(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 649 266**

(51) Int. CI.:

A23L 19/10 (2006.01)
A23B 7/03 (2006.01)
A23B 7/155 (2006.01)
A23L 19/12 (2006.01)
A23L 5/20 (2006.01)
A23L 19/18 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.03.2007 PCT/CA2007/000449**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **27.09.2007 WO07106996**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.03.2007 E 07719401 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017 EP 2001309**

(54) Título: **Composiciones y procedimientos para la modificación superficial de productos de tubérculos comestibles**

(30) Prioridad:

21.03.2006 US 783838 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.01.2018

(73) Titular/es:

MCCAIN FOODS LIMITED (100.0%)
8800 Main Street, Florenceville-Bristol, New Brunswick, E7L 1B2,, CA

(72) Inventor/es:

SAHAGIAN, MICHAEL

(74) Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

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

Composiciones y procedimientos para la modificación superficial de productos de tubérculos comestibles

Descripción

Sector de la invención

La presente invención se refiere a procedimientos enzimáticos para la modificación superficial de alimentos de tubérculos comestibles. La presente invención se refiere también a procedimientos para reducir la acrilamida producida por el cocinado de productos de tubérculos comestibles, tales como patatas fritas.

Antecedentes de la invención

La modificación superficial de productos de tubérculos comestibles, tales como patatas fritas, es importante para modificar la química superficial para obtener las propiedades deseables de color, textura y sabor. Los aminoácidos, carbohidratos y lípidos superficiales son dianas típicas de la modificación superficial.

Un área de interés creciente es la modificación de los aminoácidos superficiales para reducir la formación de acrilamida en alimentos cocinados. Se cree que la acrilamida se genera a partir de los componentes del alimento durante el tratamiento térmico como consecuencia de la reacción de Maillard entre aminoácidos y azúcares reductores. Se considera que muchos aminoácidos contribuyen a la formación de acrilamida, siendo la asparagina el principal contribuyente. Los investigadores están investigando las posibilidades de reducir el contenido de acrilamida en los alimentos. Sin embargo, existen dificultades en la modificación de la química de los alimentos crudos. Es difícil ajustar las cantidades de los productos químicos que se dan de forma natural en los alimentos, especialmente en los que los productos químicos son aminoácidos, tales como la asparagina, que son elementos constitutivos esenciales de las plantas. Los aminoácidos son muy abundantes en las células y se ensamblan en proteínas, que son responsables de la estructura y el funcionamiento de la célula vegetal. Es difícil obtener alimentos con química de aminoácidos modificada pero que conserven propiedades de sabor, olor, color, textura y químicas favorables.

En la costra de las patatas fritas, se forma acrilamida en presencia de asparagina y azúcar, como parte de la reacción de Maillard durante la parte final de la fritura. Diversas estrategias de atenuación, tales como la utilización de enzimas tales como asparaginasa, se han dado a conocer al dominio público para reducir la acrilamida en los alimentos, incluyendo productos de patata (véase, por ejemplo, los documentos JP24283062A2, US20040265429A1, US2004058046A1, US2004081724 y US2004265432A1). Sin embargo, algunas de estas estrategias enzimáticas no son eficaces en la reducción de acrilamida. Otras no se traducen fácilmente a un entorno de planta comercial, en las que sigue existiendo una necesidad de procesar patatas fritas rápidamente y a bajo coste.

Características de la invención

El inventor de la presente invención ha determinado que la introducción de enzimas en un producto de tubérculo comestible durante una etapa de secado permite la modificación superficial del producto de tubérculo comestible. En un ejemplo, la aplicación de la asparaginasa a un producto de tubérculo comestible, tal como patatas fritas u otros productos de patata, durante la etapa de secado provoca una disminución significativa en la formación de acrilamida en los productos cocinados.

Por consiguiente, la presente invención da a conocer un procedimiento tal como en las reivindicaciones que se adjuntan. Con respecto a la presente invención, se tendrá en cuenta que el sistema de dosificación (etapa de puesta en contacto) puede aplicarse de una manera sencilla que comprende poner en contacto la superficie del producto directamente con el enzima, por ejemplo, mediante revestimiento con un proceso tal como pulverizando el producto. Esto permite un tiempo de aplicación corto. De este modo, la actividad enzimática se produce durante el secado en la fábrica estándar (dos procesos pueden tener lugar en una solo etapa). La presente invención se adapta fácilmente a un proceso de fabricación real y preexistente. La presente invención también funciona en presencia de glucosa y glicina, por lo que además de reducir la acrilamida, esto permite fijar el color.

Las etapas de puesta en contacto y secado son parcialmente simultáneas o totalmente simultáneas. Opcionalmente, el enzima se pone en contacto con la superficie mediante revestimiento, tal como por pulverización del enzima sobre la superficie. El proceso es continuo y no se requiere un período de tiempo de mantenimiento después de revestir con el enzima. Opcionalmente, se reviste con el enzima inmediatamente antes de la etapa de secado (es decir, menos de: 5 segundos, 3 segundos, o un segundo antes), o durante la misma. Opcionalmente, se utiliza inmersión en lugar de revestimiento. La etapa de secado se produce opcionalmente mediante secado al aire en una secadora.

El enzima comprende una cantidad eficaz de asparaginasa para reducir la formación de acrilamida durante el calentamiento del producto de tubérculo comestible (por ejemplo, durante la preparación final del producto, tal como el cocinado final por el usuario final). El enzima que reduce asparagina comprende opcionalmente un enzima

desaminante. El procedimiento comprende opcionalmente además poner en contacto el producto de tubérculo comestible con una cantidad eficaz de glicina para reducir la formación de acrilamida durante el calentamiento del producto de tubérculo comestible. El enzima se pone en contacto opcionalmente con el producto después de escaldar el producto. El enzima se pone en contacto, opcionalmente, también con el producto después de freír el producto. La asparaginasa comprende opcionalmente una actividad entre 500 U/kg y 25.000 U/kg de patata. El producto de tubérculo comestible opcionalmente se seca a una temperatura entre 30°C y 65°C, opcionalmente, entre 30°C y 50°C a una humedad relativa entre el 20% y el 80%. El producto de tubérculo comestible se seca opcionalmente a una temperatura y humedad relativa para obtener una pérdida de peso entre el 4 y el 12%, opcionalmente, el 7% (proceso típico de patatas fritas), o el 35% (proceso de fritura-secado-congelación-fritura). El producto de tubérculo comestible comprende, opcionalmente, producto de patatas escaldadas y el procedimiento comprende opcionalmente además sumergir el producto de patata en SAPP (o ponerlo en contacto en un procedimiento de revestimiento tal como pulverización) antes de poner en contacto el producto de patata con la asparaginasa. El producto de tubérculo comestible comprende, opcionalmente, producto de patatas escaldadas y el procedimiento comprende, opcionalmente, además sumergir el producto de patatas en una solución de dextrosa (o ponerlo en contacto en un procedimiento de revestimiento tal como pulverización) antes de poner en contacto el producto de patatas con la asparaginasa. La glicina opcionalmente comprende entre 0,1% (p/p) y el 1,0% (p/p) de glicina en peso, opcionalmente, el 0,5% de glicina en peso. La glicina y la asparaginasa pueden combinarse en una sola composición si así se desea.

Otras características y ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada. Sin embargo, debe entenderse que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican realizaciones preferentes de la presente invención, se dan solamente a modo de ejemplo. A partir de esta descripción detallada, se harán evidentes diversos cambios y modificaciones dentro del ámbito de la presente invención a los expertos en la materia.

Descripción breve de los dibujos

Se describirán realizaciones de la presente invención en relación con los dibujos, en los que:

Figura 1: nivel de acrilamida después de la inmersión de tiras de patatas escaldadas (800 g) en una solución tampón de ácido cítrico que contiene diversos niveles de asparaginasa durante 15 y 30 minutos a 40°C.

Figura 2: reducción de acrilamida después de tratamiento superficial con diversas concentraciones de asparaginasa/solución tampón y secado a 45°C durante 20 minutos utilizando una secadora de laboratorio.

Figura 3: nivel de acrilamida del producto tratado (2.000 U/kg) en función de diversas condiciones de secado (temperatura y humedad). Optimización de los parámetros de la etapa de secado respecto a la actividad de la asparaginasa.

Figura 4: nivel de acrilamida del producto tratado (2.000 U/kg: 45°C, 70% HR, 15 minutos) en presencia de dextrosa y dextrosa/glicina. Producto procesado a color 65 Agtron.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a procedimientos para la modificación superficial de un producto de tubérculo comestible mediante la puesta en contacto de un enzima con el producto de tubérculo comestible durante una etapa de secado. El enzima se administra al producto inmediatamente antes de la etapa de secado o durante la misma. El proceso de la presente solicitud es sencillo y compatible con las prácticas de procesamiento continuo estándar de tubérculos comestibles que operan a una velocidad de línea rápida. El enzima se aplica fácilmente con los tipos de equipos conocidos, y el procedimiento utiliza condiciones definidas de temperatura y humedad de secado que son compatibles con las prácticas de procesamiento estándar. La capacidad de integrar fácilmente la presente invención en una etapa de secado de una procesadora de tubérculos comestibles existente es de gran valor, ya que no requiere una etapa separada de incubación del enzima en la se mantienen los productos de tubérculos comestibles mientras se produce la reacción enzimática. Una etapa prolongada de incubación separada frenaría las velocidades de línea, crearía un cuello de botella y aumentaría los costes de producción. También se incrementarían los costes de capital (equipos) insertando depósitos en los que tendría lugar la incubación.

En un ejemplo, la asparaginasa se aplica a una superficie del producto de tubérculo comestible, tal como la superficie de las patatas fritas u otros productos de patata, durante una etapa de secado y provoca una disminución significativa en la formación de acrilamida en los productos cocinados. En este ejemplo, modificar la superficie de un producto de tubérculo comestible o producto de patata se refiere a modificar la química de la superficie mediante la eliminación de la asparagina. Además, en presencia de otra estrategia de modificación superficial para la reducción de la acrilamida, tal como el tratamiento con glicina, la utilización de asparaginasa es muy eficaz y actúa de forma sinérgica para reducir la acrilamida.

En otras realizaciones, entre los enzimas útiles para la modificación superficial de tubérculos comestibles se incluyen

aquellos que cambian la textura de la superficie (enzimas pectolíticos, tales como pectina metilesterasa para la demetilación de la pectina), el color (glucosa oxidasa para oxidar la glucosa) y los que reducen la absorción de grasa por el producto (lipasa para reducir los niveles de lípidos). Estos enzimas se producen fácilmente por vía recombinante según técnicas conocidas en el sector y también están disponibles de proveedores comerciales, tales como Sigma Aldrich y Novozymes. En algunos ejemplos, la modificación de la superficie de un producto de tubérculo comestible o producto de patata se refiere a modificar la química de la superficie, por ejemplo, eliminando enzimáticamente un compuesto tal como la asparagina, mientras que en otros ejemplos se refiere a las modificaciones que alteran la estructura física de la superficie del tubérculo comestible.

En consecuencia, la presente invención da a conocer un procedimiento para reducir los niveles de acrilamida en un alimento, que comprende poner en contacto asparaginasa con el alimento durante una etapa de secado antes de la preparación final del producto. La asparaginasa se aplica inmediatamente antes de la etapa de secado o durante la misma. Opcionalmente, la etapa de puesta en contacto y la etapa de secado son totalmente simultáneas (enzima aplicada en el momento en el que el producto está en la alimentación (entrada) de la secadora, o próximo a la misma y entra en la etapa de secado, tal como cinco segundos, tres segundos o un segundo o menos antes de entrar en la secadora o un segundo o menos después de entrar en la secadora). Una ventaja importante de la presente invención es que la incubación de la asparaginasa está integrada en el procedimiento de procesamiento continuo en la etapa de secado, de modo que no se requiere una etapa separada de mantenimiento o depósito de mantenimiento. Por ejemplo, el producto de tubérculo comestible puede ser transportado continuamente directamente de un escaldador a una secadora y el enzima se aplica fácilmente en el producto de tubérculo comestible mientras se desplaza, en un momento inmediatamente antes de entrar en la secadora. Puede utilizarse un período de mantenimiento, por ejemplo, si lo requiere una configuración de la fábrica. Normalmente, un período de espera no proporciona resultados superiores para la modificación superficial, tal como en la reducción de la acrilamida, en comparación con un proceso que no utiliza ningún período de espera. El período de mantenimiento tampoco dañará o afectará al proceso de reducción de los niveles de acrilamida en productos de tubérculos comestibles cocinados. Las etapas de incubación del enzima y de secado pueden ser parcialmente simultáneas (por ejemplo, la aplicación del enzima poco antes de que comience la etapa de secado permite un periodo corto de mantenimiento, en el que actividad del enzima progresa durante un tiempo breve antes de secarse, tal como más de 30 segundos o 45 segundos, pero normalmente, un minuto o dos minutos o menos, antes de que el producto entre en la secadora. Se aplica el enzima opcionalmente poco después de que comience la etapa de secado, tal como más de un segundo a menos de aproximadamente un minuto después de que el producto entre en la secadora, a efectos de permitir que comience el secado antes de que se inicie la actividad del enzima.

La asparaginasa se aplica a patatas fritas u otro producto mediante revestimiento con una técnica tal como la pulverización (por ejemplo, la etapa de aplicación dura menos de un segundo). No se requiere etapa de mantenimiento para los procesos de la presente invención pero, por ejemplo, si es necesario por la configuración de la fábrica, entonces después de la etapa de revestimiento, las patatas fritas se mantienen opcionalmente, tal como durante un minuto o menos antes del secado. La actividad enzimática se produce de forma sustancialmente total durante la etapa de secado (por ejemplo, normalmente se produce en la secadora, como mínimo: el 90%, 95%, 98% o el 99% de la actividad enzimática). La etapa de secado comprende, preferentemente, secar activamente los productos de tubérculos comestibles con aire mediante la aplicación de condiciones tales como calor y humedad a los productos de tubérculos comestibles antes o después de que se hayan prefrito. Por ejemplo, se utilizan temperaturas para obtener, como mínimo, un nivel razonable de actividad de asparaginasa (por ejemplo, un ejemplo de un nivel razonable de actividad de la asparaginasa es, como mínimo: el 25%, 50%, 75%, 85% o el 95% del nivel de actividad enzimática a la $T_{max.}$). Las temperaturas son normalmente, como mínimo: 25°C o 30°C. Las temperaturas máximas son menores que la temperatura a la que la asparaginasa se desnaturalizada y pierde su actividad (por ejemplo, 70°C o menos, más normalmente, 65°C o menos). La T_{max} de la asparaginasa es normalmente de 30-50°C. Asimismo, para otras enzimas, la aplicación es, opcionalmente, por revestimiento y las temperaturas serán suficientes para obtener un nivel de actividad razonable (por ejemplo, como mínimo: el 25%, 50%, 75%, 85% o el 95% del nivel de actividad a la T_{max}) mientras se seca el producto, pero sin desnaturalizar el enzima. Otros parámetros, tales como la presión, también se aumentan o disminuyen, según se desee. Opcionalmente, la secadora es una secadora de choque u otras secadoras convencionales. La temperatura de secado es, opcionalmente, constante durante la etapa de secado (es decir, la variación de temperatura es 5°C o menos). La humedad relativa es, opcionalmente, constante también durante la etapa de secado y varía el 5% o menos. El enzima sigue normalmente activo cuando el producto de tubérculo comestible se saca de la secadora (es decir, a la salida de la secadora). Normalmente, el enzima se vuelve inactivo o se desnaturalizada cuando la temperatura del tubérculo comestible y del aire disminuye después de salir de la secadora (por ejemplo, para la asparaginasa, esto puede ocurrir cuando las temperaturas están por debajo de 30°C o 20°C) o cuando el producto de tubérculo comestible se fríe a temperaturas elevadas.

La expresión "superficie" se refiere a la capa externa del producto de tubérculo comestible. La superficie de un tubérculo comestible es permeable a los líquidos y permite la absorción de líquido en la superficie en el vegetal. Se pretende que la parte de los tubérculos comestibles que entra en contacto con el líquido absorbido quede incluida en el alcance de la expresión "superficie", cuando en la presente solicitud se habla de modificación de la "superficie". La expresión "superficie" abarca la expresión "superficie exterior", que se refiere a la parte de la superficie de tubérculo comestible que entra en contacto con el aire. La expresión superficie abarca también la "corteza" del producto de

tubérculo comestible que, en productos de patata, tales como patatas fritas, es una capa de aproximadamente 0,5 mm de espesor. La mayor parte de la acrilamida se forma probablemente en productos de patata en una capa de 1 mm de profundidad, medida desde la superficie exterior hacia adentro. Opcionalmente, la superficie se extiende 0,1 mm, 0,25 mm, 0,75 mm, 1,0 mm, 1,25 mm o 1,50 mm de profundidad en el tubérculo comestible, medida desde la superficie exterior hacia adentro. La absorción dependerá de las propiedades físicas del tubérculo comestible, del tiempo de contacto y de la temperatura. Los tubérculos comestibles son, opcionalmente, tubérculos comestibles cortados, tales como tiras de patatas cortadas para hacer patatas fritas. En el caso de productos a base de tubérculos comestibles conformados o extruidos, tales como tortas de patata, probablemente, la absorción de líquido y enzima tendrá lugar a mayor profundidad en la superficie en el producto de tubérculo comestible comparado con los productos de tubérculos comestibles cortados, tales como patatas fritas. Por ejemplo, en productos extruidos o conformados, normalmente, la solución de enzima se absorbe a mayor profundidad y en capas limítrofes inferiores, en una dirección hacia el centro del producto por lo que, para productos extruidos o conformados, estas regiones están destinadas a quedar cubiertas por la expresión "superficie". Por ejemplo, la absorción puede tener lugar a mayor profundidad en la superficie seguida de escaldado excesivo de un producto extruido o cortado en tiras para microondas. La mayor formación de acrilamida se produce en la capa externa (es decir, en la superficie externa) o justo debajo (por ejemplo, normalmente dentro de una capa de 1,5 mm de profundidad o menos, medida desde el exterior del tubérculo comestible, tal como patata, hacia adentro). Por lo tanto, la presente invención tiene por objetivo selectivo la superficie del producto de tubérculo comestible, en la que se forma la mayor parte de la acrilamida, lo que permite una reducción rápida de la asparagina y evita la pérdida del enzima.

En un proceso de extrusión, se tratarían normalmente escamas con asparaginasa durante el secado. Con productos conformados, se tratarían trozos de patata durante el secado, antes de mezclarse con otros ingredientes y conformarse. Ambos productos normalmente se prefríen, por ejemplo, directamente después del conformado.

Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, la expresión "asparaginasa" incluye los enzimas asparaginasa nativos, tales como el enzima aislado o recombinante (disponible de Novozymes o Sigma-Aldrich) así como derivados de asparaginasa que también reducen niveles de asparagina y acrilamida. Los términos "pectina metilesterasa", "glucosa oxidasa", "lipasa" y "enzimas pectolíticos" incluyen sus respectivos enzimas nativos, tal como enzimas aislados o recombinantes (disponible de Novozymes o Sigma-Aldrich) así como derivados que mantienen también la actividad enzimática para la reducción de substrato, tal como se describe en la presente memoria descriptiva. Por ejemplo, entre los derivados de la asparaginasa se incluyen, por ejemplo, polipéptidos de la asparaginasa con deleciones, inserciones, truncamientos, sustituciones (por ejemplo, substituciones conservativas) u otras modificaciones, que conservan la capacidad de la reacción enzimática con asparagina, tal como se determina en un ensayo estándar conocido en la técnica para medir la escisión enzimática de la asparagina en ácido aspártico y amoníaco. Entre los derivados también se incluyen aquellas moléculas en las que grupos aminos libres han sido derivatizados, por ejemplo, para formar clorhidratos de amonio, grupos p-toluenosulfonilo, grupos carbobenzoxi, grupos t-butiloxicarbonilo, grupos cloroacetilo o grupos formilo. Los grupos carboxilo libres se pueden derivatizar para formar sales, ésteres de metilo y etilo u otros tipos de ésteres o hidracidas. Los grupos hidroxilo libres se pueden derivatizar para formar derivados O-acilo o O-alquilo. Derivados similares de las otras enzimas mencionadas también son útiles en los procesos de la presente invención.

La administración o aplicación del enzima al producto de tubérculo comestible durante una etapa de secado antes de la "preparación final del producto" significa que el enzima se pone en contacto con el producto de tubérculo comestible en una etapa de proceso de secado que precede a la cocción o preparación final del producto para el consumo por el usuario final.

La etapa de "poner en contacto" un producto de tubérculo comestible con el enzima puede incluir cualquier modo de administración que da como resultado un producto de tubérculo comestible con niveles aumentados del enzima. El enzima se pone en contacto, normalmente, con el producto de tubérculo comestible durante el procesamiento o elaboración del producto. Los enzimas se añaden por pulverización. La aplicación exitosa de enzimas al producto requiere dosificación precisa, proximidad de enzima/sustrato y condiciones externas controladas (temperatura, tiempo, humedad y tiempo de retención antes de la desactivación del enzima). La presente invención aplica una técnica de revestimiento que utiliza pulverización para satisfacer muchas de estas condiciones para patatas fritas escaldadas.

El enzima se puede añadir en cualquier cantidad que sea suficiente para reducir la acrilamida en el producto acabado. Por ejemplo, la asparaginasa está, opcionalmente, en una solución acuosa para su utilización en una cantidad con una actividad en el intervalo de 500 U/kg a 25.000 U/kg de patata, más preferentemente, un intervalo de 500 U/kg a 1.000 U/kg de patata. Preferentemente, el enzima se añade en una cantidad tal que la acrilamida se reduce en como mínimo: el 40%, 50%, 60% o el 75%.

El enzima puede ponerse en contacto con el producto de tubérculo comestible en forma de polvo o como solución, normalmente una solución acuosa. En una realización, la asparaginasa se prepara en una solución tampón adecuada para mantener la actividad de la asparaginasa al ponerse en contacto con el producto de tubérculo comestible durante la etapa de secado. La solución de asparaginasa también puede contener otros ingredientes, por ejemplo, compuestos adicionales para la modificación superficial, tales como la glicina.

La presente invención puede aplicarse generalmente a tubérculos comestibles que se benefician de la modificación superficial, tales como productos de patata que generan acrilamida tras el cocinado, calentamiento o procesamiento. Los productos de tubérculos comestibles se producen a partir de tubérculos tales como patatas, ñame, zanahorias y remolachas. Los productos de tubérculos comestibles escaldados más comunes se producen a partir de patatas y la siguiente descripción se refiere, principalmente, a productos de patata (tales como patatas fritas, patatas fritas tipo chips, patatas al horno, rostí, patatas fritas tipo crisp, snacks de patata, palitos de patata). Será evidente que los parámetros pueden ser fácilmente adaptados en función del tipo de variedad de patata utilizado, puesto que las diferentes variedades tienen diferentes contenidos de azúcares y otros sólidos. También será evidente que se pueden adaptar los procedimientos y aparatos de la patata para otros tubérculos comestibles. Generalmente, el alimento será un alimento que se cocina a temperaturas elevadas, tal como mediante fritura, horneado, asado a la parrilla, cocinado con microondas o asado.

Por consiguiente, la presente invención da a conocer un procedimiento de reducción de los niveles de acrilamida tal como el de las reivindicaciones adjuntas. La expresión "producto de patata parcialmente procesado" significa que el producto de patata está en una forma que no está lista para la preparación final para el consumo. La expresión incluye productos de patata que han sufrido las etapas iniciales del proceso, tales como el corte, el escaldado o la prefritura.

Normalmente, se aplicaría la asparaginasa después de la etapa de escaldado. Se espera que el escaldado tenga un impacto positivo sobre la eficiencia del enzima. Opcionalmente, el producto está en movimiento durante toda la etapa de aplicación del enzima y/o etapa de incubación del enzima, dado que el procedimiento de la presente invención puede ser fácilmente integrado en los procesos comerciales existentes. Una ventaja de la presente invención es que no hay necesidad de una etapa de mantenimiento independiente en la que el producto se sumerge en un baño mientras que se completa la actividad enzimática.

También se podría aplicar la asparaginasa después de la prefritura. Se añade una temperatura de enfriamiento controlada y un componente de tiempo de retención al proceso para la utilización de asparaginasa después del escaldado.

En una realización de la presente invención, los productos de tubérculo comestible crudos, tales como las patatas, se someten normalmente a etapas preliminares entre las que se pueden incluir una o más de lavado, pelado, corte e inspección de defectos. Después de las etapas preliminares, las patatas crudas se transforman en productos de patata (por ejemplo, patatas cortadas) tales como patatas fritas procedentes de patatas cortadas, según procedimientos bien conocidos. Un ejemplo de un corte de tamaño adecuado tendría una dimensión de sección transversal de, aproximadamente, 3/16 a 1,5 pulgadas cuadradas y rectangular tanto en anchura como en altura y con varias combinaciones de longitudes. Los procedimientos descritos en la presente memoria descriptiva también son aplicables a otros cortes más especiales, por ejemplo, cortes helicoidales, cortes en espiral, cortes arrugados, cortes de concertina, cortes tipo gofre, cortes de enrejado, cortes cúbicos, cuñas, chips tipo dólar, rebanadas, patatas fritas triangulares, cortes de media luna y muchas otras formas. Los procedimientos descritos en la presente memoria descriptiva también son aplicables a los productos conformados a partir de patatas, tales como fingers, croquetas, hamburguesas y picadillos cuadrados y redondos, preparados normalmente a partir de pedazos de patata y otros ingredientes mezclados y conformados para preparar productos especiales de patata (subproductos). Componentes procesados, tales como almidones, se utilizan opcionalmente para hacer una masa que se puede extruir en varias formas, tales como las tortas de patata. De este modo, la expresión "productos de patata" se refiere a cualquiera de estas y otras formas o productos cortados, conformados o extruidos a partir de patatas, para los que el procedimiento se aplica de manera provechosa. La expresión "productos de tubérculos comestibles" se refiere del mismo modo a esas formas o productos cortados, conformados o extruidos a partir de patatas, para los que el procedimiento se aplica de manera provechosa. La expresión "productos de patata" se define a continuación por referencia a la etapa de procesamiento de los productos de patata, tal como "productos de patata escaldada" utilizado para referirse a productos de patata después de que se hayan escaldado, pero antes de que se prefrían. Los productos de tubérculos comestibles se preparan de manera similar.

Las realizaciones de la presente invención se describen adicionalmente mediante ejemplos utilizando productos de patata. Los procedimientos y productos descritos con productos de patata son fácilmente adaptados para su utilización con productos de tubérculos comestibles. Después de que las patatas se pelan, cortan y lavan, los productos de patata se someten, normalmente, a una etapa de escaldado para producir un producto de patatas escaldadas. El escaldado cocina parcialmente los productos de patata, ayuda en el control de los azúcares reductores y detiene las acciones enzimáticas que pueden causar cambios en el sabor, el color y la textura. La etapa de escaldado comprende normalmente escaldar los productos de patata en agua caliente, vapor o aceite de fritura durante un tiempo corto. En un ejemplo de escaldado, los productos de patata (cuadrados de 19/64") se sumergen en agua a 65-85°C durante 5-20 minutos, normalmente menos de 15 minutos. Los productos de tubérculo comestible se preparan de manera similar.

A continuación, los productos de patata escaldados se someten, opcionalmente, a una etapa de secado antes de la fritura para reducir el contenido de humedad. El secado se realiza opcionalmente en un horno con control de calor y

humedad. La etapa de secado previa a la fritura elimina algo de la humedad capturada en la etapa de escaldado, así como agua en los tubérculos comestibles, antes de la etapa de prefritura para reducir la absorción de aceite y la degradación del medio de fritura. Esto reduce la cantidad de tiempo, el aceite y el tamaño del equipo necesario para la etapa de prefritura.

Tal como se ha señalado anteriormente, el enzima se aplica al producto inmediatamente antes del secado o durante el mismo. Las condiciones de secado deben producir suficiente eliminación de humedad para secar el producto sin causar ampollas o endurecimiento de la superficie. Las condiciones de secado deben proporcionar también las condiciones de temperatura y humedad relativa que proporcionan actividad enzimática adecuada sin desnaturalizar el enzima. Por lo tanto, la presente invención comprende procedimientos que utilizan una temperatura y una humedad relativa adecuadas para i) secar el producto de tubérculo comestible y ii) actividad enzimática para modificar la superficie del producto de tubérculo comestible (por ejemplo, un ejemplo de un nivel razonable de actividad de asparaginasa, como mínimo: el 25%, 50%, 75%, 85% o el 95% del nivel de la actividad enzimática a la T_{max}). Normalmente, se utilizaría una temperatura de aire caliente aplicado y una humedad relativa aplicada adecuadas para i) secar el producto de tubérculo comestible y ii) actividad enzimática para modificar la superficie del producto de tubérculo comestible. Las variables para las condiciones de secado son dependientes del tipo de secadora utilizada para esta etapa de secado previa a la prefritura. Un ejemplo de las condiciones de secado típicas incluye patatas secadas a 35-100°C, normalmente a 55°C a una humedad relativa, aproximadamente, del 40-80%, normalmente del 75% durante, aproximadamente, 5-20 minutos, normalmente, 15 minutos. Otras condiciones convenientes se describen con más detalle en los ejemplos a continuación, tal como el secado a una temperatura entre 45°C y 60°C a una humedad relativa entre el 40% y el 70%. Para patatas fritas, las tiras se secan opcionalmente a una temperatura y humedad relativa para obtener una pérdida de peso entre el 6 y el 8%, normalmente el 7%, aproximadamente. Una secadora que mantiene un producto durante 5-8 minutos, normalmente, utiliza condiciones de secado que son diferentes de una secadora que mantiene un producto durante 20 minutos para obtener una pérdida de peso resultante idéntica en ambas secadoras. Una unidad secadora más pequeña requiere más calor y menor humedad en comparación con una secadora más grande para obtener la eliminación de la humedad adecuada en un tiempo determinado. Los productos extruidos normalmente no se secan después de la extrusión, sin embargo, los trozos de patata normalmente se secan antes de la mezcla y extrusión.

Después de la etapa de secado antes de la prefritura, los productos de patata secados antes de la prefritura se ponen en contacto posteriormente con aceite en una sartén en una etapa de prefritura para producir un producto de patata prefrito. La etapa de prefritura o "fritura parcial" es la etapa de cocinado en la que los productos de patata se cocinan parcialmente en aceite. La etapa de prefritura incluye cualquier procedimiento de cocinado que cocina parcialmente en aceite los productos de patata, entre los que se incluyen inmersión de los productos de patata en aceite, pulverización y revestimiento de productos de patata con aceite y calentamiento a temperaturas elevadas. En la preparación de un producto para un restaurante de servicio de alimentos (es decir, para un producto de restaurante de servicio rápido) una temperatura adecuada de prefritura está opcionalmente entre 170 y 200°C, más preferentemente entre 175 y 195°C y normalmente en 185°C. El tiempo puede variar de 30 a 90 segundos, más preferentemente de 30 a 60 segundos, normalmente de 50 segundos. Otras condiciones de prefritura adecuadas serán evidentes para los expertos en la materia. Otros tubérculos comestibles prefritos se preparan de manera similar.

Después la etapa de prefritura, opcionalmente, los productos de patata se secan posteriormente en una etapa de secado posterior a la fritura para reducir el contenido de humedad en una secadora de posterior a la fritura (por ejemplo, un horno) con control de calor y humedad. Esta etapa produce un producto de patata de reconstitución rápida capaz de ser cocinado (acabado frito) en 90 segundos o menos, preferentemente en 60 segundos o menos. En la etapa de secado posterior a la fritura, es necesaria fuerza de secado para eliminar la humedad del producto, dado que el producto está cada vez más seco y tiene una capa de aceite de la etapa de prefritura y, opcionalmente, una piel de la etapa de secado previa a la fritura que crea una barrera que reduce la eliminación de la humedad o impide la misma. El procedimiento de la presente invención se adapta fácilmente también a un procedimiento de patatas fritas en el microondas.

Los productos de patata se enfrían y congelan opcionalmente de manera convencional en una etapa de congelación, por ejemplo, por enfriamiento a una temperatura de -5 a -20°C, tal como en un congelador continuo de banda y en un túnel de congelación. A continuación, el producto congelado se puede envasar, almacenar y enviar. La etapa de congelación puede ser eliminada para productos con vida útil larga o para productos que están destinados a cocinarse finalmente poco después de la etapa de secado después de la fritura. La congelación se puede evitar y reemplazar con refrigeración para las que se denominan "patatas fritas refrigeradas" o "patatas fritas frescas".

Cuando los productos de patata están listos para su consumo se cocinan finalmente, por ejemplo, mediante fritura, horneado u otras formas de calentamiento adecuado, para cocinar los productos de patata a un estado adecuado para el consumo por el usuario final. Opcionalmente, las patatas prefritas se cocinan finalmente congeladas después de la etapa de congelación o directamente a partir de la etapa de secado después de la fritura. El producto congelado puede descongelarse también antes de la fritura de reconstitución para ayudar a la etapa de fritura reduciendo adicionalmente el tiempo de cocinado.

El tiempo y la temperatura para terminar de cocinar los productos prefritos de la presente invención variarán dependiendo, por ejemplo, del tipo de tubérculo comestible, la cantidad de tubérculo comestible, la forma y el contenido de humedad.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos, que no constituyen limitación, son ilustrativos de la presente invención.

1. Tiras de patata incubadas en la solución de asparaginasa

Materiales

Se elaboraron patatas fritas en un proceso que simula un proceso de elaboración de patatas fritas comerciales. La preparación de la solución madre de asparaginasa se derivó de fermentación bacteriana y posteriormente se purificó para eliminar los azúcares de bajo peso molecular, péptidos y aminoácidos (25.000 U/g)

Procedimiento:

Reacción en inmersión

Las patatas se lavaron, pelaron y escaldaron. Las tiras de patatas escaldadas (1.000 g) se incubaron en soluciones tampón y soluciones de tampón/enzima (6 l). La reacción enzimática se realizó en un tampón de ácido cítrico 20 mM, pH 5,0 a concentraciones que daban actividades enzimáticas de 5.000 U/kg y de 25.000 U/kg de patata. Después de que se ajustara el tampón, el enzima se añadió lentamente al medio de reacción y se dejó que se mezclara durante 3 minutos antes de que se añadieran las tiras. Se dejó proceder a la reacción durante 15, 30 ó 60 minutos a 40°C. Una vez finalizada, se eliminó suavemente el exceso de solución y las tiras se procesaron posteriormente mediante secado, prefritura y congelación. El producto congelado se frio finalmente a 180°C durante 3 minutos.

Resultados y discusión

La figura 1 muestra el nivel de acrilamida a diferentes dosis de enzima después de la incubación de 15 y 30 minutos. Independientemente de la dosis de enzima, no se observó ninguna reducción significativa en el nivel de acrilamida en comparación con la solución tampón de control después de la incubación de 15, 30 ó 60 minutos (datos no mostrados). Además, tiempos de incubación largos en el tampón de reacción causaron un sabor ácido no deseable. Desde un punto de vista práctico, tiempos de incubación largos también sería incompatibles con los procedimientos estándar de fabricación comercial.

2. Aplicación superficial y activación de la asparaginasa durante el secado

La presente invención da a conocer un proceso en el que el enzima se aplicó directamente sobre la superficie de las patatas fritas, lo que permite que la actividad tenga lugar en condiciones definidas de secado.

Procedimiento:

Aplicación superficial:

Se diluyó la solución madre de enzima para conseguir un intervalo de actividades (5.000 U/kg a 1.000 U/kg de patata) en tampón de ácido cítrico, 20 mM, pH 5,0. Tiras escaldadas (1,0 kg) se sumergieron en SAPP al 0,8%, se escurrieron y se pulverizaron con 16 gramos (correspondiente a una absorción del 1,5-2%) de la solución de enzima/tampón (Nalgene, cat 24300200). Con los tratamientos descritos en la figura 4, las tiras se sumergieron en SAPP al 0,8% con 0,35-0,4% de dextrosa, o con SAPP al 0,8% con 0,1-0,15% de dextrosa/0,5% glicina antes de la aplicación de la asparaginasa. La última aplicación se procesó para dar un color de acabado de 65 agtrons. En todos los casos, se generó un control aplicando la misma cantidad de tampón de ácido cítrico a 1 kg de tiras de patata.

Condiciones de secado para la actividad:

El enzima se aplicó por pulverización seguida por una espera de un minuto, antes de proceder a la etapa de secado del proceso, ya sea utilizando una secadora de laboratorio, o una secadora continua de doble zona industrial. Cuando se utilizó la secadora de laboratorio, las tiras se secaron a 45°C durante 20 minutos. Se utilizó una gama de parámetros de humedad y temperaturas con la secadora industrial (45°C/40%, 45°C/70%, 60°C/40%, 60°C/70%). Se ajustó el tiempo de retención utilizado para cada condición para conseguir la pérdida de peso necesaria del 7%.

Resultados:

Efecto de la concentración superficial de asparaginasa

La evaluación de la viabilidad de utilizar una reacción enzimática superficial se realizó por aplicación/pulverización de soluciones enzimáticas con actividades desde 5.000 a 1.000 U/kg sobre la superficie de las tiras escaldadas antes del secado. Los estudios iniciales de incubación se realizaron utilizando una secadora de laboratorio a 45°C durante 20 minutos. La figura 2a muestra el porcentaje de reducción de acrilamida (en relación con sólo el tampón), para cada concentración de dosis, en comparación con tiras con sólo tampón de cítrico. Se puede conseguir una reducción significativa de acrilamida, que va desde el 44% al 57,5% a un nivel de dosis de tan solo 1.000 U/kg de patata (figura 2a).

Para determinar la dosis útil más baja, se realizó otra serie de tratamientos en los que la dosis de asparaginasa varió entre 1.000 y 100 U/kg de patata. La figura 2b muestra la reducción de acrilamida a estas dosis de enzima, en comparación con la de tiras de patata con sólo tampón. Utilizando esta técnica de aplicación, una dosis de 500 U/kg de patata se identificó como útil, dando una reducción de acrilamida del 47%.

Condiciones de secado para la calidad y reducción de la acrilamida:

Para aumentar la reacción enzimática manteniendo la calidad del producto a escala industrial, se variaron los parámetros de secado/incubación. Se establecieron parámetros que consiguen la pérdida de peso requerida durante la etapa de secado, creando también las condiciones convenientes de temperatura y tiempo para el enzima. Como un ejemplo de cómo determinar estos parámetros, se utilizó una secadora industrial de doble zona, en la que se pueden establecer y mantener la temperatura y la humedad. La figura 3 muestra los diferentes niveles de acrilamida para las tiras tratadas con sólo tampón, o con una solución de tampón/asparaginasa (2.000 U/kg de patata) secadas a diferentes condiciones. El tiempo de retención en la secadora se varió para que cada condición consiguiera el porcentaje de pérdida de peso deseado. Tal como se ilustra en la figura 3, la reducción de acrilamida fue dependiente de dos factores, la temperatura y la humedad y varió del 19 al 67%. Parámetros de secado de 45°C a humedad relativa del 70% durante 14 minutos dieron lugar a una reducción sustancial del 67% de acrilamida y el objetivo de pérdida de peso, demostrando que la aplicación de la reacción enzimática es útil en un proceso industrial continuo.

Procesamiento a color constante en combinación con la utilización de asparaginasa

En las condiciones de procesamiento comerciales típicas, se añade dextrosa a la superficie de las tiras de patata para ayudar a conseguir el color frito acabado deseado. Para verificar que el tratamiento con asparaginasa y la reducción de acrilamida posterior podrían conseguirse en presencia de dextrosa, se realizó el tratamiento de aplicación del enzima después de la inmersión en una solución de dextrosa que da un color frito acabado de 65 Agtron (0,4% con el tampón de reacción; 0,35% en la solución de enzima). Las condiciones de secado fueron las determinadas en la figura 3 (45°C, humedad relativa del 70%). Tal como se observa en la figura 4, el tratamiento superficial con asparaginasa redujo el nivel de acrilamida cuando se procesó a un color específico, en este caso 65 Agtron. Este resultado demuestra que la aplicación de la asparaginasa en la presente invención es compatible con los procedimientos de fabricación estándar de patatas fritas. Los compuestos pueden ajustarse fácilmente para obtener otros colores, entre 60 y 70 Agtron.

El color de las patatas fritas y otros tubérculos comestibles se obtiene fácilmente y se determina, por ejemplo, de acuerdo con la norma de color para patatas fritas congeladas del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Según esta norma, el color y el aspecto de las patatas fritas se compara con un color y aspecto gráfico proporcionado en Munsell Color Standards for Frozen French Fried Potatoes, tercera edición, 1972, 64-1. Como alternativa, tal como se ha puesto como ejemplo anteriormente, un dispositivo de medición de color, tal como un dispositivo Agtron, es útil para medir el color del producto en una escala de 0 a 100, basada, por ejemplo, en las propiedades reflectantes.

Glicina en combinación con la utilización de asparaginasa: procesado a color constante

Se demostró que otro agente de reducción de acrilamida, tal como la glicina, actuaría sinérgicamente con la asparaginasa. Se aplicó glicina (0,5%) y dextrosa a las tiras de patata por inmersión después de escaldar. A continuación, las tiras se sometieron posteriormente a la aplicación de asparaginasa tal como se ha descrito. La aplicación de tampón a la superficie de las tiras de patata tratadas con glicina disminuyó sustancialmente el nivel de acrilamida, en comparación con las tiras no tratadas con glicina (figura 4). Cuando se aplicó la asparaginasa, después del tratamiento con la glicina, se consiguió una reducción adicional de, aproximadamente, el 30% de acrilamida, en comparación con las tiras tratadas sólo con dextrosa. Esto demuestra que la asparaginasa y la glicina actúan de forma sinérgica al reducir la formación de acrilamida en patatas fritas. Entre las solicitudes de patente que describen generalmente la utilización de glicina para reducir la acrilamida se incluyen: WO 2005/025330, WO2005/018339, WO2004/075655, US2004/0109926 y US2005/0058757.

La presente invención se ha descrito en términos de realizaciones particulares descubiertas o propuestas por los inventores de la presente invención, para comprender los modos preferentes para la puesta en práctica de la presente invención. Será apreciado por los expertos en la materia que, a la luz de la presente divulgación, se pueden hacer numerosos cambios y modificaciones en las realizaciones particulares de ejemplo sin apartarse del alcance previsto de la presente invención. Se pretende que todas estas modificaciones queden incluidas en el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de modificación de un producto de tubérculo comestible que comprende:

poner en contacto la superficie del producto de tubérculo comestible con una cantidad eficaz del enzima asparaginasa a efectos de modificar la superficie del producto de tubérculo comestible; y
secar el producto de tubérculo comestible mientras la superficie entra en contacto con el enzima,
en el que el enzima se pone en contacto con la superficie mediante pulverización del enzima en la superficie inmediatamente antes de la etapa de secado o durante la misma;
en el que el producto de tubérculo comestible se seca a una temperatura de entre 30 y 65°C y una humedad relativa entre el 20% y el 80%;
en el que la actividad de la asparaginasa y la modificación superficial resultante se producen totalmente durante la etapa de secado;
en el que el producto de tubérculo comestible es un producto de patata, producto de boniato, producto de ñame, producto de zanahoria o producto de remolacha; y
en el que la etapa de puesta en contacto y la etapa de secado son parcialmente simultáneas o totalmente simultáneas.

2. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que las etapas de puesta en contacto y secado son parcialmente simultáneas.

3. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que las etapas de puesta en contacto y secado son totalmente simultáneas.

4. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa de pulverización aplica el enzima al producto de tubérculo comestible en menos de un segundo y la etapa de puesta en contacto continúa después de la pulverización.

5. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de secado se produce mediante secado al aire en una secadora.

6. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto de tubérculo comestible comprende patatas fritas.

7. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la modificación comprende la reducción de la asparagina y, preferentemente, en el que el enzima reduce la asparagina y, de este modo, reduce la formación de acrilamida durante el calentamiento del producto de tubérculo comestible y, preferentemente, que comprende adicionalmente poner en contacto el producto de tubérculo comestible con una cantidad eficaz de glicina para reducir la formación de acrilamida durante el calentamiento del producto de tubérculo comestible, preferentemente, en el que la asparaginasa comprende una actividad entre 500 U/kg y 25.000 U/kg de patata.

8. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el enzima se pone en contacto con el producto después de escaldar el producto o en el que el enzima se pone en contacto con el producto después de prefreír el producto.

9. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto de tubérculo comestible se seca a una temperatura de aire caliente aplicada y una humedad relativa aplicada adecuadas para i) el secado del producto de tubérculo comestible ii) la actividad enzimática para modificar la superficie del producto de tubérculo comestible y/o en el que el producto de tubérculo comestible se seca a una temperatura y humedad relativa para obtener una pérdida de peso entre el 4% y el 12%.

10. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que el producto de tubérculo comestible comprende producto de patatas escaldadas y el procedimiento comprende, además, poner en contacto el producto de patata con pirofosfato ácido de sodio (SAPP) antes poner en contacto el producto de patata con la asparaginasa y/o en el que el producto de tubérculo comestible comprende producto de patatas escaldadas y el procedimiento comprende además poner en contacto el producto de patata con una solución de dextrosa antes de poner en contacto el producto de patata con la asparaginasa.

11. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el la glicina comprende entre el 0,1% (p/p) y el 1,0% (p/p) de glicina en peso, opcionalmente, el 0,5% de glicina en peso.

12. Utilización de una composición para reducir la formación de acrilamida en productos de tubérculos comestibles, composición que comprende una cantidad eficaz de asparaginasa, en la que la composición se utiliza para modificar la superficie del producto de tubérculo comestible de forma parcial o totalmente simultánea con una etapa de secado del producto de tubérculo comestible, en la que la composición se pulveriza sobre la superficie inmediatamente antes o durante la etapa de secado, en la que el producto de tubérculo comestible se seca a una temperatura entre

30 y 65°C y una humedad relativa entre el 20% y el 80%, en la que la actividad de la asparaginasa y la modificación superficial resultante tienen lugar totalmente durante la etapa de secado, y en la que el producto de tubérculo comestible es un producto de patata, producto de boniato, producto de ñame, producto de zanahoria o producto de remolacha.

Fig 1

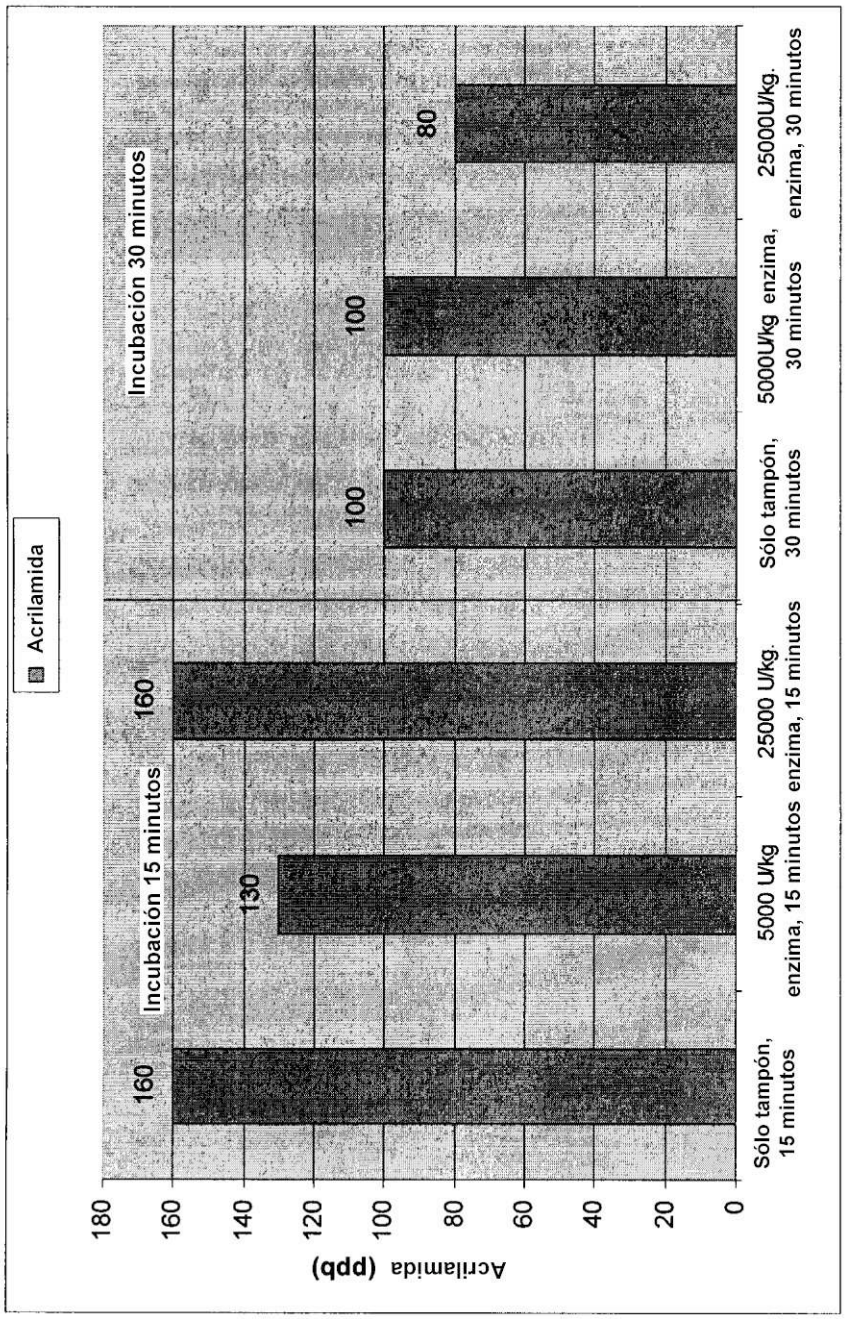

Acrilamida
Incubación 15 minutos
Incubación 30 minutos
Acrilamida (ppb)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
160
130
160
100
100
80
Sólo tampón, 15 minutos
5000 U/kg enzima, 15 minutos
25000 U/kg. enzima, 15 minutos
Sólo tampón, 30 minutos
5000U/kg enzima, 30 minutos
25000U/kg. enzima, 30 minutos

Fig 2

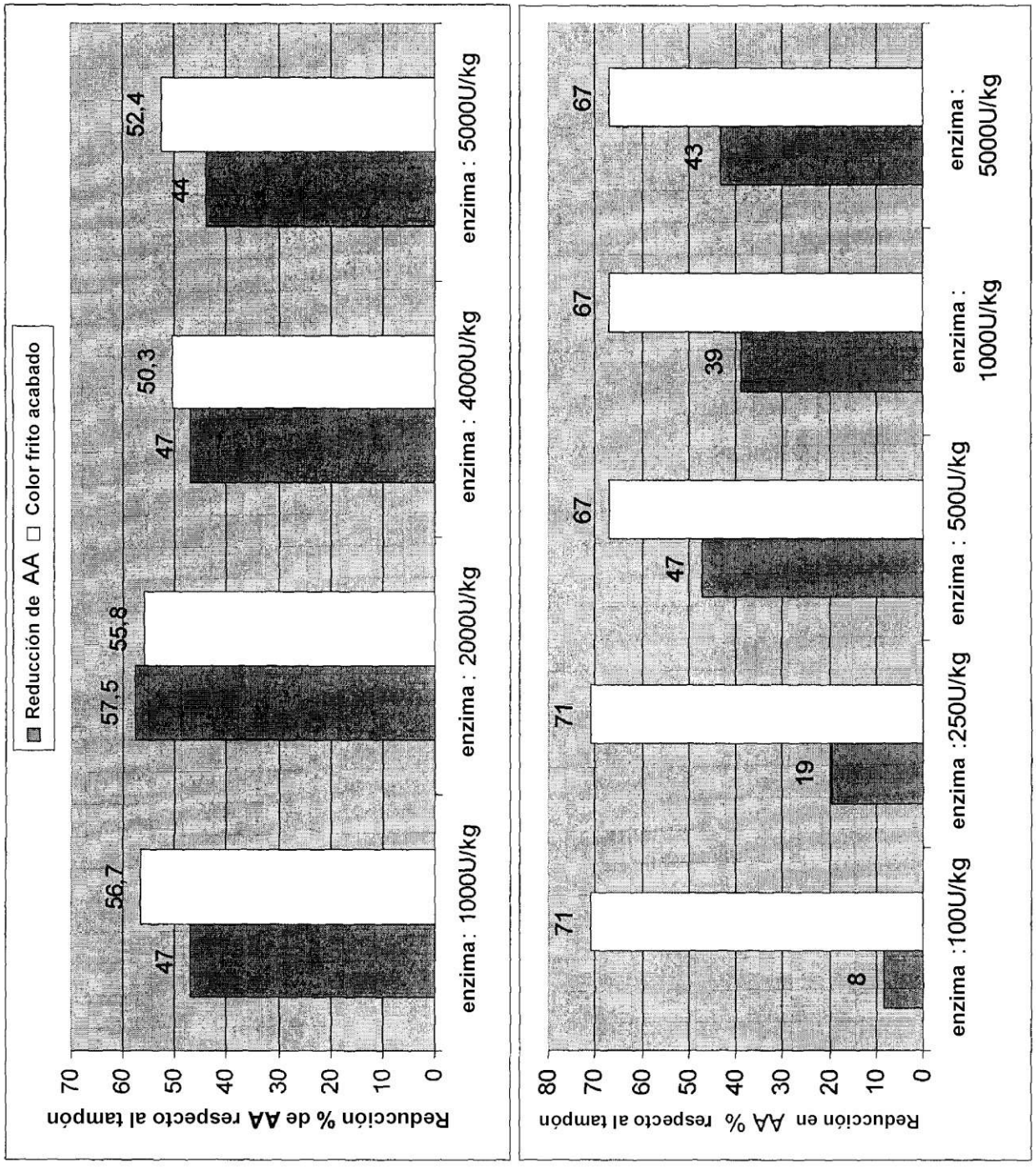

A
Reducción % de AA respecto al tampón
Reducción de AA
Color frito acabado
47
56,7
57,5
55,8
47
50,3
44
52,4
enzima: 1000U/kg
enzima : 2000U/kg
enzima : 4000U/kg
enzima : 5000U/kg
B
Reducción en AA % respecto al tampón
8
71
19
71
47
67
39
67
43
67
enzima :100U/kg
enzima :250U/kg
enzima : 500U/kg
enzima : 1000U/kg
enzima : 5000U/kg

Fig 3

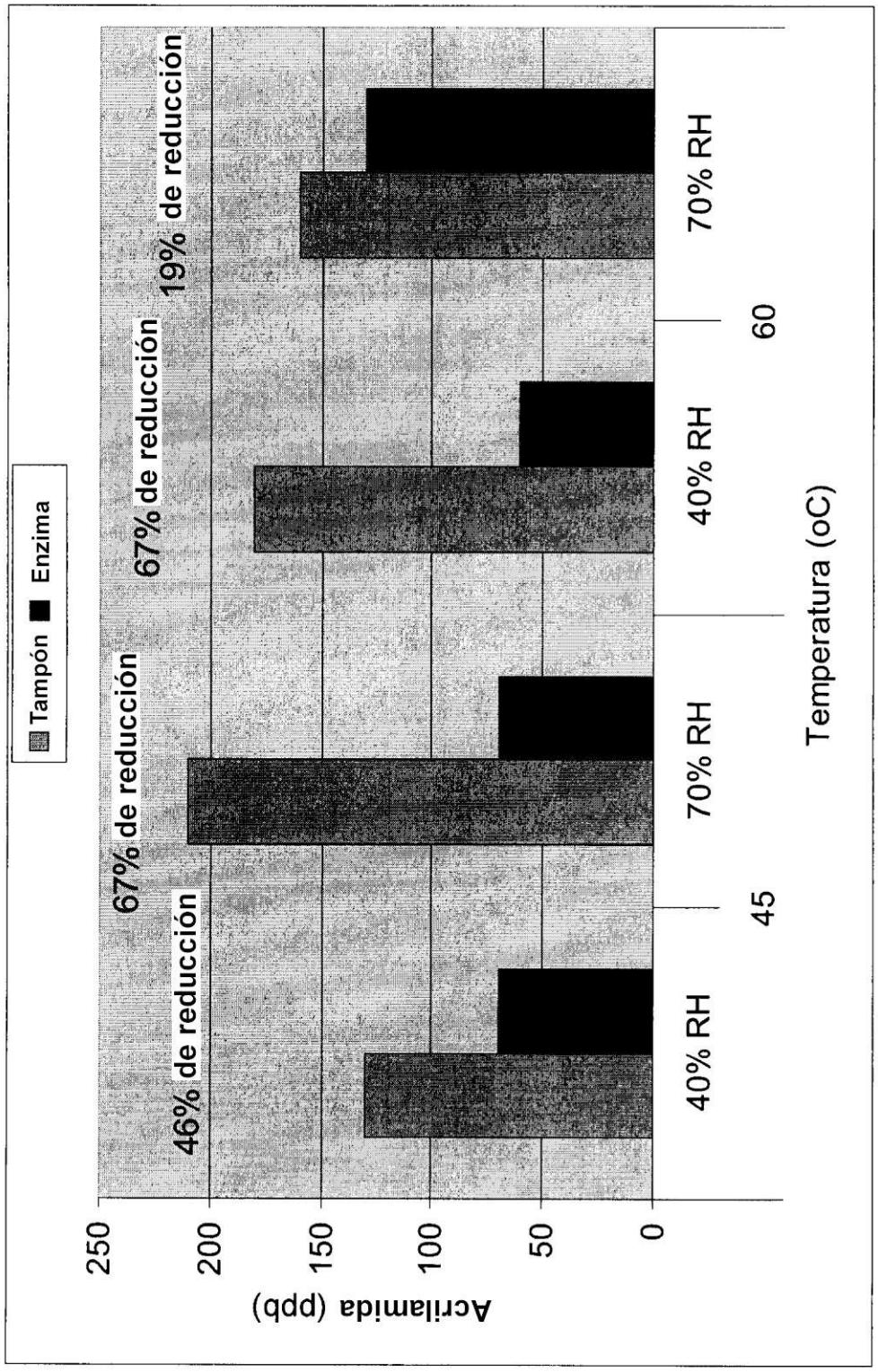
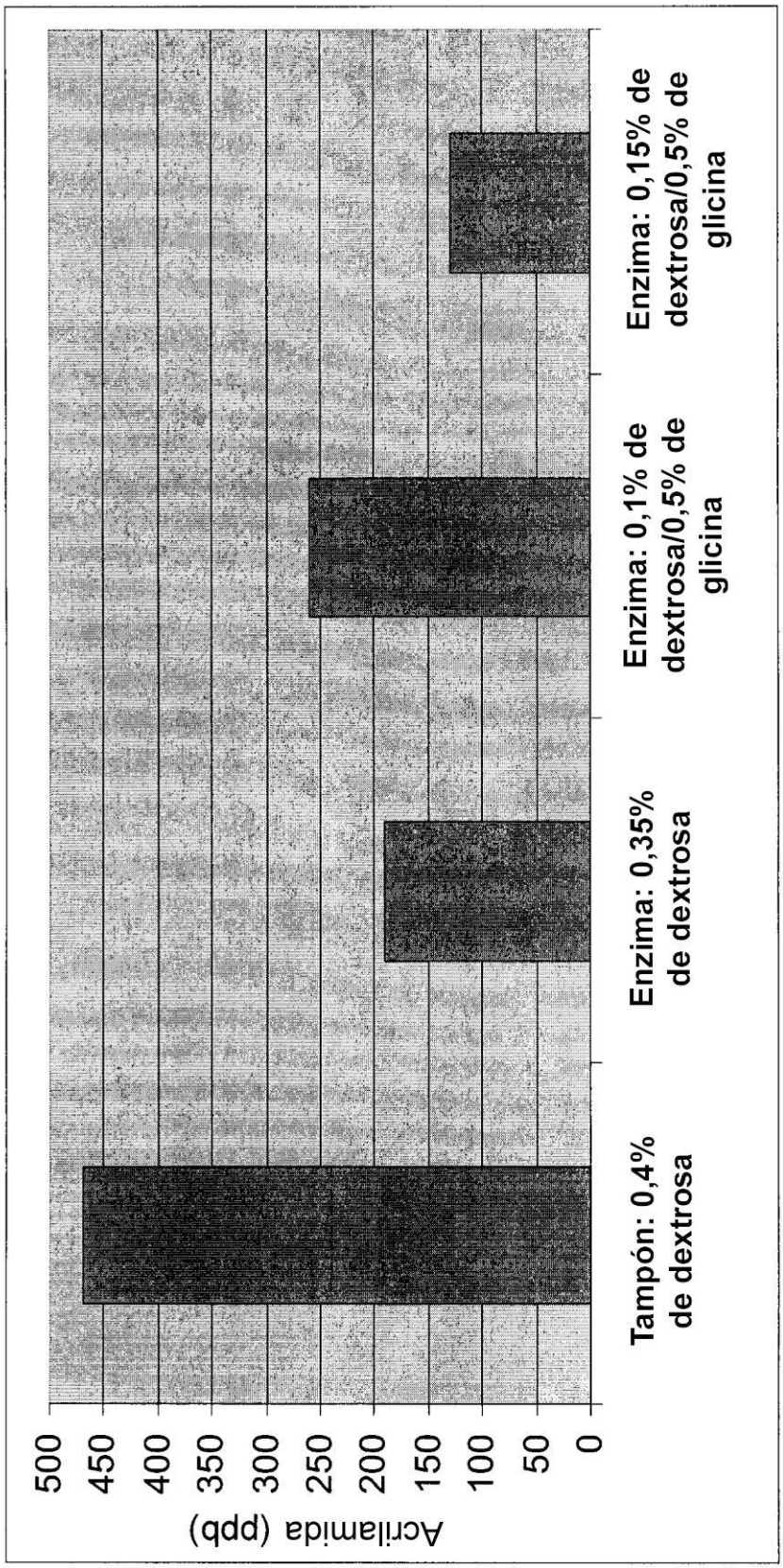

Tampón
Enzima
Acrilamida (ppb)
250
200
150
100
50
0
46% de reducción
67% de reducción
67% de reducción
19% de reducción
40% RH
70% RH
40% RH
70% RH
45
60
Temperatura (oC)

Fig 4


Acrilamida (ppb)
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
Tampón: 0,4% de dextrosa
Enzima: 0,35% de dextrosa
Enzima: 0,1% de dextrosa/0,5% de glicina
Enzima: 0,15% de dextrosa/0,5% de glicina