamida en productos alimenticios tratados térmicamente.

La presente invención proporciona un procedimiento para reducir la formación de acrilamida en alimentos tratados térmicamente, dicho procedimiento comprende las etapas que consisten en: a) proporcionar un alimento que presenta un nivel de humedad antes de ser cocinado de por lo menos 4% en peso; b) cocinar dicho alimento para formar un alimento cocinado con una concentración reducida de acrilamida y un nivel de humedad inferior al 3% en peso, en el que dicho alimento cocinado comprende el calentamiento a una temperatura inferior a aproximadamente 120°C mientras que el nivel de humedad de dicho alimento es inferior al 3% en peso.

Según una forma de realización, el procedimiento comprende proporcionar la introducción continua de patatas crudas peladas y cortadas en rodajas y el contacto de las rodajas de patatas crudas con una solución acuosa a aproximadamente 60°C (140°F) durante aproximadamente cinco minutos para reducir la cantidad del precursor de la acrilamida en las rodajas de patatas crudas. Según otra forma de realización, el procedimiento comprende proporcionar la introducción continua de patatas crudas peladas y cortadas en rodajas, freír las rodajas de patatas crudas a aproximadamente 171°C a aproximadamente 182°C (340-360°F) hasta que el contenido de humedad se reduce a aproximadamente 3-10% de humedad en peso, después, el secado en horno de las rodajas fritas parcialmente a una temperatura inferior a aproximadamente 120°C (250°F) hasta que el contenido de humedad se reduce a aproximadamente 1-2% de humedad en peso. Según otra forma de realización, el procedimiento comprende el contacto de una introducción continua de rodajas de patatas crudas con una solución acuosa a aproximadamente 60°C (140°F), seguido de freír las rodajas de patatas crudas puestas en contacto a aproximadamente 171°C hasta aproximadamente 182°C (340-360°F) hasta que el contenido de humedad se reduce a aproximadamente 3-10% de humedad en peso, después, el secado en horno de las rodajas fritas parcialmente a una temperatura inferior a aproximadamente 120°C (250°F) hasta que el contenido de humedad se reduce a aproximadamente 1-2% de humedad en peso. Otras formas de realización implican distintas combinaciones de varios procedimientos para poner en contacto y cocinar una introducción continua de patatas crudas peladas y cortadas en rodajas así como la manipulación de otras varias unidades operativas. Mediante la manipulación de estas unidades operativas, podemos evitar crear las condiciones más favorables para la formación de acrilamida y de este modo reducir la formación de acrilamida en el producto alimenticio tratado térmicamente.

Por ejemplo, la etapa de lavado del procedimiento general de elaboración de una patata frita se puede manipular para que comprenda una etapa de contacto en la que las rodajas de patata se ponen en contacto con una solución acuosa. El tiempo de contacto y la temperatura se pueden aumentar y manipular, y se pueden añadir uno o más ingredientes a la solución acuosa. La etapa de cocción se puede manipular dividiéndola en una primera etapa de calentamiento a una temperatura más elevada y una segunda etapa de calentamiento a una temperatura más baja. La primera etapa de calentamiento a una temperatura más elevada puede comprender la fritura atmosférica, la fritura al vacío, la fritura por presión y la fritura asistida con microondas, o el horneado, y otros procedimientos conocidos en la técnica. La segunda etapa de calentamiento puede comprender la fritura al vacío, el secado en el horno a baja temperatura, el secado al vacío en el horno, y cualquier procedimiento de cocción que mantenga las temperaturas de cocción requeridas por la segunda etapa de calentamiento. Otros procedimientos para manipular las unidades operativas de contacto y cocción para reducir la formación de acrilamida son posibles.

Lo expuesto anteriormente, así como las características adicionales y las ventajas de la invención resultarán evidentes en la descripción detallada siguiente.

Breve descripción de las figuras

Las nuevas características 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, se pondrán más claramente de manifiesto mediante las referencias a la siguiente descripción detallada de las formas de realización ilustrativas 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 la técnica anterior de las etapas de tratamiento de las patatas fritas;

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

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

10 la figura 7a es un gráfico que representa las concentraciones de acrilamida en muestras de prueba de patata que se frieron 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 representan en el eje de la y en ppb, y los diversos procedimientos de contacto se describen en el eje de la x;

15 la figura 7b es un gráfico que representa los últimos seis puntos de datos de la figura 7a en una escala de concentración de acrilamida más limitada;

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

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

30 la figura 10 es una tabla que representa 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 1,4% de humedad en peso, y la muestra de prueba se frió a presión atmosférica a 2,5% de humedad en peso, después se secaron en un horno a 1,4% de humedad en peso;

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

40 la figura 12 es una tabla que representa las condiciones operativas y los resultados de siete experimentos en los que cuatro muestras de prueba se frieron a presión atmosférica en aceite a unas temperaturas iniciales con un intervalo de entre aproximadamente 165 a aproximadamente 180°C (329-356°F) durante aproximadamente 3-4 minutos, y tres muestras de prueba se frieron al vacío a baja temperatura durante aproximadamente 4-10 minutos a temperaturas con un intervalo de entre aproximadamente 100 a aproximadamente 140°C (212-284°F) y con presiones en un intervalo de entre 50-100 milibares.

Descripción detallada de la invención

45 La formación de acrilamida en alimentos tratados térmicamente requiere una fuente de carbono y una fuente de nitrógeno. Existe 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 alimenticios derivados de plantas, tales como arroz, trigo, maíz, cebada, soja, patata y avena contienen asparagina y son fundamentalmente carbohidratos que presentan componentes aminoácidos secundarios. Normalmente, estos ingredientes alimenticios presentan un pequeño grupo de aminoácidos, que contienen otros aminoácidos además de asparagina.

50 El término "tratado térmicamente" significa alimentos o productos alimenticios en los que los componentes del alimento, como una mezcla de ingredientes alimenticios, se calientan a temperaturas de por lo menos 80°C. Preferentemente, el tratamiento térmico del alimento o productos alimenticios tiene lugar a temperaturas entre aproximadamente 100°C y aproximadamente 205°C. El ingrediente alimenticio se puede procesar separadamente a temperatura elevada antes de la formación del producto alimenticio final. Un ejemplo de un ingrediente alimenticio tratado térmicamente son los copos de patata, que se forma a partir de patatas crudas en un proceso que expone la patata a temperaturas tan elevadas como 170°C. Los ejemplos de otros ingredientes alimenticios tratados térmicamente incluyen avena tratada, arroz parcialmente hervido y secado, productos cocinados de soja, pasta de maíz, granos de café tostados y granos de cacao tostados. Alternativamente, se pueden utilizar productos alimenticios crudos en la preparación del producto alimenticio final en el que la producción del producto alimenticio final incluye una etapa de calentamiento térmico. Un ejemplo de tratamiento de material crudo en el que el producto alimenticio final es el resultado de una etapa de calentamiento térmico es la elaboración de patatas fritas en rodajas a partir de rodajas de patatas crudas mediante la etapa de freírlas a una temperatura de entre aproximadamente 100°C a aproximadamente 205°C o la producción de patatas fritas caseras a temperaturas similares.

Sin embargo, según la presente invención, se ha descubierto que tiene lugar una formación significativa de acrilamida cuando el aminoácido asparagina se calienta en presencia de un azúcar reductor. El calentamiento de otros

aminoácidos como la lisina y la alanina en presencia de un azúcar reductor como la glucosa no conduce a la formación de acrilamida. Pero, sorprendentemente, la adición de otros aminoácidos a la mezcla de asparagina y azúcar puede aumentar o disminuir la cantidad de acrilamida formada.

Habiendo establecido la rápida formación de acrilamida cuando se calienta la asparagina en presencia de un azúcar reductor, se puede conseguir una reducción de acrilamida en alimentos tratados 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 de la asparagina.

Las investigaciones sobre los efectos de las varias unidades operativas o etapas de tratamiento en la formación de acrilamida en productos alimenticios finales han conducido a resultados interesantes. Estos resultados demuestran una capacidad de modificar una o más unidades operativas en cualquier tratamiento con la técnica anterior para elaborar un producto alimenticio de manera que el producto alimenticio cocinado resultante presenta una concentración reducida de acrilamida. El término “concentración reducida de acrilamida” significa una concentración de acrilamida que es más baja que la concentración que se habría formado durante un tratamiento sin modificar con la técnica anterior para cocinar el producto alimenticio particular en cuestión. Los términos “concentración reducida de acrilamida”, “concentración reducida de acrilamida” y “nivel reducido de acrilamida” se utilizan todas de forma intercambiable en la presente solicitud. En el contexto de la presente memoria, “unidades operativas” hace referencia a un segmento definible de un procedimiento global para producir un producto alimenticio. Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 2, cada una de las etapas de tratamiento de las patatas fritas (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 empaquetamiento 26) se considera una unidad operativa separada respecto al proceso global de producción de un producto alimenticio de patatas fritas.

Un primer ejemplo de la manipulación de una unidad operativa implica la etapa de lavado 23 (ilustrada en la figura 2) de patatas fritas mediante el corte en rodajas de una cantidad de patatas crudas. El tratamiento de la técnica anterior de lavado de las rodajas implica enjuagar las patatas con agua a temperatura ambiente. El tiempo medio de permanencia de cada patata en esta agua para enjuagar en la técnica anterior es normalmente inferior a 60 segundos, dependiendo del equipo utilizado.

La figura 3 ilustra como la unidad operativa de lavado de las patatas fritas se puede manipular de tal forma que los niveles de acrilamida en producto final de patata frita se pueden ajustar. Según la presente invención, la etapa de lavado 23 se puede manipular para que comprenda una etapa de contacto, en la que una introducción 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 una tabla que representa en la vertical izquierda (desde el punto de vista del observador) o eje de la y, la cantidad de acrilamida (“AA”) en partes por billón (“ppb”) encontradas en el producto acabado de patatas fritas. La vertical derecha o eje de la y en la tabla en la figura 3 representa el porcentaje de humedad en peso del producto final de patatas fritas. El nivel de acrilamida está indicado en la tabla mediante las barras verticales, mientras que el nivel del porcentaje de humedad está indicado por la marca de líneas. El eje horizontal o de la x de la tabla que se representa en la figura 3 enumera varios cambios en los parámetros de tratamiento realizados en las unidades operativas de lavado del procedimiento de elaboración de patatas fritas. El tiempo de cocción y la temperatura fueron idénticos para todos los productos 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.

A modo de comparación con los resultados que se representan en la figura 3, la etapa de lavado de la técnica anterior descrita anteriormente, que utiliza un surtido de patatas fritas cortadas en rodajas de un grosor de 0,5 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 del surtido de patatas) y un nivel final de humedad en peso de aproximadamente 1,4%. El resultado de esta técnica anterior es bastante similar al primer punto de datos 31 que se encuentra en la tabla que se representa 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 patatas de dos o tres minutos. Manteniendo todos los demás parámetros en el tratamiento global de la patata frita, 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.

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 solución acuosa, aumentando el tiempo de contacto de la solución acuosa con las rodajas de patatas hasta diez minutos, y aumentando la temperatura de la solución acuosa de 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 modo interesante, el tercer punto de datos 33 refleja que el aumento de la temperatura de la solución acuosa (agua, otra vez) a aproximadamente 54°C (130°F) con un tiempo medio de contacto de cinco minutos no dio como resultado una reducción apreciable en 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 unidad operativa 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 producto final de patata frita fue de aproximadamente 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.

En la tabla que se ilustra en la figura 4, los resultados del experimento representados en la figura 3 (los primeros de cada par de las barras verticales) se normalizan para representar los niveles de acrilamida que se podían esperar si las muestras de prueba se frieran al mismo nivel estandarizado de humedad (los segundos de cada par de las 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 de la prueba representados 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.

Haciendo referencia de nuevo en la figura 4, la vertical o eje de la y está marcada de nuevo en ppb de acrilamida encontrada en el producto acabado. La horizontal o eje de la 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 de 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 estandarizado de 1,32%.

De nuevo, el primer punto 41 es la muestra base que implica de dos a tres minutos de lavado con agua a temperaturas 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 refleja vuelve a reflejar que dicho contacto seguido de la fritura a aproximadamente 178°C (353°F) durante aproximadamente 120-130 minutos 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 puesta en contacto de esta forma a un nivel de humedad normalizado de 1,32%, al nivel de acrilamida proyectado descenderá a aproximadamente 150 ppb.

Un resultado deseable similar se da en relación al tercer punto de información 43, mientras que el cuarto punto 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 un 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 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 esperado para las rodajas puestas en contacto con una solución acuosa que comprende agua durante diez minutos a aproximadamente 38°C (100°F).

Según otras formas de realización, el contacto de rodajas de patata con una solución acuosa además comprende la eliminación de uno o más precursores de la acrilamida, como asparagina o azúcares reductores, a partir de rodajas de patatas crudas mediante la filtración de dichos precursores de la acrilamida de las rodajas de patatas crudas con un extracto de patata o un flujo de filtración. La filtración de componentes en las rodajas de patata mediante el extracto de patata o el flujo de filtración tiene lugar en aquellos componentes para los que existe un gradiente de concentración entre las rodajas de patata y el extracto de patata o flujo de filtración. La filtración se puede conseguir selectivamente mediante una solución de extracto de patata que no presenta el precursor de la acrilamida que se ha de extraer, pero que presenta unos niveles de concentración de otras materias solubles que están en, o próximos a, el equilibrio con los correspondientes niveles de concentración en las rodajas de patata. La filtración también se puede conseguir no selectivamente mediante un flujo de filtración l como agua pura. Un ejemplo de filtración selectiva implica hacer que el extracto de patata no presente la asparagina, y después poner en contacto las rodajas de patatas crudas con el extracto de patata que no presenta la asparagina para filtrar la asparagina de las rodajas de patatas crudas. Según una forma de realización, el extracto de patata que no presenta uno o más precursores de la acrilamida se pone en contacto con las rodajas de patatas crudas a contracorriente, lo que conducirá a una filtración más eficaz que un flujo en paralelo. En otra forma de realización, la filtración también aumenta mediante la vibración ultrasónica del extracto de patata cuando está en contacto con las rodajas de patata. Si se desea, el extracto de patata o el flujo de filtración se puede utilizar para extraer los precursores de la acrilamida filtrados de forma que el extracto de patata o el flujo de filtración se puede reciclar para su utilización continuada en el filtración de más rodajas de patata.

Un punto que hay que tener en cuenta cuando se revisen los efectos de la manipulación de varios parámetros de las unidades operativas, como los efectos que se representan en las figuras 3 y 4, es que todos estos ajustes tendrán un efecto colateral en la calidad y características del producto final. Por consiguiente, cualquier ajuste realizado en una de las unidades operativas se ha de seleccionar cuidadosamente para llegar al producto que presente las características finales deseadas. Estas características incluyen color, sabor, sensación en la boca, densidad, olor, y la vida media del producto acabado.

La figura 5 se centra en otro aspecto de las unidades operativas y representa el efecto e la disminución del nivel de humedad en la patata frita durante la etapa de cocción. Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, la etapa de cocción 24 es una unidad operativa que normalmente implica la cocción de patatas fritas en rodajas en una freidora de aceite a temperaturas elevadas. Volviendo a la figura 5, la tabla de la misma refleja en el eje horizontal o de la x el nivel de humedad en el producto final de patata frita. El eje vertical o de la y está marcado de nuevo como ppb de acrilamida ("AA") encontrada en el producto final de patatas fritas. Después se exponen varios puntos que muestran un porcentaje de humedad en relación al nivel de acrilamida de la patata frita final. Se utilizaron dos temperaturas distintas en la fritura que representa con el símbolo de diamantes la fritura a aproximadamente 178°C (353°F) mientras que los símbolos cuadrados se utilizaron para representar puntos para las patatas fritas a aproximadamente 149°C (300°F). Las líneas 51, 52 se ajustan a la curva de los puntos de datos para establecer una tendencia. Las líneas ajustadas a la 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". La primera línea 51 se refiere a los puntos de datos de la temperatura de fritura a 149°C (300°F). La segunda línea 52 se refiere a los puntos de datos que se representan para la fritura a una temperatura de 178°C (353°F). Tal como se puede observar en la figura 5, los niveles de acrilamida permanecen muy bajos a temperaturas de nivel de humedad de la patata frita superior a aproximadamente 3% de humedad en peso sin importar la temperatura de fritura.

Mientras que la figura 5 representa la relación entre los niveles de acrilamida y el contenido de humedad en las rodajas de patatas fritas, la figura 6 describe la misma relación en productos de patatas en rodajas al horno hechos a partir de una mezcla seca. El eje vertical de la tabla en la figura 6 representa las concentraciones de acrilamida, mientras que el eje horizontal representa los niveles de humedad en peso. Mientras que las concentraciones de acrilamida tienden a ser más elevadas en productos de patatas en rodajas al horno que en rodajas de patatas fritas, la figura 5 y 6 representan ambas que las concentraciones de acrilamida permanecen bastante bajas en productos de patata cocinados hasta que el nivel de humedad cae por debajo del 3%.

Resulta evidente a partir de las figuras 5 y 6 que los niveles de acrilamida en patatas fritas cocinadas en una freidora típica aumentan de manera más bien drástica una vez que el nivel de humedad cae por debajo del 3% de humedad en peso, punto en el que parece que no queda suficiente humedad para mantener la temperatura del producto inferior a una temperatura de formación de la acrilamida. Por ejemplo, la figura 5 representa que el nivel de acrilamida encontrado en el producto final es relativamente bajo cuando el nivel de humedad de la patata frita a lo largo de la unidad operativa es de 3% en peso o superior, sin importar la exposición a medios de cocción con temperaturas elevadas. Las figuras 5 y 6 demuestran que el nivel de humedad es un parámetro adicional útil en una unidad operativa que se puede ajustar para la reducción de la formación de acrilamida en el producto final.

Desafortunadamente, el nivel de humedad en una patata frita acabada debería estar de forma ideal en aproximadamente 2%, y preferentemente entre aproximadamente 1,3 y 1,4%. Cualquier valor superior al 2%, e incluso superior al 1,4%, puede conducir a contaminar microbiológicamente y deteriorar el empaquetamiento del producto, así como a consecuencias organolépticas, por ejemplo, sabor, textura, etc. Sin embargo, los cambios en color, sabor y consistencia del producto final se pueden ajustar de varias formas. Además, es posible contrarrestar las consecuencias de acabar el producto alimenticio con un contenido de humedad más elevado ajustando varios factores en el empaquetamiento como los materiales de empaquetamiento, películas, bolsas y sellos. Por consiguiente, según otra forma de realización del procedimiento descrito para reducir la formación de acrilamida en alimentos tratados térmicamente, otra unidad operativa comprende acabar el producto alimenticio de la forma que sale de su última etapa de cocción con un contenido de humedad de, por ejemplo, aproximadamente 1,4% en peso, aproximadamente 1,6% en peso, aproximadamente 1,8% en peso y aproximadamente 2% en peso, o a cualquier% de humedad en peso entre 1,4 y 2%.

Sin embargo, es importante indicar que es conocido que otros productos de patatas forman cantidades significativas de acrilamida incluso con un contenido de humedad relativamente elevado. Por ejemplo, las patatas fritas, que normalmente salen de la freidora con aproximadamente un 15% de humedad en peso, han mostrado que desarrollan unas 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 cocinado 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 consiguiente, que un producto de patatas que contiene compuestos precursores de la acrilamida no formará cantidades significativas de acrilamida hasta que, en la cocción, la temperatura del producto, que puede diferir significativamente de la temperatura del medio de cocción, aumenta por encima de aproximadamente 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 superado una temperatura de formación para la acrilamida.

Algunos expertos en la materia han expuesto que la humedad en el producto ayuda a mantener la temperatura interna del producto por debajo de la temperatura de formación de la acrilamida, incluso en un entorno con temperatura relativamente elevada. Cuando se ha extraído la mayor parte de la humedad, sin embargo, las temperaturas elevadas de las proximidades pueden provocar que la temperatura del producto aumente por encima de la temperatura de formación de la acrilamida. Es importante tener en cuenta, sin embargo, que no todas las porciones de un producto cocinado comparten la misma temperatura interna. Las patatas fritas caseras, por ejemplo, pueden ser bastante gruesas si se comparan con las patatas en rodajas y por consiguiente tienden a presentar un gradiente de humedad mayor entre las porciones interiores y exteriores del producto. Consecuentemente, 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 consiguiente, por lo menos por lo que respecta a los productos como las rodajas de patatas o trozos de patata elaborados, el nivel de humedad puede ser todavía un buen indicador de su temperatura interna. Esto también es así para productos que no sean de la patata realizados a partir de maíz, cebada, trigo, centeno, aceite, 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 esta invención implica la división de la unidad operativa de cocción (la cuarta unidad operativa 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. El producto se finaliza a un nivel de humedad deseado de aproximadamente 1-2% en peso, pero preferentemente aproximadamente 1,4% en peso, con una etapa de calentamiento a temperatura más baja que presenta una temperatura inferior a 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 elaborar productos elaborados derivados de patata, maíz, trigo, centeno, arroz, avena, mijo, y otros granos a base de almidón. Por ejemplo, estas modificaciones del proceso se pueden utilizar para reducir la formación de acrilamida en patatas elaboradas y en productos de maíz, cereales, galletas, galletas saladas, galletas saladas en forma de lazo duras, y panes, por nombrar unos cuantos. Destacar que los términos “etapa de cocción modificada” y “unidad operativa de cocción modificada” significan que 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 alimenticios en los que es deseable reducir la formación de acrilamida. Además, el término “trozos a base de patata” incluye tanto rodajas de patatas crudas como trozos de patatas 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 la fritura a presión atmosférica, fritura al vacío, fritura asistida con microondas, o el horneado. La primera etapa de calentamiento, sin embargo, puede comprender alternativamente cualquier otro procedimiento para cocinar el producto y disminuir su nivel de humedad prestando una atención especial a la eficiencia de la producción como el tiempo de permanencia, los costes de energía, los costes del equipo principal y el espacio disponible. Cuando la primera etapa de calentamiento implica freír el producto, la primera etapa de calentamiento se denomina a menudo “fritura parcial”, ya que friendo solo parcialmente se cocina el producto hasta que su contenido de humedad se disminuye a un punto cercano pero superior al 3% en peso. La segunda etapa de calentamiento puede comprender la fritura al vacío, secado en el horno a baja temperatura, secado en horno al vacío, o cualquier otro procedimiento de cocción que mantenga las temperaturas de cocción requeridas por la segunda etapa de calentamiento. Sin embargo, también se pueden utilizar otros procedimientos para reducir el contenido de humedad evitando las condiciones de temperatura baja/temperatura elevada más favorables para la formación de acrilamida siempre que la temperatura del producto permanezca por debajo de la temperatura de formación de la acrilamida de aproximadamente 120°C (250°F). La segunda etapa de calentamiento se denomina a menudo “fritura final” o “secado final”, ya que el contenido de humedad se reduce hasta el nivel final deseado.

Mediante la modificación de la etapa de lavado 23 y/o la etapa de cocción 24 del proceso para elaborar patatas fritas que se representa en la figura 2, los niveles de acrilamida en el producto final se pueden reducir significativamente sin perjudicar la calidad del producto y sus características finales. En una forma de realización preferida, un proceso de elaboración de patatas fritas que utiliza patatas frescas para freír combina las etapas tradicionales de pelado, el corte en rodajas, y lavado con una unidad operativa de cocción modificada que implica la fritura parcial a aproximadamente 165°C a aproximadamente 182°C (330-360°F) durante aproximadamente 1-3 minutos, seguido del secado en el horno inferior a aproximadamente 120°C (250°F) hasta que el nivel de humedad de la patata frita se reduce a aproximadamente 1,4% en peso. En las pruebas en las que se ha utilizado esta forma de realización preferida, se han conseguido niveles de acrilamida inferiores a 130 ppb. Esta forma de realización preferida consigue 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 formas de realización. Las figuras 7a, 7b y 8 representan varios ejemplos de combinaciones de modificaciones de lavado que comprenden el contacto con una solución acuosa y las modificaciones de cocción que reducen los niveles finales de acrilamida de los niveles que han resultado 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 formas de realización para procesar rodajas de patatas crudas, los procedimientos de lavado utilizados en esas formas de realización también se pueden aplicar a otro tipo de alimentos crudos en los que es deseable una reducción de acrilamida, como boniatos, ñames y plátanos. Asimismo, las modificaciones de cocción utilizadas en esas formas de realización también se pueden aplicar a otros productos alimenticios fritos tales como tortillas de maíz, plátanos fritos, boniatos fritos y ñames fritos.

La figura 7a describe los niveles de acrilamida resultantes de patatas fritas elaboradas combinando varias formas de realización distintas de una etapa de lavado modificada que comprende el contacto con una forma de 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 uno a tres minutos en una primera etapa de calentamiento, después el secado en horno de las rodajas de patata a aproximada-

ES 2 327 735 T3

mente 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 de la y de la gráfica en la figura 7a representa las concentraciones de acrilamida en ppb, mientras que la horizontal o eje de la x está indicada para mostrar los parámetros de cada forma de realización de la etapa de lavado modificada que comprende el contacto de las rodajas de patatas con una solución acuosa. Cada punto de datos representa un par de las barras verticales: la barra de la izquierda representa las concentraciones de acrilamida después del contacto y la fritura parcial mientras que la barra 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 la figura 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. Destacar que la primera y la segunda muestra 71, 72 desarrollan aproximadamente 320 ppb y 630 ppb de acrilamida respectivamente. El tercer punto de datos 73 implica el mismo lavado en agua durante dos a tres minutos, pero la muestra después 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 unidad operativa de cocción modificada. Estos cinco minutos, 60°C (140°F) de contacto combinado con las etapas de fritura parcial y secado en horno da como resultado en una concentración 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 de acrilamida finales de todas estas muestras estaban todavía por debajo de 80 ppb, que es significativamente inferior que 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 requiere el tiempo de contacto más prolongado de los procedimientos representados en la 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 en 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 una tabla a una escala de concentración de acrilamida más estrecha.

En la figura 8, los resultados representados en la figura 7b se han normalizado para describir los niveles de acrilamida que se podrían esperar si las muestras de prueba 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 comprar los resultados 83, 84, 88 representados en la figura 8 con los experimentos similares 41, 43, 45 representados en la figura 4, se puede observar que dividir la unidad operativa 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 representa que la fritura según la forma tradicional a un nivel de humedad normalizado al 1,32% en peso debe dar como resultado unas concentraciones de acrilamida que varían en un intervalo ligeramente superior a 100 ppb hasta aproximadamente 400 ppb, la figura 8 representa 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 unidad operativa de lavado modificada que comprende una etapa de contacto con una unidad operativa de cocción resulta particularmente aparente cuando se compara el punto de datos 43 de 54°C (130°F)/5 minutos de contacto de la figura 4 y el punto de datos 84 de 60°C (140°F)/5 minutos de contacto de la figura 8 con el punto de referencia 41 de la figura 4. Como se ha expuesto anteriormente en relación con la figura 4, aumentado el tiempo de contacto desde 2-3 minutos hasta 5 minutos e incrementando la temperatura de contacto desde la temperatura ambiental 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 representa 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 una temperatura de 60°C (140°F) es seguida por una unidad operativa de cocción que implica la fritura parcial y el secado en el horno.

La figura 9 representa el aumento drástico en las concentraciones finales de acrilamida que da como resultado una temperatura de secado en el horno superior a aproximadamente 120°C (250°F). En la figura 9, las muestras de prueba

se ponen en contacto y después se fríen parcialmente de la misma manera que en la figura 7b, pero las muestras después se secan al horno a aproximadamente 176°C (350°F) mejor que aproximadamente 120°C (250°F). Las concentraciones finales de acrilamida de las muestras de prueba después se normalizan 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 74 de la figura 7b con el punto 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) aumenta 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 prueba hasta aumentar drásticamente desde valores a 100 ppb hasta más de 500 ppb. Otra muestra de prueba (no se representa) se lavó para eliminar almidón superficial, se frió parcialmente a aproximadamente 176°C (350°F) para un contenido de humedad entre aproximadamente 3-5% en peso, y después se secó en un horno comercial Wenger a una temperatura de aproximadamente 132°C (270°F) hasta un contenido final de aproximadamente 1,3% en peso, que da como resultado un nivel de acrilamida de aproximadamente 270 ppb. Los resultados 93, 94, 95, 96, 97, 98 que se representan en la figura 9, así como los resultados de la muestra de prueba secada en el horno a una temperatura de aproximadamente 132°C (270°F), ilustran 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 aproximadamente del 3% en peso. Este principio se aplica no solo a las rodajas de patata cruda sino que también a otros alimentos crudos, como ñames y plátanos, y productos elaborados derivados de patata, maíz, cebada, trigo, centeno, arroz, avena, mijo y otros granos que contienen almidón.

La figura 10 presenta los resultados y las condiciones operativas de otra forma de realización en la que las rodajas de patata se lavan, se fríen un poco y se secan al horno. Una muestra control 101 se procesó de una forma similar a la descrita en relación con las muestras base 71, 72 descritas en la figura 7a. Tras aproximadamente un lavado con agua a temperatura ambiente durante 20-30 segundos, de un contacto breve de las rodajas de patata con una solución diluida de cloruro sódico (3-5%) durante unos cuantos segundos, una muestra control 101 de un grosor de las rodajas de 1,45 mm de patatas Hermes cortadas para freír se frieron un poco 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 control 101 presenta una concentración de acrilamida de 640 ppb, similar a las 630 ppb producidas en la segunda muestra de referencia 72 que se representa en la figura 7a. La muestra de prueba 102 se lavó de forma similar y puso en contacto como la muestra control 101. Utilizando una freidora comercial grande, la muestra de prueba 102 se frió parcialmente en aceite que tiene una temperatura inicial de aproximadamente 174°C (345°F) durante aproximadamente tres minutos hasta que la humedad disminuyó hasta 2,5% en peso. Después la muestra de prueba 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 control 101.

En otro grupo de pruebas (no representado) similar a los que se representan 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 secan 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 prueba fritas parcialmente a aproximadamente 179°C (354°F) hasta un contenido de humedad entre aproximadamente 3 hasta aproximadamente 5% dieron como resultado unos niveles de acrilamida de aproximadamente 64 ppb. El producto frito parcialmente después se secó 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 en humedad final de aproximadamente 1,3% de humedad en peso en un horno Wenger dio como resultado unos niveles de acrilamida de 125 ppb. De manera 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 unos periodos de tiempo largos (incluso a un periodo tan largo como 10-15 minutos), no incrementa los niveles de acrilamida. Esta forma de 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 unos niveles tan elevados como el 10% en peso, pero sacar el producto demasiado pronto puede afectar la textura final del producto. Cabe destacar, sin embargo, que este procedimiento no se limita a las rodajas crudas de patata y se puede aplicar a otros productos alimenticios fritos como tortitas fritas, plátanos fritos, boniatos fritos y ñames fritos. La ventaja de freír parcialmente y después secar a aproximadamente 100°C (212°F) es que la unidad operativa 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 formas de realización que implica la fritura parcial seguida del secado al horno, también es posible realizar el secado al vacío para mejorar la eliminación de la humedad. En el secado 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 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. De este modo,

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.

- 5 Las figuras 7a, 7b, 8 y 10 representan unos resultados de pruebas a partir de la combinación de una forma de realización particular de una unidad operativa de cocción modificada con varias formas de realización diferentes de una unidad operativa de lavado modificada que comprende una etapa de contacto, también son posibles otras formas de realización. Por ejemplo, las diferentes etapas de contacto presentadas en estas figuras se pueden prolongar con una unidad operativa de cocción modificada diferente. Alternativamente, un procedimiento mejorado para la reducción de la formación de acrilamida puede utilizar simplemente una unidad operativa de cocción modificada sin modificar otra unidad operativa. En otro grupo de formas de realización, la segunda de las dos etapas de calentamiento de una unidad operativa de cocción modificada comprende la fritura final al vacío en lugar de la fritura a presión atmosférica. En la fritura final 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 para formar unas cantidades significativas de acrilamida.
- 10 Según una forma de realización, la presión al vacío debe ser la adecuada para que la fritura se de por debajo de aproximadamente 120°C (250°F). Dicha fritura final al vacío también se puede aplicar a otros productos alimenticios como los derivados de patata, maíz, centeno, trigo, arroz, avena, mijo y otros granos que contienen almidón.

- La figura 11 representa los resultados y las condiciones operativas de varios ejemplos de una unidad operativa de cocción que implica la fritura parcial seguida de la fritura final al vacío. En el control 110 y las muestras de prueba 111, 112, 113, 114, la variedad Hermes de patatas para freír se pelaron, 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. Después del lavado, la muestra 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 las pruebas 1-4, todas las muestras de prueba 111, 112, 113, 114 se frieron parcialmente a presión atmosférica a aproximadamente 177°C (351°F) y se acabó de freír al vacío a aproximadamente 120°C (248°F) y 100 milibares, pero cada una se frió parcialmente y se acabó de freír al vacío durante varios periodos de tiempo. En la prueba 1 111, se encontraron 220 ppb en la muestra de prueba después del lavado, la fritura parcial atmosférica durante aproximadamente 100 segundos hasta 3% de humedad en peso, y la fritura final al vacío durante 44 segundos hasta aproximadamente 0,7% en peso. Los resultados de las pruebas 2-4 112, 113, 114 muestran que los niveles de acrilamida en el producto final disminuye 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. Las pruebas 2-4 112, 113, 114 produjeron todas unas concentraciones de acrilamida inferiores a 50 ppb. En la prueba 4 114, se alcanzó un nivel de acrilamida de sólo 13 ppb hasta 10% de humedad en peso por fritura al vacío, después la fritura al vacío hasta aproximadamente 1% en peso. Como se puede observar a partir de los datos, las rodajas parcialmente fritas con un contenido de humedad superior antes de que se acaben de freír al vacío a baja temperatura disminuye dramáticamente 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 ñame frito. 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 final 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 unas concentraciones de acrilamida reducidas en el producto final. 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 final al vacío a unos niveles superiores de humedad puede proporcionar un aroma dulce al producto. Se debe tener en cuenta que el coste del equipo de fritura final al vacío puede ser superior al del equipo de secado al horno.

- De forma similar, el frito parcial al vacío se puede utilizar en la primera de las dos etapas de calentamiento de una unidad operativa modificada de cocción. A título de ejemplo, una forma de realización de una unidad operativa modificada de cocción 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 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 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 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.

- Para las líneas de productos acabados, que pueden comprender los tentempiés elaborados o productos como cereales, galletas, galletas saladas, galletas saladas en forma de lazo (pretzel) y pan, otra forma de realización de la invención comprende una unidad operativa de cocción con una primera etapa de cocción de temperatura superior y una segunda etapa de cocción de temperatura inferior. En la unidad operativa de cocción de esta forma de 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. El producto después 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 la primera zona y desciende gradualmente a lo largo de las tres zonas restantes. Se puede utilizar un horno de convección, de temperatura descendiente, de zona única, en la segunda etapa de calentamiento a una temperatura más baja para completar el proceso de calentamiento. Sin embargo, se pueden utilizar otros tipos de horno para las dos etapas de calentamiento de esta forma de realización. También, la segunda etapa de calentamiento a una temperatura más baja de esta forma de realización en particular, como la de las formas de realización que implican una fritura parcial seguida de un secado al horno, se pueden realizar a aproximadamente 120°C (250°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.

En las pruebas que utilizan una forma de 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 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 unos 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 peso. Estos resultados subrayan la importancia de mantener el 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 sólo a las piezas de patatas cocinadas o elaboradas sino también a otros productos elaborados derivados de la patata, el maíz, la cebada, el trigo, el centeno, el arroz, la avena, el mijo, y otros granos que contienen almidón. Este principio también es aplicable a la cocción de productos crudos como boniatos y plátanos.

En otra forma de realización de la invención, en lugar de dividir la unidad operativa 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 unidad operativa 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 forma de realización. En las pruebas 1-4, 121, 122, 123, 124, se lavaron en agua varios grupos control de patatas fritas del tipo 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 una fritura continuada 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 acrilamida de aproximadamente 300 ppb. En contraste, las muestras de prueba en las Pruebas 5-7, 125, 126, 127 todas 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 milibares. Como se puede apreciar 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. Las pruebas 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 milibares 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. 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 la prueba 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). Debería considerarse, sin embargo, que la fritura al vacío a lo largo de todo el proceso de cocción puede alterar significativamente la textura, la apariencia y el sabor del producto.

Para las líneas de productos acabados, que pueden comprender los tentempiés, cereales y otros productos a base de almidón y maíz como se ha explicado anteriormente, la unidad operativa 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. De este modo, 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 caracterís-

ES 2 327 735 T3

licas 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 documento presente. El efecto del pH sobre la formación de acrilamida es otro factor que se puede considerar y combinar con las explicaciones de la presente memoria.

Se debe entender que los cambios en las características del producto final, 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 un agente de fermentación o varios emulsionantes.

Aunque la invención se ha representado particularmente y se ha descrito haciendo referencia a una o más formas de realización, los expertos en la materia apreciarán que se pueden plantear varios enfoques para la reducción de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, aunque los procedimientos se han descrito en la presente memoria haciendo referencia a los productos de la patata, el procedimiento se puede utilizar también en el tratamiento de productos alimenticios preparados a partir de maíz, cebada, trigo, centeno, arroz, avena, mijo y otros granos que contienen almidón. Además de las patatas fritas, La invención se puede utilizar para la preparación de tortitas de maíz fritas y otros tipos de tentempiés fritos, así como en cereales, galletas, galletas saladas, galletas saladas en forma de lazo, panes y bollos, y el empanado para la carne. En cada uno de estos alimentos, el procedimiento de la presente invención para la manipulación de una o más unidades operativas se puede combinar con otras estrategias para la reducción de acrilamida para producir un nivel aceptable de acrilamida sin afectar negativamente el gusto, el color, el olor u otras características de un alimento particular.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente, comprendiendo dicho procedimiento las etapas que consisten en:
- a) proporcionar un alimento que presenta un nivel de humedad antes de la cocción de por lo menos 4% en peso;
 - 10 b) cocer dicho alimento para formar un alimento cocido con una concentración reducida de acrilamida y un nivel de humedad inferior a 3% en peso, en el que dicha cocción comprende el calentamiento a una temperatura inferior a aproximadamente 120°C mientras que el nivel de humedad de dicho alimento es inferior a 3% en peso.
- 15 2. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que dicha cocción de la etapa b) comprende además el calentamiento a una temperatura superior a aproximadamente 120°C mientras que el nivel de humedad es de por lo menos 3% en peso.
- 20 3. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 2, en el que dicho calentamiento a una temperatura superior a aproximadamente 120°C comprende la fritura parcial a presión ambiental.
- 25 4. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 3, en el que dicha fritura parcial comprende la fritura en una pluralidad de etapas en las que la temperatura disminuye de una etapa a la etapa posterior.
- 30 5. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 2, en el que dicho calentamiento a una temperatura superior a aproximadamente 120°C comprende la fritura parcial al vacío.
- 35 6. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 2, en el que dicho calentamiento a una temperatura superior a aproximadamente 120°C comprende el horneado.
- 40 7. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 2, en el que dicho calentamiento a una temperatura superior a aproximadamente 120°C comprende la fritura parcial a presión ambiental y la cocción al microondas.
- 45 8. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 2, en el que dicho calentamiento a una temperatura superior a aproximadamente 120°C comprende el horneado y la cocción al microondas.
- 50 9. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que dicho calentamiento a una temperatura inferior a aproximadamente 120°C comprende la fritura al vacío.
- 55 10. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que dicho calentamiento a una temperatura inferior a aproximadamente 120°C comprende el secado al horno.
- 60 11. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 10, en el que dicho secado al horno se lleva a cabo en una pluralidad de etapas, calentándose cada una de ellas a temperaturas sucesivamente inferiores.
- 65 12. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que dicha cocción de la etapa b) comprende además la fritura inferior a 120°C al vacío.
13. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que dicha cocción de la etapa b) comprende además el horneado a una temperatura inferior a aproximadamente 120°C.
14. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que la etapa a) comprende además poner en contacto dicho alimento con una solución acuosa.
15. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 14, en el que dicho contacto se realiza utilizando agua a temperatura ambiente.

ES 2 327 735 T3

16. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 14, en el que dicho contacto se realiza utilizando agua a una temperatura superior a la temperatura ambiente.

5 17. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 14, en el que dicho contacto se realiza utilizando una solución acuosa de cloruro cálcico.

10 18. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 14, en el que dicho contacto se realiza utilizando una solución acuosa de L-cisteína.

19. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 14, en el que dicho contacto comprende por lo menos la extracción por filtración de por lo menos un precursor de la acrilamida de dicho alimento.

15 20. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 19, que comprende además la eliminación por filtración de por lo menos un precursor de la acrilamida de dicho alimento con un extracto que es pobre en el precursor de acrilamida que es extraído por filtración.

20 21. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que dicha cocción de la etapa b) comprende además el acabado de dicho alimento a un contenido en humedad de aproximadamente 1,4% en peso.

25 22. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 21, en el que dicha cocción de la etapa b) comprende además el acabado de dicho alimento a un contenido en humedad entre 1,4% en peso y 1,6% en peso.

30 23. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 21, en el que dicha cocción de la etapa b) comprende además el acabado de dicho alimento a un contenido en humedad entre 1,6% en peso y 1,8% en peso.

30 24. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 21, en el que dicha cocción de la etapa b) comprende además el acabado de dicho alimento a un contenido en humedad entre 1,8% en peso y 2% en peso.

35 25. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que dicho alimento comprende un producto de patata.

40 26. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que dicho alimento comprende una pluralidad de rodajas de patata.

27. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que dicho alimento comprende un producto de maíz.

45 28. Procedimiento para la reducción de la formación de acrilamida en los alimentos tratados térmicamente según la reivindicación 1, en el que dicho alimento comprende una pasta de masa.

29. Alimento tratado térmicamente producido mediante el procedimiento según la reivindicación 1.

50 30. Alimento tratado térmicamente según la reivindicación 29, en el que dicho alimento tratado térmicamente comprende un producto a base de patata.

31. Alimento tratado térmicamente según la reivindicación 29, en el que dicho alimento tratado térmicamente comprende una patata frita.

55 32. Alimento tratado térmicamente según la reivindicación 29, en el que dicho alimento tratado térmicamente comprende un producto a base de maíz.

60 33. Alimento tratado térmicamente según la reivindicación 29, en el que dicho alimento tratado térmicamente comprende maíz frito.

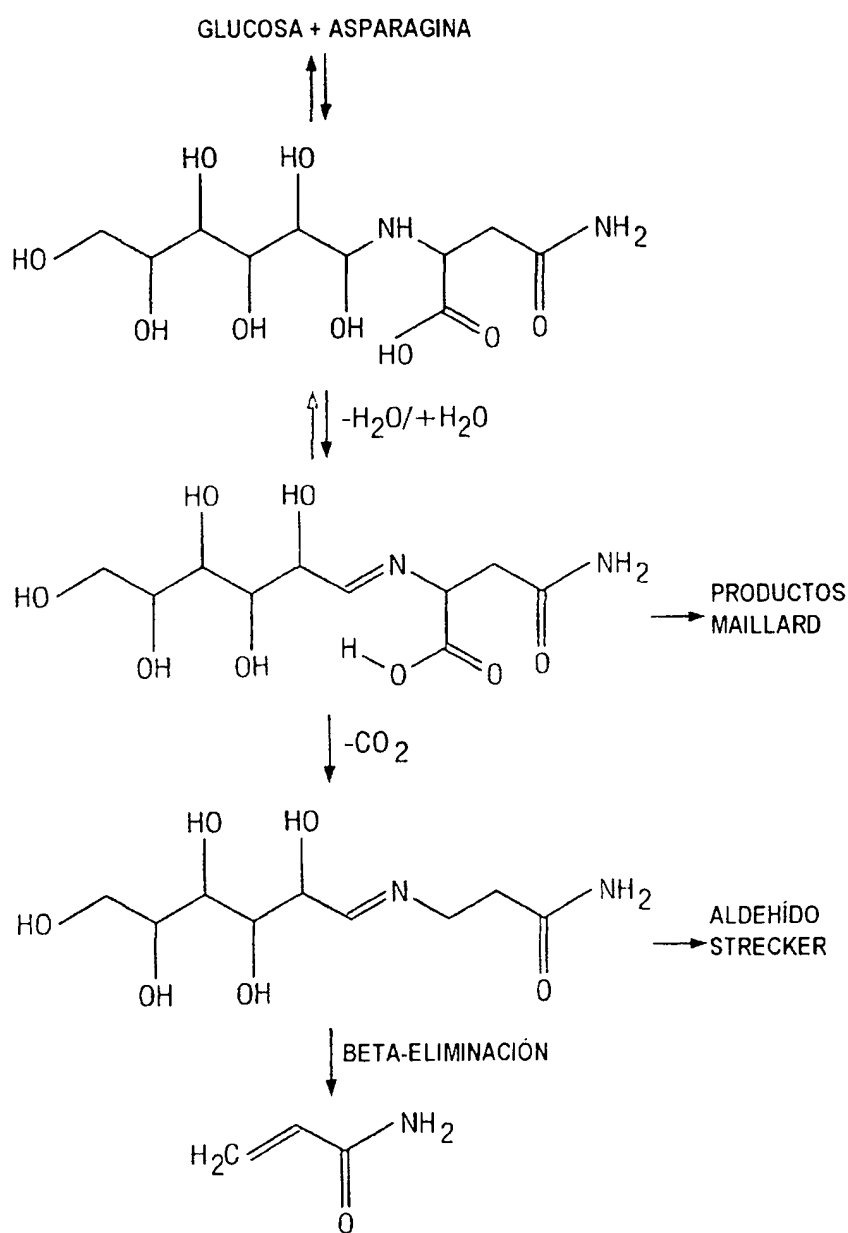


FIG. 1

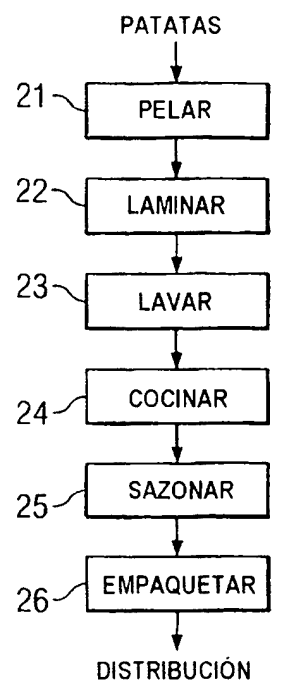
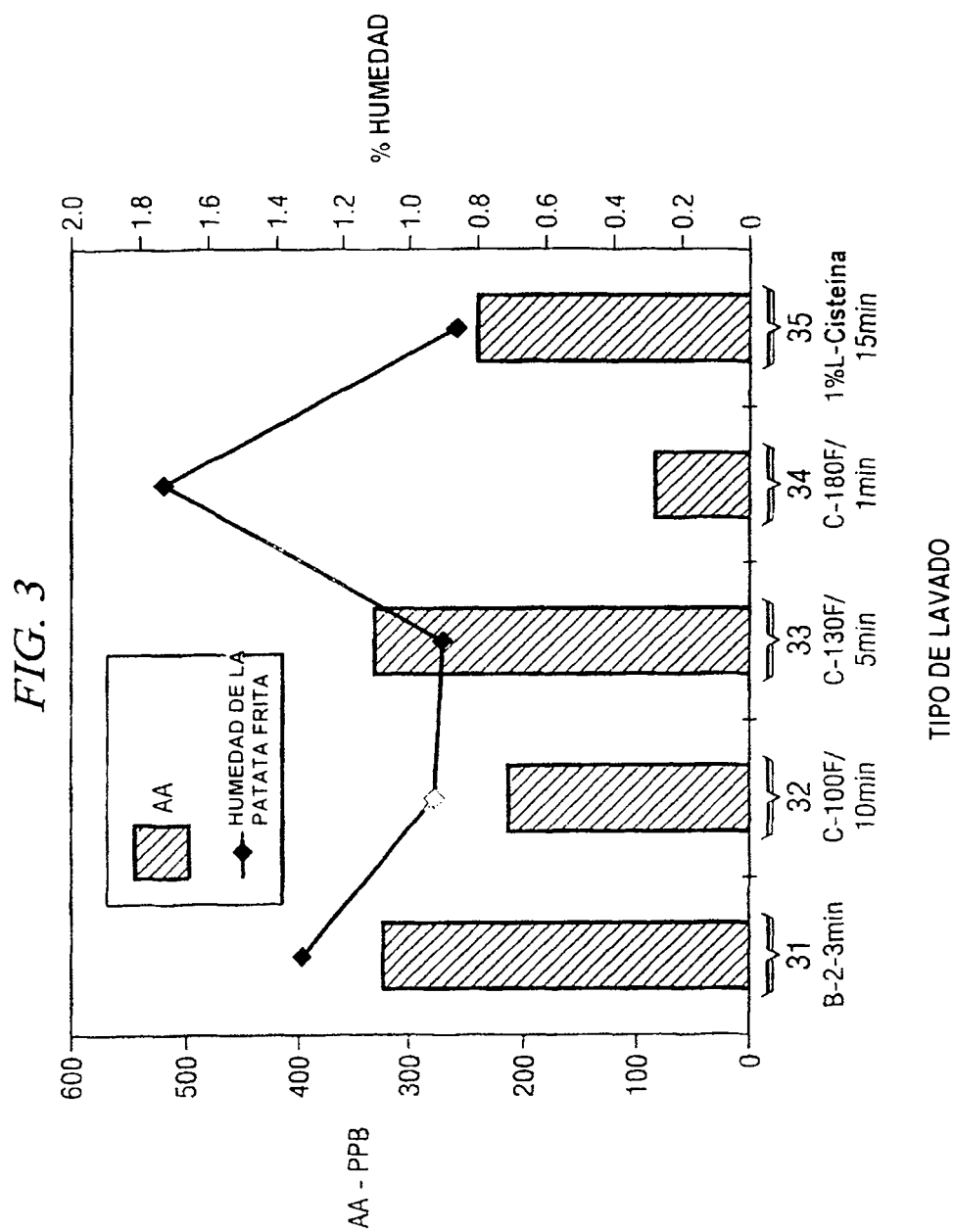


FIG. 2
(TÉCNICA ANTERIOR)



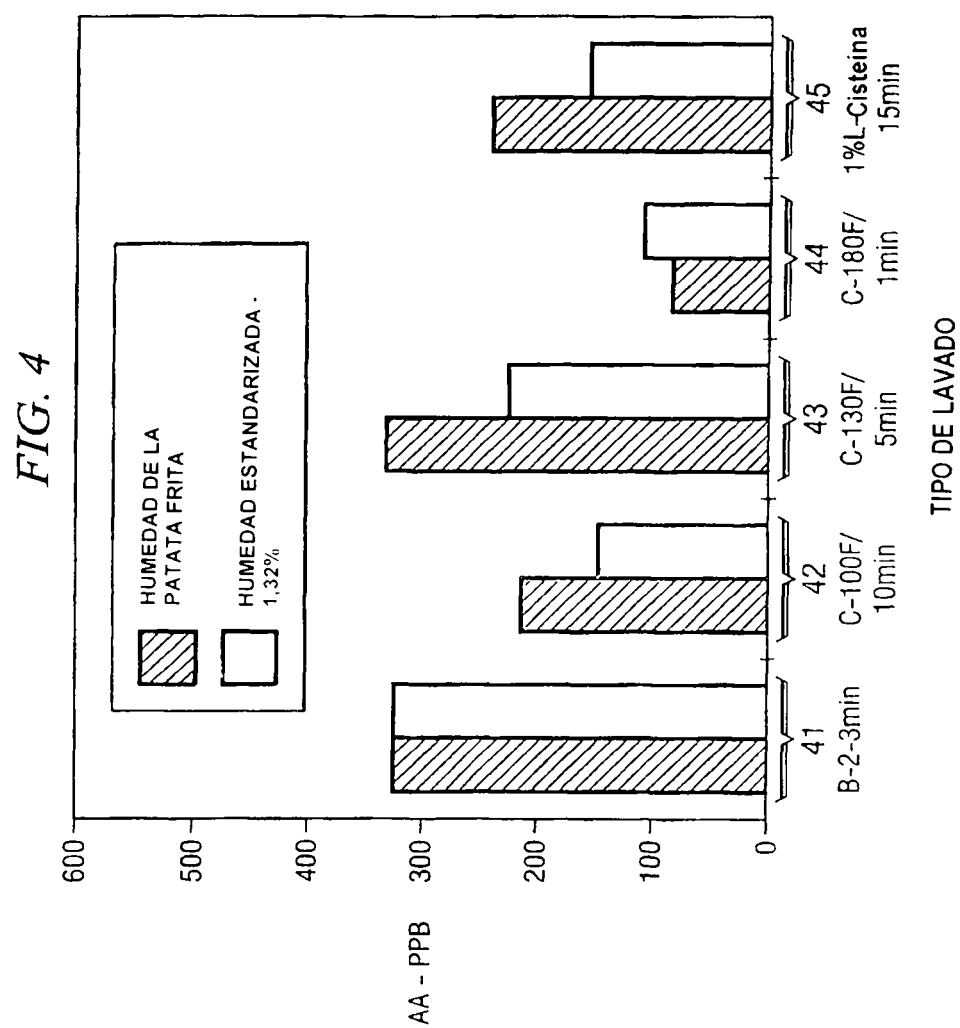


FIG. 5

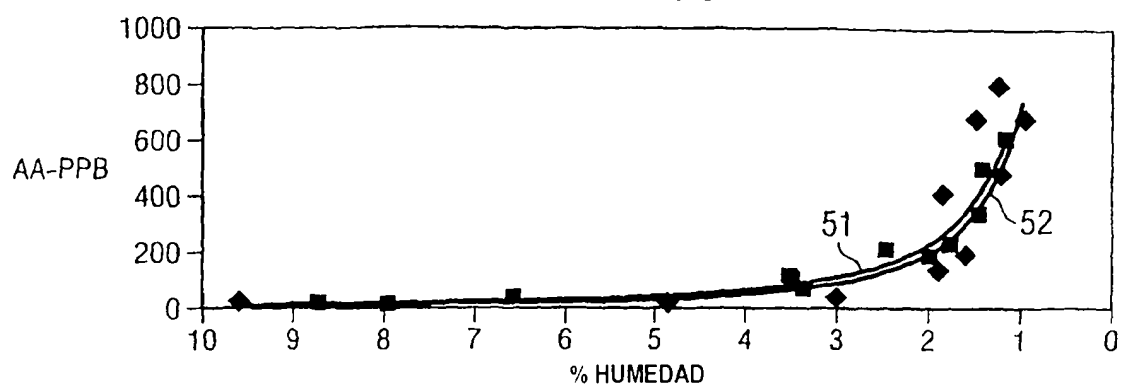


FIG. 6

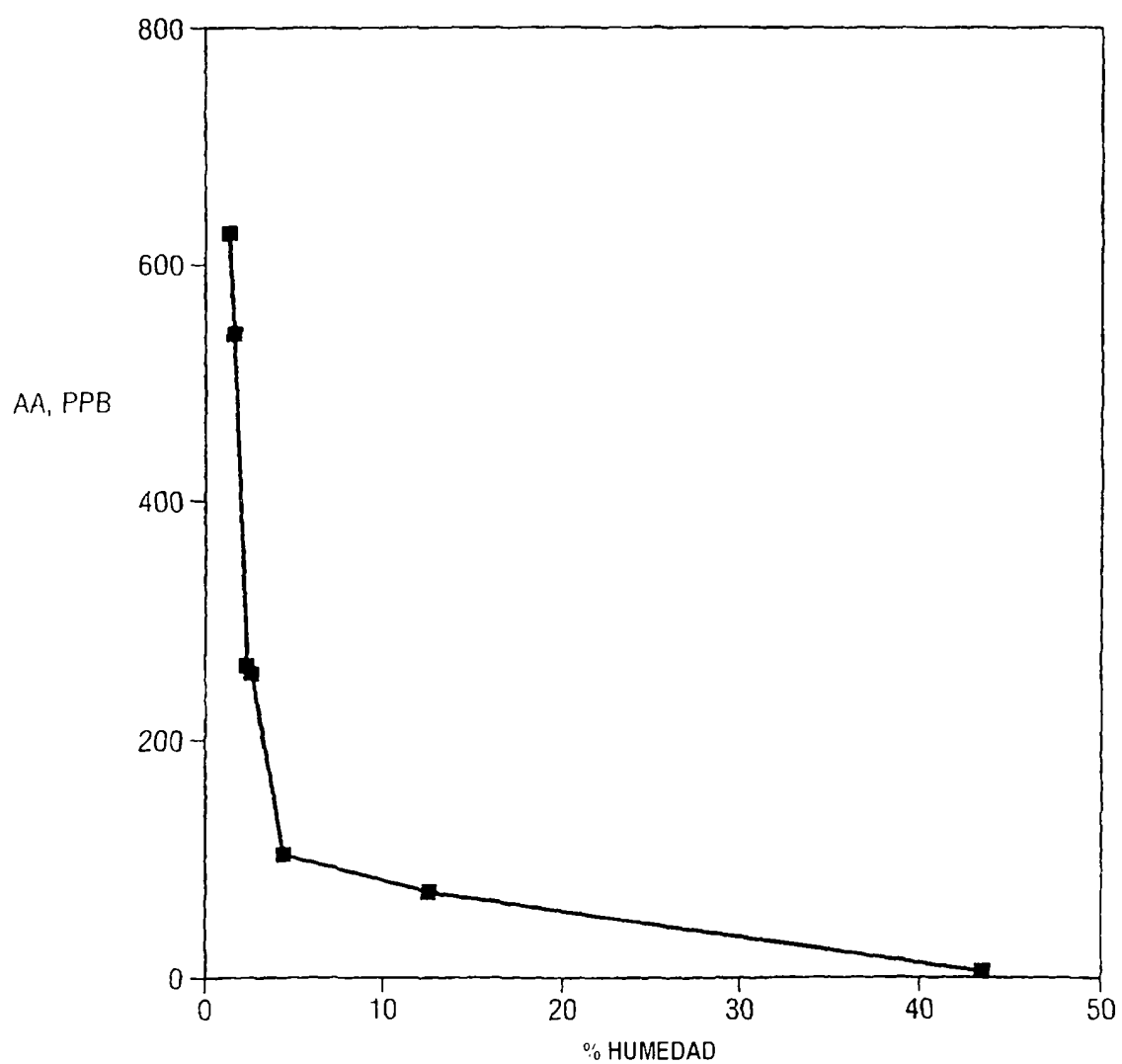
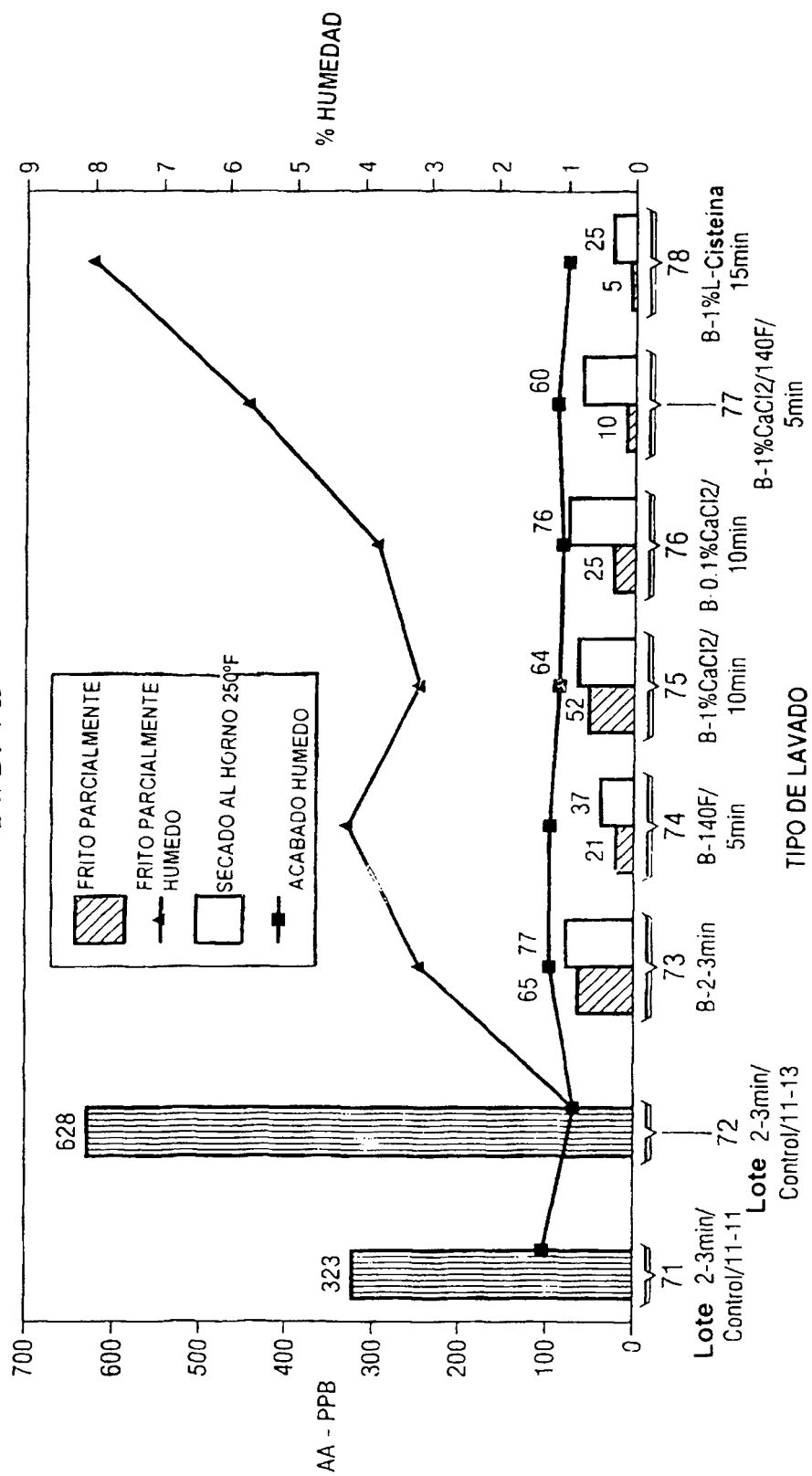
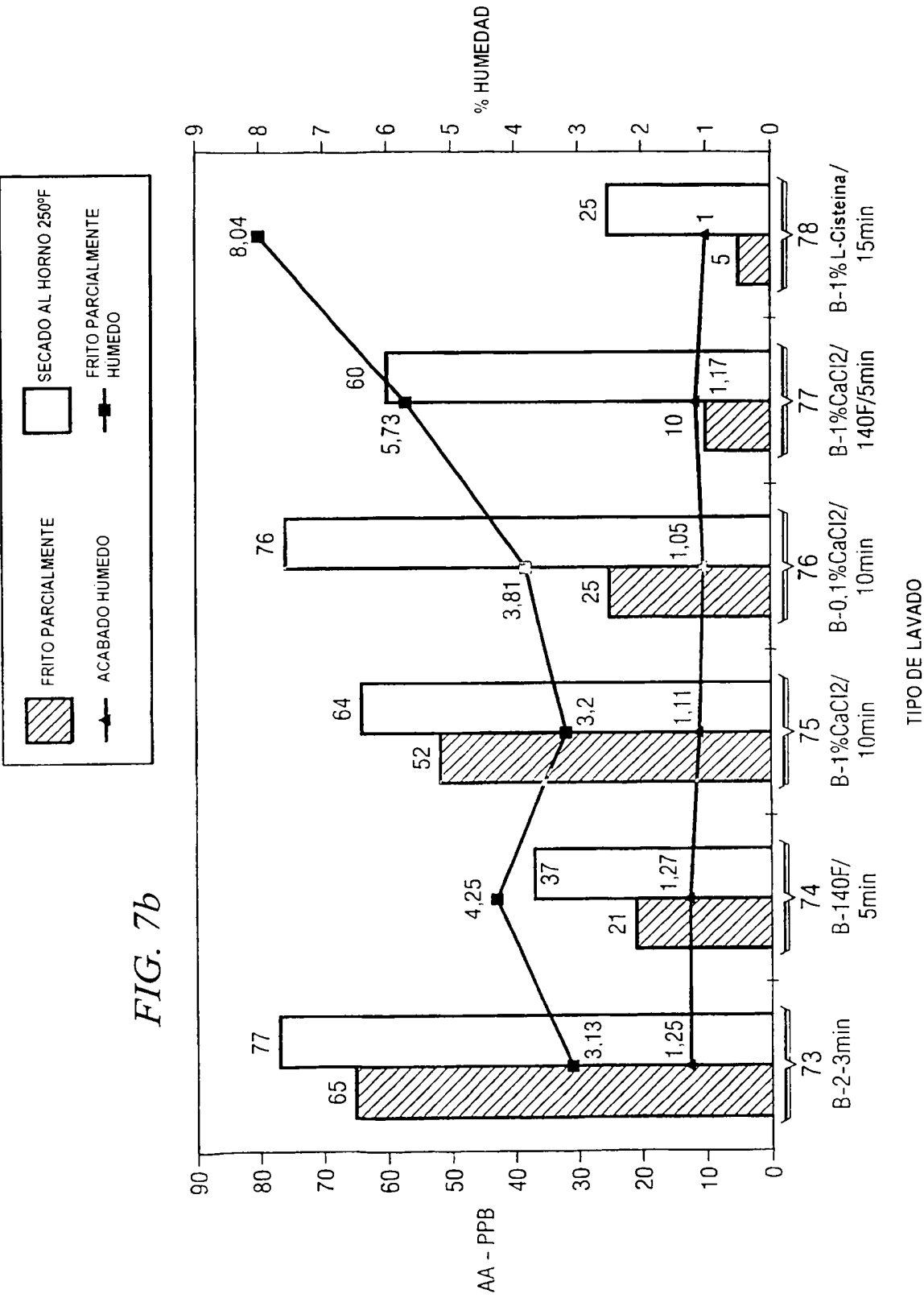
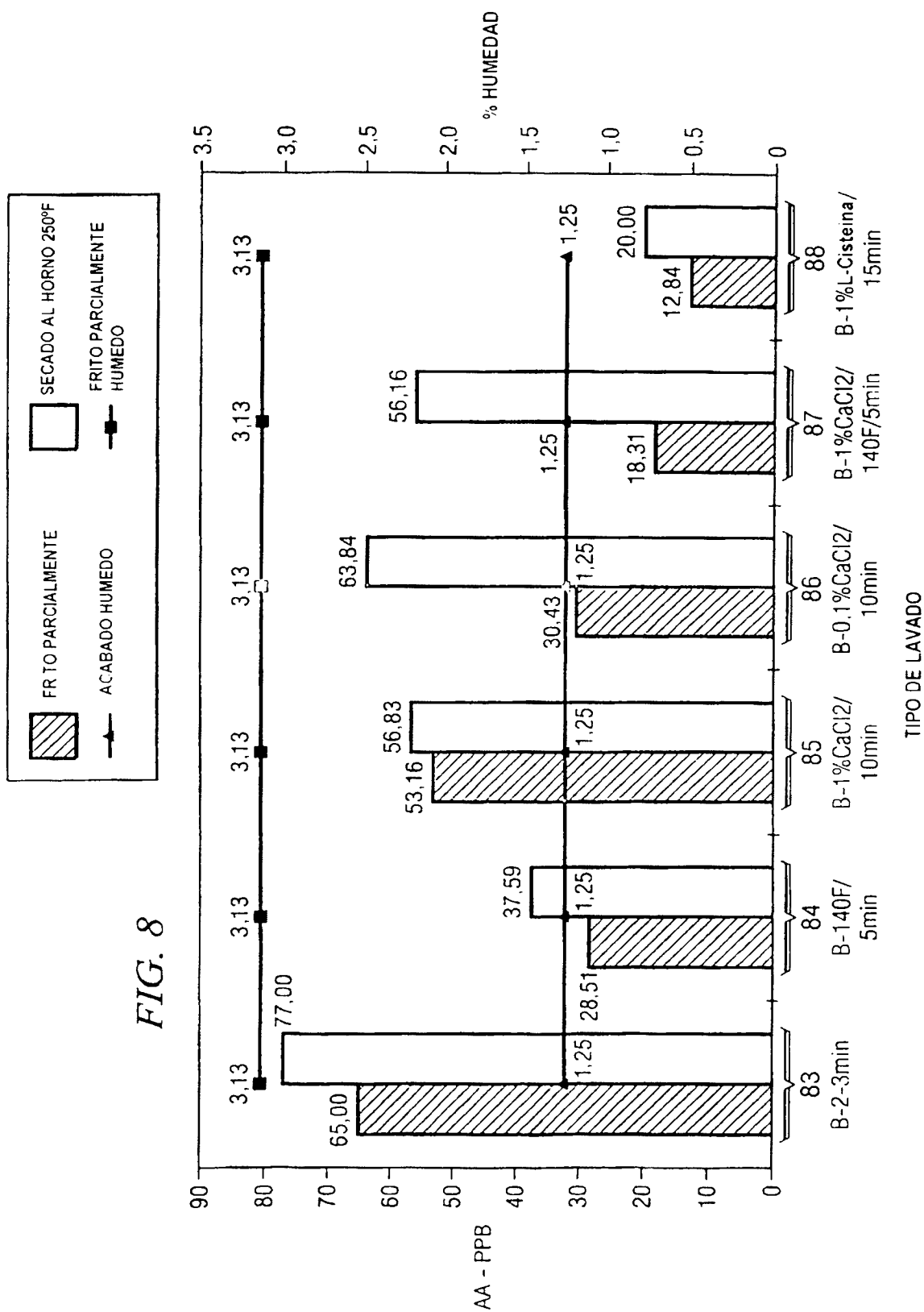


FIG. 7a







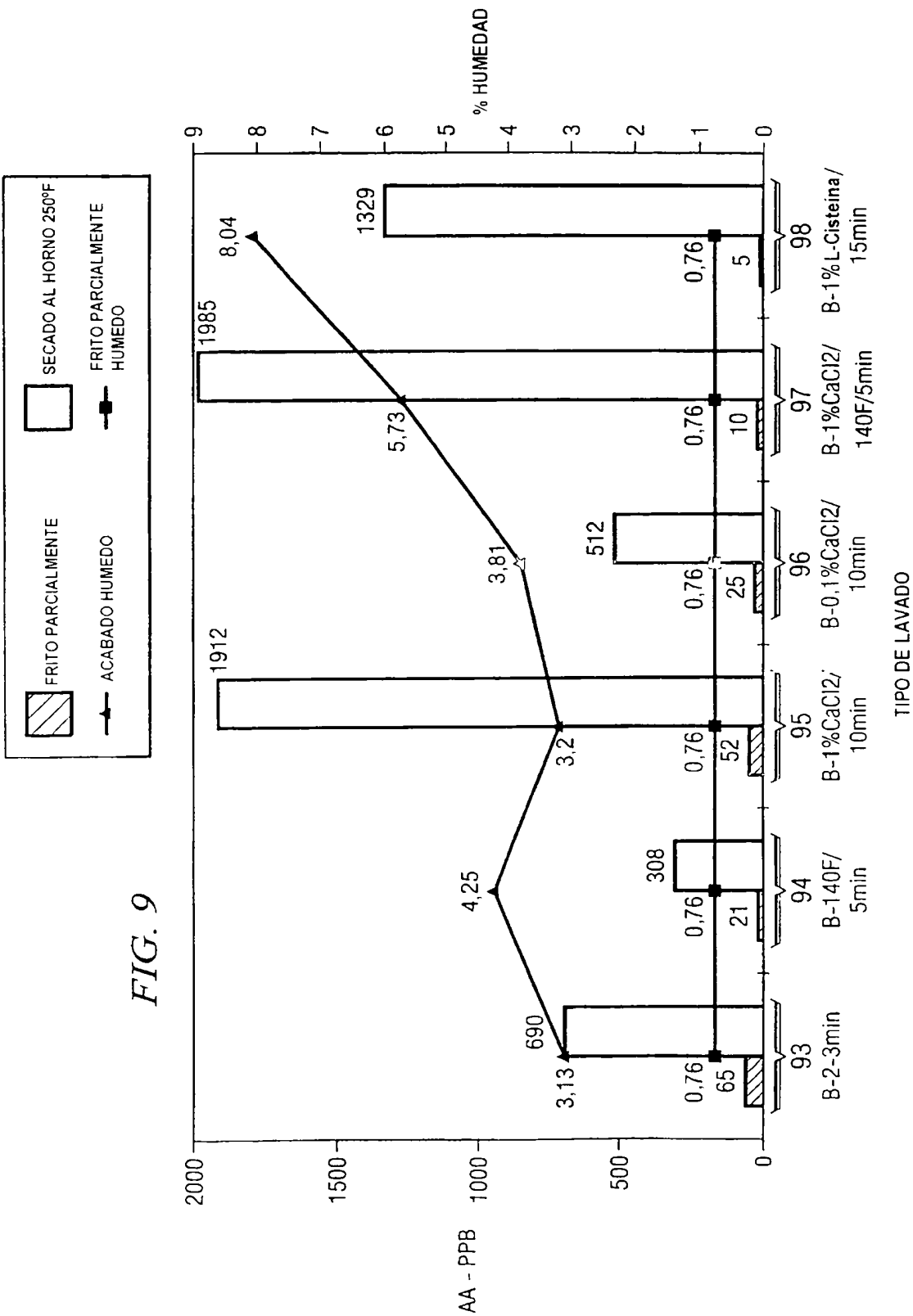


FIG. 10

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	CONTROL	110				111				112				113				114			
		PRUEBA 1				PRUEBA 2				PRUEBA 3				PRUEBA 4							
TEMPERATURA INICIAL DEL ACEITE DE FRITURA PARCIAL. °C	177	177				177				177				177				177			
PRESION DE FREIDORA PARCIAL. MBAR	ATMOSFERICA	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