Un incremento en el pH de las proteinas vegetales antes o durante el proceso de extrusión ayuda en la texturización de la proteina.

Un incremento extremo en el pH incrementa la solubilidad de la proteina para extruir, pero se la disminuirá en el producto final. Kearn, 1994 señala que la modificación del pH por encima de 8.0 puede resultar en la producción de lisoalaninas dañinas.

Un decremento externo en el pH decrementa la solubilidad de la proteina para extruir pero la incrementa en el producto final haciéndola más fácil de usar. Los sabores agrios indeseables en las proteinas vegetales texturizadas parecen hacerse más notorios cuando el pH es ajustado por debajo de 5.0.

Proceso de extrusión.

Definición y funciones de la extrusión de las proteinas texturizadas.

La cocción por extrusión ha sido definida por diversos autores, sin embargo, la más completa la presenta Harper, 1986, como el proceso por medio de humedad y expansión en el cual el material proteico o de almidón es plastificado en un tubo, por una combinación de presión, calor y cortado mecánico. Esto resulta en la elevación de la temperatura a través del tubo, gelatinización de los componentes del almidón, desnaturalización de las proteinas, elasticidad o reestructuración de los componentes tráctiles y la expansión exotérmica desde el extrusor.

La extrusión es ampliamente utilizada como medio para alcanzar la reeestructuración de los componentes de las materias primas para la manufactura y presentación de una gran variedad de alimentos. Cuando es aplicada la energia térmica y mecánica, durante el proceso de extrusión, las macromoléculas de los ingredientes protéicos pierden su estructura original y organizada y

forman una masa continua y viscosa. El barril, tornillo y dado del extrusor, alinean a las moléculas en la dirección del flujo, este realineamiento expone los sitios de unión que llevan a los ligamentos cruzados a una estructura reformada y expandida que crea una textura masticable (elástica) en los alimentos fabricados. (Harper 1.986, Boison *et al* 1.983).

Además de impartir una textura nueva a los alimentos texturizados por la reestructuración de las proteinas vegetales de los alimentos, Harper, 1.986 señala que el sistema de extrusión realiza otras importantes funciones, entre las que se destacan las siguientes:

- Desnaturalización de las proteinas. Las proteinas son eficientemente desnaturalizadas durante el proceso húmedo de extrusión. La desnaturalización de las proteinas disminuye la solubilidad, aumenta la digestibilidad y destruye la actividad biológica de las enzimas y proteinas tóxicas.

- Causa inactivación de los residuos de los inhibidores del crecimiento termolábiles presentes en varias proteinas vegetales crudas o en estado parcialmente precocinado.

- Controla los sabores crudos o amargos comunmente asociados con las fuentes de proteinas vegetales. Muchos de estos sabores indeseables son de naturaleza volátil y se eliminan por medio de la extrusión al ser descomprimida la proteina en el dado de extrusión. El uso de un preacondicionamiento y dispositivos respiradores atmosféricos en el diseño de sistemas de extrusión, también ayuda en la volatilización y remoción de los sabores no deseados.

- Provee una dispersión homogénea, irreversible logrando que todos los microingredientes se unan a la una matriz proteinica. Esto no solo asegura la homogeneidad de todos los ingredientes tales como el tinte del producto, sino que también provee un medio por el cual los ingredientes menores pueden ser intimamente asociados con los sitios de reacciones

potenciales, promoviendo la unión cruzada u otras modificaciones químicas y físicas deseables.

- Controla la forma y tamaño de proteína vegetal extruida en porciones convenientes y transportables para su empaque al menudeo o mercados institucionales.

La sección inicial del barril del extrusor está diseñada para actuar como una zona de alimentación o de medición y simplemente transporta la proteína vegetal, cruda o preacondicionada, lejos de la porción de entrada del barril hacia el extrusor. Entonces el producto entra a la zona de procesamiento, en donde la proteína vegetal amorfa, en un flujo libre, es convertida en una masa coloidal. El radio de compresión del perfil del tornillo se incrementa en este paso para ayudar a mezclar el agua o vapor con el material crudo. La temperatura de esta masa húmeda protéica es elevada rápidamente en los últimos segundos del tiempo de expansión dentro del barril del extrusor. La mayor parte de esta energía es disipada como calor a través del cilindro del extruder.

El perfil del tornillo puede cambiarse usando secciones diferentes de altura y ángulo de la trayectoria en secuencia conveniente, además del diámetro del *steam lock*, controlando directamente el cizallamiento, lo cual afecta el transporte de la materia alimenticia plastificada hacia el canal del tornillo. Los patrones de flujo neto del producto dentro del tornillo dependen de la posición de la partícula relativa al filete del tornillo, del número de filetes del tornillo, de la presencia o no de estrías en el interior del barril y de la dirección de estas. En la base de la corona de la estría pueden presentarse flujo laminar en tornillos de paso sencillo, mientras que en las crestas, el Número de Reynolds puede ser mayor de 4000 para tornillos de doble paso. Los tiempos de retención de la masa en el proceso, controladas mediante la velocidad de giro del tornillo y del número de pasos en él, a temperaturas de 80 a 170 oC y con niveles de humedad del 15 al 30%, condicionan la calidad del producto poruqe determinan el flujo y la presión de este antes del producto pasar el orificio del dado o de salida. La energía interna de la masa medida

por un incremento importante de la temperatura en la última sección del barril del extruder, derrite la proteina, convirtiendola en una masa visco-elástica plastificada, la cual se comporta como un fluido no-Newtoniano. Este material es extruido a través de la apertura del dado y ocurre la expansión cuando el producto es liberado hacia las presiones ambientales. La densidad del producto final ha demostrado tener una correlación con las temperaturas y humedades de la extrusión. (Harper 1.986).

Las combinaciones de materias primas son efectuadas antes del proceso de extrusión en el proceso de preacondicionamiento o en la zona de alimentación del extruder. En los casos donde se adicionan pequeñas cantidades de liquidos, estos pueden ser añadidos directamente a la base de materiales crudos en el mismo extrusor.

Modificadores

La adición de diversos compuestos quimicos modifican el comportamiento del material, bien sea facilitando la extrusión o incidiendo en la calidad del producto final.

Incremento de la capacidad de asociación con el agua

Diversos autores sostienen que haciendo una modificación hacia el lado alcalino incrementa la absorción de agua, lo cual puede lograrse utilizando utilizando hidróxido de calcio o hidróxido de sodio, aplicado como preacondicionamiento para la extrusión húmeda o agua de proceso para la extrusión seca, en niveles del 0.1% aproximadamente o según se requiera.

Mejoramiento del color.

La proteina de soya texturizada cuando es hidratada, presenta un cambio de coloración que hace que el producto luzca oscuro (como el color caracteristico de los productos elaborados con carne de equino), por esto que durante su fabricacion se adicionan sustancias blanqueadoras que permiten que el producto se integre mas facilmente con los otros compuestos del sistema, haciéndolo ópticamente indistinguible.

Los agentes blanqueadores, como el peróxido de hidrógeno, son usados para este propósito. Los niveles de adición del peróxxido de hidrógeno van desde 0.25 a 0.5%. Los pigmentos como el dióxido de titanio son usados en niveles de 0.5 a 0.75% para aclarar el color, pero cuando se usan en niveles mayores debilitan las uniones logradas durante el proceso de texturización. (Kearns 1.994)

Las recientes investigaciones permiten un incremento en la flexibilidad en el desarrollo del color de los productos extruidos. Los pigmentos o tintes pueden ser inyectados por medio de bombas de altas presiones hasta las secciones finales del barril del extrusor para conseguir efectos especiales como marmoleados o productos con tiras o múltiples colores. El diseño cónico de la parte final del tornillo y sección anterior divide el flujo del producto en cámaras separadas, lo que le dá gran flexibilidad al producto mejorado, no solo con el color sino con la adición de una termosensibilidad quimica para el desarrollo de las reacciones texturales. (Kearns 1.994, Harper 1.994).

Adición de cloruro de calcio

El cloruro de calcio es usado normalmente para el incremento de la integridad textural de las proteinas extruidas y también para ayudar a suavisar la superficie. Los niveles de CaCl2 normalmente están comprendidos entre 0.5 y 2.0%. (Kearns 1.994).

Para la texturización dre harina de soya desgrasada con altos niveles de fibra se acostumbra la adición de CaCl2 y pequeñas cantidades de azufre. El efecpo de la adición directa de este está enmarcado en la disolución de los enlaces disulfuro propiciando el rearreglo de las proteinas. Un ejemplo patético de su acción puede observarse cuando se adiciona a la masa básica de panedería (harina, agua) a la cual proporciona una textura elástica por el rearreglo que confiere a la proteina y las moléculas de almidón. (Beveridge *et al* 1.994).

Cuando se realiza la adición de estos compuestos, el producto resultante de un proceso de una hora de duración a 110oC sigue manteniendo una textura dura parecida a la carne.

Adición de Cloruro de Sodio

El cloruro de sodio no parece añadir ningun beneficio en la textura de las proteinas vegetales extruidas, al contrario, mas bien tiende a debilitar la fuerza en la textura.

Adición de Alginato de Sodio

El alginato de sodio es uno de los materiales con mayor influencia en las características finales del producto extruido. Su influencia está enmarcada dentro de la textura y las propiedades funcionales del producto terminado.

La adición de alginato de sodio incrementa la masticabilidad, la capacidad de retención de agua y densidad de las proteinas extruidas, haciendo el producto mas compacto. (Kearns 1.994).

Adición de azúcar

El azúcar, al igual que la fibra, hace las veces de barrera entre las posibles uniones a formarse entre las proteinas durante la extrusión, su efecto entonces interrumpirá el desarrollo textural de las proteinas de soya.

Adición de lecitina de soya

Cuando la lecitina es añadida hasta en un 0.4% tiende a suavizar el flujo del material en el barril y el dado del extrusor, creando un flujo laminar, lo cual permite la elaboración de productos con mayor densidad. (Butler 1.969).

La posibilidad de hacer productos de proteinas vegetales más densos está relacionada con un alto grado de unión entrelazada que ocurre durante el proceso de extrusión.

Un buen porcentaje de la lecitina de soya se obtiene durante el proceso de extracción del aceite. A rain de la gran demanda que actualmente exhibe este producto, rara vez se reincorpora a la masa de la harina de soya desengrasada.

Azufre e ingredientes que contienen azufre

El azufre es conocido por su habilidad para ayudar en la ruptura de las uniones desulfuro, lo cual ayuda al desdoblamiento de las moléculas largas, en forma de espiral, de las proteinas. Esta reacción de las moléculas de proteina causa un incremento en la expansión, una superficie del

DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "ALFONSO REYES"

producto mas suave y añade estabilidad al proceso de extrusión. Estos beneficios, sin embargo, conllevan ciertos efectos colaterales no deseables que incluyen disminución del sabor y del aroma. (Butler 1.969, Beveridge *et al* 1.974)

El metabilsulfito de sodio y el bisulfito de sodio pueden ser utilizados con efectos similares a los del azufre. Los niveles de dosis normales de azufre o derivados del azufre estan comprendidos en el intervalo del 0.1 a 0.2%. (Kearns 1.994).

La adición del bisulfito está restringida en algunos paises debido a que se ha relacionado con el asma crónica.

La cisteina se usa para lograr efectos similares a los de los compuestos de azufre, su acción quimica está enmarcada sobre la disrupción de los enlaces disulfuro. Los niveles de adición se encuentran en el intervalo de 0.5 a 1.0 %.

Saborizantes.

Recientemente han aparecido en el mercado nuevas lineas de sabores naturales, algunas con muchas pespectivas de uso en los procesos de saborización de los texturizados. Se han probado sabores de carne de res, jamon, pollo, langosta, almeja y camarones, los cuales se mantienen a través del proceso de cocción por extrusión y solo queda un minimo de sabor residual a soya en el producto terminado. Cuando es mezclado con un sistema para producir sopas, sopas con base en pescado o salsas espesas, el resultado en lo que respecta a su similitud a la carne ha resultado ser excelente.

La idea de utilizar sabores naturales en lugar de saborizantes sintéticos es tiene mucha pespectivas si se considera que los sabores artificiales están elaborados principalmente con base

en alcohol, grasa y agua, su efectividad se pierde a las altas temperaturas necesarias para dar estructura y eliminar la humedad.

Adicionalmente los sabores artificiales son lixiviados fuera del producto y dispersados a través de la fase liquida durante la rehidratación de la proteina texturizada de soya en la operación de enlatado o en la elaboracción de sopas y caldos. (Harper 1.994). Por el contrario, los agentes saborizantes naturales mejoran en el proceso de cocción, secado y rehidratación, comportándose como material cárnico. Cuando se incluye un sabor en un sistema como sopas o salsa de carne, el producto puede ser enlatado o congelado para impartir mayor estabilidad.

Procesos complementarios

Procesos de post extrusión.

Estos son los procesos que se realizan al producto extruido antes del sistema de secado y enfriado. El proceso predominante es la reducción del tamaño de particula. A esto se le dá el nombre de molienda húmeda debido al alto contenido de humedad en este punto. Existen varios mecanismos que pueden ser usados para la reducción de tamaño del producto texturizado, incluyendo molinos de martillos, rotadores con cabezas cortadoras y cortadores. Los mecanismos de molienda utilizados deben estar basados en el tamaño y en el uso que se le intenta dar al producto final. Generalizando, el mecanismo de molienda en molino de martillos dará una mayor densidad del producto como resultado del alto contenido de finos, mientras que los otros dos mecanismos, cabezas cortadoras y cortadores, mantienen la misma densidad del producto crispeteado. (Kearns 1.994).

Secado y enfriado.

En el procesio de extrusión de las proteinas texturizadas el contenido de humedad se eleva. Al producto extruido se le debe disminuir el contenido de humedad para el almacenamiento seguro antes de ser usado. La adecuada selección en el diseño y tamaño del secador es importante para la elaboración de productos de buena calidad y obviamente teniendo en cuenta también para el costo global de la producción, debido a que este es un proceso costoso.

Existen muchos diseños de secadores enfriadores, pero el mas usado es el secador de bandeja. Estos pueden ser construidos con diversos largos, anchos, número de pasos, materiales, estilos de transporte, flujo de aire, consideraciones sanitarias y sistemas de calentamiento. Estas caracteristicas determinan la calidad del producto final asi también como la eficiencia en el proceso, pero debe tenerse en cuernta en su diseño la forma como el equipo se integrará a la linea de producción. El diseño de dos pasos no solo ahorra espacio en el piso, sino que permite una operación más eficiente en términos de intercambio de humedad con el ambiente. Utilizando motores de varias velocidades en los pasos del secador, es posible cambiar el espesor de la capa de producto en proceso y por tanto, el tiempo de retención del producto en el secador. Los materiales de construcción de los secadores enfriadores incluyen acero inoxidable o una combinación de ambos.

En la elaboración de productos alimenticios para humanos, los secadores enfriadores están totalmente construidos en acero inoxidable o por lo menos la parte que está en contacto con el material. Los acarreadores transportadores del producto son bandejas perforadas de acero suave o acero inoxidable que pueden estar cubiertas con teflòn.

El diseño de la bandeja tamiz tiene un área abierta mayor para que el flujo de aire permita que las pequeñas particulas se sequen y queden retenidas en el transportador. Los ventiladores están

generalmente montados en cámaras sencillas por encima de las bandas trasportadoras. Estos ventiladores de recirculación crean una presión estática por debajo de las bandejas del secador, resultando en un secado uniforme en la cama del producto. Un porcentaje del aire es desechado para controlar la humedad mientras que el restante es recirculado, lo que permite una máxima eficiencia en el consumo energético. Generalmente se usan elementos calefactores laterales que pueden ser serpentines con vapor o gas (Kearns 1994, Buitrago 1992).

Si el equipo es adiabático, condición perseguida en el diseño, se puede operar cómodamente a 350 oC. Se pretende de todas meneras que los equipos secador y enfriador funcionen en cascada para hacerlos mas eficientes