

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

DESARROLLO DE NUEVOS ALIMENTOS SIN GLUTEN A PARTIR DE FARINÁCEOS ECUATORIANOS

DESARROLLO DE GALLETAS DE PSEUDOCEREALES ECUATORIANOS PARBOLIZADOS

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

FRANCISCO DEMETRIO SOSA SANCHEZ

francisco.sosa@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. PEDRO GUSTAVO MALDONADO ALVARADO. Ph.D

pedro.maldonado@epn.edu.ec

Quito, marzo 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Francisco Demetrio Sosa Sanchez, declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Francisco Demetrio Sosa Sanchez

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Luis Oswaldo Páez Reyes, bajo mi supervisión.

Ing. Pedro Gustavo Maldonado Alvarado Ph.D
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

FRANCISCO DEMETRIO SOSA SANCHEZ

PEDRO GUSTAVO MALDONADO ALVARADO

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a las personas que, por razones inevitables de la vida, me acompañan solo espiritualmente.

A mi Abuelita María Sosa Ortiz, por su formación y su cariño particular a lo largo de mi vida. Me ha enseñado a perpetuar la dignidad, la seguridad y la fuerza para renegar ante situaciones de injusticia.

A mi Madre Mónica, que lamentablemente no tengo recuerdos de su gran amor, pero estoy consciente que la alegría de toda madre es ver a su hijo alcanzar una meta. Por su enseñanza sobre la perseverancia ante la situación más difícil de la vida; y por estar siempre alegre.

A mi Tío Salomón, por la enseñanza del valor de la hermandad; y por su forma de ver la vida llenada de humor y flexibilidad.

A todos ellos,

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios por darme la sabiduría y las fuerzas necesarias para enfrentar este gran reto día a día; y por las bendiciones que han contribuido en mi crecimiento espiritual y personal.

A mi padre por la formación espiritual, moral, cultural y por su gran aporte en las bases de mi formación académica.

A mi hermana, por su gran labor de formación en mi niñez, adolescencia y madurez; por brindarme su tiempo en demasía hasta dejando de importar ella mismo en varias ocasiones, te agradezco por todos tus esfuerzos, consejos y amor; a lo largo de nuestra convivencia como hermanos.

A mi Tía Sarita, por su gran corazón, su valiosa voluntad; y su cariño incondicional hacia mí y mi madre.

A mis amistades Karen, Laura y Joyce, que nunca faltaron sus ánimos en este gran reto, gracias por siempre creer en mí; y por integrarme como una parte fundamental en su vida.

Al Ing Pedro Gustavo Maldonado Alvarado. Ph.D, director de mi trabajo de integración curricular. Por su paciencia, ayuda y guía durante esta investigación. También por todos sus esfuerzos en la impregnación del conocimiento.

A la Escuela Politécnica Nacional por la formación académica realizada; y al proceso que me ha otorgado para alcanzar mi profesión

Existen muchas más personas que fueron participes con su gran apoyo y aliento durante este largo camino, el papel no me permite extenderme, pero saben que los llevo en lo más profundo de mi corazón y les estoy agradecido.

Desarrollo De Galletas De Pseudocereales Ecuatorianos Parbolizados

Sosa, Francisco

¹Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Quito, Ecuador

Resumen: Actualmente no se producen galletas a base de pseudocereales andinos parbolizados en el Ecuador. La quinua y el amaranto poseen un alto contenido nutricional y son una excelente opción en la dieta de los consumidores. El parbolizado en granos de pseudocereales brinda beneficios como la fácil disponibilidad de nutrientes y su pronta digestibilidad en el organismo del consumidor. El objetivo del trabajo fue evaluar la viabilidad de la elaboración de galletas a base de amaranto y quinua parbolizados; en función de la modificación efectuada en las propiedades del grano de ambos pseudocereales. Para lo cual, se realizó un análisis en base a recopilación bibliográfica de varias investigaciones relacionadas al parbolizado de pseudocereales y se analizó la modificación de las propiedades físicas y químicas; adquiridas en el grano de los pseudocereales. El grano de amaranto presentó aumento en el índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento, tamaño del gránulo de almidón y una disminución de la dureza. En la industria galletera no existe registro de productos elaborados a base de pseudocereales parbolizados. Esto se debe a que los pseudocereales al no presentar gluten brindan una textura muy dura al producto final. Con los estudios realizados en el proyecto PIJ1704 donde se analizó los efectos del parbolizado en el grano de amaranto, se propone la elaboración de galletas a base de amaranto y quinua parbolizados, con el fin de ofrecer un producto completo nutricionalmente al consumidor.

Palabras clave: Quinua, amaranto, parbolizado, galletas sin gluten.

Biscuit Development From Parboiled Ecuadorian Pseudocereals

Abstract: Cookies based on parboiled Andean pseudocereals are not currently produced in Ecuador. Quinoa and amaranth have a high nutrient content and they are an excellent option in the diet of consumers. The parboiled grains of pseudocereals provide benefits such as the easy availability of nutrients and their rapid digestibility in the consumer's body. The objective of the work was to evaluate the feasibility of making biscuits based on parboiled amaranth and quinoa; depending on the modification made in the properties of the grain of both pseudocereals. For which, a bibliographic compilation analysis of several investigations related to parboiled pseudocereals was carried out and the modification of the physical and chemical properties was analyzed; acquired in the grain of pseudocereals. The amaranth grain showed an increase in the water absorption index, water solubility index, swelling power, starch granule size, and a decrease in hardness. There is no record of products made from parboiled pseudocereals in the biscuit industry. This is because pseudocereals, by not presenting gluten, provide a very hard texture to the final product. With the studies carried out in the PIJ1704 project where the effects of parboiling in the amaranth grain were analyzed, the production of biscuits based on parboiled amaranth and quinoa is proposed, to offer a nutritionally complete product to the consumer.

Keywords: Quinoa, amaranth, parabolize, gluten-free cookies.

1. INTRODUCCIÓN

Los pseudocereales son plantas dicotiledóneas que tienen como fruto semillas que son consumidas como granos y se encuentran presentes en tres familias: *Chenopodiaceae* (quinua), *Amaranthaceae* (amaranto), y *Polyhoniaceae* (trigo sarraceno) (Codex Alimentarius, 2016). Estos granos también son conocidos como no cereales, pero desde el punto de vista del consumidor su estructura es similar al de los cereales. Por lo general, tienen un alto contenido de proteínas, nutrientes y no contienen gluten (USDA, 2020). Los pseudocereales tienen una gran importancia en la dieta alimentaria de las personas celiacas. Esto debido a la ausencia de gluten que favorece su

digestión, evitando problemas de salud (Huamanchumo, 2020).

La quinua (*Chenopodium quinoa* willd) es un pseudocereal andino que se caracteriza por tener forma de achenio (Coulter y Lorenz, 1990). Este presenta un alto valor nutricional debido a la cantidad de proteínas, aminoácidos esenciales, no esenciales, ácidos grasos, minerales y vitaminas que se encuentran en su composición. La quinua contiene, en particular, proteína 16-23 %, almidón 58-64% y presenta un aporte energético de 399 kcal (Nowak & Charrondière, 2015). Generalmente, en este alimento se encuentran aminoácidos tales como la arginina, lisina, histidina, cisteína, metionina entre otros; y también ácidos grasos poliinsaturados. De la misma forma, los minerales tienen parte importante en su

composición y entre ellos se destacan el calcio, hierro, potasio, entre otros (Nowak & Charrondière, 2015). Debido al contenido nutricional que la quinua presenta, en el año 2013 fue reconocida como “Superalimento” (FAO, 2015).

En la elaboración de galletas, la harina de quinua proporciona propiedades funcionales que mejoran la consistencia del producto final. Una de ellas es la facilidad de aglomeración, es decir, la afinidad que presenta la harina de quinua al contacto con el agua (Cuquet et al., 2011). Por otro lado, la agitación en la mezcla agua-harina de quinua tiene como efecto el cambio micro y macromolecular en el almidón; modificando su cristalinidad y su área superficial (Villaclés et al., 2011).

El amaranto (*Amaranthus caudatus L.*), al igual que la quinua, presenta un similar valor nutricional debido al alto contenido de aminoácidos esenciales principalmente la lisina y el triptófano (Peralta, 2012). También aporta alto contenido de vitaminas como A, B, C, B1, B2, B3, niacina; y minerales tales como el fósforo, hierro y calcio. El amaranto presenta mayoritariamente en su composición proteína (del 19-17%) y almidón (del 50-60%) (Jacobsen, 2002). El contenido de fibra, carbohidratos, proteínas y la capacidad de adaptarse a procesos de cocción con vapor de agua por parte del amaranto, le confiere la facilidad de ser usado en la elaboración de productos farináceos, específicamente en galletas (Peralta, 2012).

Las modificaciones en el grano de amaranto debido a la técnica del parbolizado, tiene como beneficio la maximización de sus propiedades físicas, químicas, funcionales y nutricionales. Esta serie de cambios tienen una relación directa en el potencial de la quinua. El aprovechamiento de la harina de quinua como reemplazo farináceo en la industria de la galletería permite garantizar productos con características organolépticas de calidad (Algara et al., 2016).

En el Ecuador la existencia de productos terminados a base de amaranto y quinua es baja (Valenzuela, 2018). Esto debido a que en el campo de la industrialización no se ha implementado alternativas tecnológicas que permitan innovar en nuevos productos que tengan varios beneficios para la salud. Una de las técnicas que se ha innovado en la industria alimentaria específicamente en productos a base de amaranto y quinua, es el parboleado. Esta técnica es un proceso hidrotérmico que consta de tres etapas: remojo, cocción a vapor y secado del grano (Bhattacharya, 2011). En cada una de las fases se presentan condiciones distintas; en el caso del remojo, el tiempo de duración es de al menos 24 horas a condiciones ambientales o temperaturas entre 40-60 °C (Niyonshima et al., 2020). Para la cocción, se utiliza vapor de agua saturado a temperaturas de 80-100 °C durante 2-4 horas (Hunt, 2019). Para el secado, el grano de amaranto es sometido a temperaturas 40-50 °C hasta alcanzar el 14% de humedad (Derycke et al., 2005). Las modificaciones producto del proceso del parbolizado trae consigo ventajas nutricionales, tecnológicas y económicas en el mercado (Puente, 2016).

Existen varios estudios realizados sobre el parbolizado de amaranto y arroz; mientras que para el caso de la quinua no se encuentran casos de estudio. Esto permite integrar a la línea de investigación en el Ecuador productos a base de pseudocereales parbolizados con el fin de obtener productos enriquecidos naturalmente (Cabezas, 2011).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la viabilidad de la elaboración de galletas a base de amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) variedad INIAP-Alegría y quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) variedad Tunkahuan parbolizados mediante recopilación bibliográfica.

2. METODOLOGÍA

2.1 Recopilación y análisis de la información

En el presente trabajo, para la selección de materias primas, se consideró los alimentos con mayor investigación en el campo de nuevos productos son la quinua, arroz y el amaranto.

Se realizó la recopilación de información de varios estudios enfocados en el parbolizado de pseudocereales ecuatorianos. Esto permitió analizar la modificación de las propiedades físicas, químicas y nutricionales; que adquieren la quinua, el amaranto y arroz; una vez sometidos al proceso del parbolizado.

Para la fase de diseño del producto se analizó los resultados obtenidos en el proyecto PIJ1704: “Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, funcionales y de textura del parbolizado de amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) variedad INIAP-Alegría”. En cuanto a las propiedades modificadas en el grano de amaranto, se realizó una comparación con otros casos de estudio relacionados a parbolizados de pseudocereales. Finalmente, se evaluó la viabilidad de elaboración de galletas a base de quinua y amaranto parbolizados (Quilca, 2021).

2.2 Análisis del parbolizado en pseudocereales

Al parbolizado también se lo conoce como tratamiento hidrotérmico. Este tiene como finalidad provocar cambios químicos, físicos y organolépticos en los granos alimenticios.

El proceso de parbolizado consta de los siguientes pasos:

En primera instancia se sumerge la muestra de granos en un volumen de agua específico, de tal forma que, este cubra por totalidad la muestra hasta alcanzar la humedad requerida. Posteriormente, se somete a un proceso de cocción con vapor de agua a presiones mayores a la atmosférica. Finalmente, la muestra se coloca en una estufa para el proceso de secado (Quilca, 2021).

2.3 Análisis de las propiedades físicas y químicas de pseudocereales parbolizados

Previo a la elaboración de galletas a base de pseudocereales es necesario conocer las propiedades físicas, nutricionales,

funcionales de la materia prima y en el producto terminado (Risi y Galwey, 1989).

2.3.1 Dureza

Para el análisis de la dureza en el grano se utiliza un texturómetro con la ayuda de un software y se mide el valor de punto de bio-rendimiento en una posición plana y a una velocidad adecuada (Quilca, 2021). Por lo general, en este análisis se genera la curva fuerza-deformación del grano parbolizado de amaranto. Las unidades en la que se expresa la dureza son Newtons (N) (Islam et al., 2002).

2.3.2 Tamaño del gránulo de almidón

Para el análisis del gránulo de almidón, se emplea un molino para la reducción del tamaño del grano de amaranto. Una vez obtenida la harina se procede a colocar en diferentes tamices para determinar el tamaño de partícula. Para analizar el gránulo de almidón presente en la partícula de amaranto, se debe someter a agua destilada con el fin de formar suspensiones (Quilca, 2021). Estas suspensiones son colocadas en un portaobjetos y se les añade Lugol para poder teñir el almidón presente en la partícula del grano. La visualización de los resultados se realiza con la ayuda de un microscopio para su debida cuantificación (Medina y Salas, 2014). La expresión que define de mejor manera el tamaño de partícula de almidón se conoce como diámetro medio volumétrico. Esto permite determinar la mayor concentración de las partículas del gránulo de almidón. En la obtención de esta expresión se necesita de la ayuda de softwares enfocados en la lectura de imágenes obtenidas a partir de microscopios (Jiang et al., 2020).

2.3.3 Índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH)

Para este análisis se debe extraer una muestra de la materia prima previamente tratada, colocarla en agua destilada y someterla a un proceso de calentamiento durante un tiempo establecido. Posteriormente, se debe centrifugar la muestra durante un tiempo adecuado. Terminado el tiempo establecido, se procede a tomar una alícuota de la muestra del sobrenadante y se lo coloca en una estufa para seguir a un proceso de secado (Quilca, 2021). Por otro lado, se debe pesar el precipitado y de igual forma el sobrenadante seco. Para la cuantificación de las propiedades funcionales se usan los siguientes cálculos (Puente, 2016):

$$IAA = \frac{\text{peso almidón insoluble}}{\text{peso muestra}} \left[\frac{g}{g} \right] \quad (1)$$

$$PH = \frac{\text{peso almidón insoluble}}{\text{peso muestra} - \text{peso almidón soluble}} \left[\frac{g}{g} \right] \quad (2)$$

$$ISA = \frac{\text{peso almidón soluble}}{\text{peso muestra}} \times 100 \left[\frac{g}{g} \right] \quad (3)$$

2.4 Elaboración de galleta

En los métodos para la elaboración de galletas se toma en cuenta las propiedades físicas, químicas y nutricionales de la materia

prima (harina) empleada. Esto permitió evaluar la factibilidad en la elaboración de galletas a base de pseudocereales ecuatorianos parbolizados. La materia prima que se considera en este estudio para elaboración de galletas es la harina de quinua y amaranto parbolizados.

Comercialmente existe una amplia variedad de galletas, la mayoría se encuentran compuestas por mezclas de harina de trigo, arroz, amaranto, quinua entre otros. Por lo general, en la elaboración de galletas se busca siempre tener como materia prima productos que contengan gluten (García, 2016). Esto debido a que la presencia de gluten en la masa de la galleta le otorga elasticidad, de tal forma que, como producto se tiene una galleta con textura crocante y con ausencia de fácil disgregación en su manipulación (Miño, 2013).

Las galletas provenientes de mezclas de harinas son conocidas como galletas enriquecidas. Esto se debe a que se puede tener mezclas de harina con presencia y ausencia de gluten; un ejemplo podría ser la harina de trigo y amaranto. Estas mezclas se realizan con la finalidad de equilibrar la textura de la galleta y a su vez enriquecerla de los nutrientes de la harina que presente ausencia de gluten (García, 2016).

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Quinua

Actualmente no existe investigaciones que presenten parbolizado de quinua, sin embargo, existen otros estudios donde se utiliza la quinua con procesos similares al parbolizado como expandidos, harina, concentrados proteicos, germinados y harinas malteadas (Mujica y Ortiz, 2006).

El proceso de expansión consiste en la modificación del tamaño del grano de quinua, debido a la gelatinización del almidón. Esto se logra debido al remojo al que se somete el grano durante 24 h a 16 °C con la finalidad de equilibrar la humedad presente en el grano (Sucari, 2003). Esto se complementa con la aplicación de calor a presiones altas en tiempos cortos donde se produce la vaporización explosiva del agua, que se encuentra en el interior del grano (Espinoza, 2003).

Para el proceso de germinación se tiene como primera acción, escurrir totalmente el grano de quinua. Posteriormente, este es ingresado a una germinadora donde se adecua a una temperatura de 25 °C durante 7 h. Una vez germinado el grano, este es sometido a un proceso de tostado en un rango de temperatura, que inicia desde 30 °C a 65 °C durante 48 h (Villacrés et al., 2013).

Con respecto al malteado de la quinua, esta es obtenida mediante el proceso de remojo, germinación, grano germinado y por último la molienda; tomando en cuenta las condiciones antes mencionadas (Villacrés et al., 2013).

3.2 Amaranto

El amaranto presenta un alto valor nutricional. El contenido de nutrientes se encuentra sujeto al tipo de especie, variedad y método de cultivo (Saunders y Becker, 1984). Este grano presenta en su estructura proteínas, lisina, sacarosa, fibra bruta, fibra dietética y en mayor cantidad almidón (Glowienke y Kuhn, 1998).

El contenido de proteínas presente en el grano de amaranto es mucho mayor que el que se encuentra en el trigo. La proteína presente en el grano de amaranto corresponde al 40 % de albuminas, 20 % de globulinas, 2-3 % de prolaminas y 25-30 % de glutelinas (Segura et al., 1994). Existen dos tipos de globulinas: 7S y 11S; estas son conocidas como proteínas de almacenamiento. Una característica principal de estas globulinas es que propician un alto valor nutricional y a su vez propiedades emulsionantes (Marcone, 1999). Con respecto a la composición de aminoácidos la lisina es la más sobresaliente, esta se encuentra en mayor cantidad que en los cereales. Según análisis, la digestibilidad proteica del *Amarantus caudatus* corresponde al 76-87 % (Pederson et al., 1987). Debido a su alta digestibilidad se busca la aplicación de procesos que permitan aumentar la calidad proteica, mayor disponibilidad de aminoácidos y rápida desintegración del grano; entre estos se tiene la expansión, el tostado y la cocción (Bressani et al., 1987).

El grano de amaranto presenta un mayor contenido de grasa que los cereales. Este presenta un alto contenido de ácidos grasos insaturados, principalmente el ácido linoleico (50 %), oleico (20%) y palmítico (20 %) (Betschart et al., 1981). En cuanto a los fosfolípidos presentes en el grano de amaranto corresponde alrededor del 5%, las fracciones de cefalina, lecitina, y fosfoinosito corresponden al 13.3 %, 16.3 % y 18.2 % respectivamente (Becker, 1994).

El contenido de carbohidratos en el grano de amaranto es mucho menor que en el trigo (Souci et al., 1994). En este se encuentra alrededor de 3 a 5 % de monosacáridos y disacáridos (Cortella y Pochettino, 1990). En el grano de amaranto (*Amaranthus caudatus*) se tiene un alto contenido de almidón y un bajo contenido de amilosa. En cuanto al comportamiento de las propiedades por las que atraviesa el almidón, se considera que la gelatinización y viscosidad del grano de amaranto difieren notablemente de la de los cereales (Paredes et al., 1994). El almidón del grano presenta mayor temperatura de gelatinización y mayor viscosidad (Quian, 1999). También se considera que la baja presencia de amilosa tiene como resultado un alto contenido de agua, alto poder de hinchamiento, alta susceptibilidad enzimática, mayor capacidad de unión y una buena estabilidad frente a la retrogradación, congelación y descongelación (Perez et al., 1993).

En relación con otras matrices, el grano de amaranto no es una importante fuente de vitaminas, su contenido es menor en comparación a la del trigo. Entre las vitaminas más representativas en el grano se tiene la vitamina B₂, C y E (Souci et al., 1994). Por otro lado, el contenido de fibra

dietética de igual forma representa un contenido bajo, al igual que la presencia de saponinas (Betschart et al., 1981).

3.3 Análisis de propiedades modificadas en el parbolizado

A conocimiento del autor, un solo trabajo sobre parbolizado de amaranto ecuatoriano ha sido realizado (Quilca, 2021). En este trabajo se evaluó propiedades físicas como la dureza, tamaño del gránulo de almidón, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento.

Para el análisis de las propiedades, se tomó como referencia al grano nativo de amaranto, es decir, sin la aplicación de algún tratamiento. Esto permitió diferenciar cualitativamente cada una de las propiedades tanto físicas como químicas maximizadas por el efecto del parbolizado.

3.3.1 Dureza

La bibliografía precisa que el proceso de parbolizado hace que la dureza se vea disminuida significativamente en un rango de temperatura de 70-80 °C durante un tiempo aproximado de 10 minutos (Quilca, 2021). En contraste con otras investigaciones relacionadas a la quinua y el arroz; se tiene que el efecto de la cocción, germinado, expansión y parbolizado modifican la rigidez de la pared celular del grano. Esta modificación se le atribuye al proceso de gelatinización e hinchamiento del gránulo del almidón contenida en el mismo (Villaclés et al., 2013). Además, se atribuye que la etapa de remojo facilita la pérdida de la integridad del grano (Lux et al., 2020).

3.3.2 Tamaño del gránulo

En el análisis del tamaño del gránulo del almidón se observa que este presenta un tamaño mayor en comparación al grano nativo (Quilca, 2021). Esto se debe a que, una vez que el grano es sometido al parbolizado; el hinchamiento y la gelatinización del gránulo del almidón provoca un aumento en su dimensión. En investigaciones relacionadas al parbolizado de pseudocereales, se determina que la modificación del almidón presente en las partículas del grano tiene como resultado un cuerpo amorfo de mayor tamaño (Zhu, 2015). Este resultado se encuentra en función del grano que no ha sido sometido a ningún tratamiento. Por otro lado, en comparación con la quinua, debido a que esta presenta un alto contenido de amilopectina en el almidón presente en el grano, se considera que, una vez efectuado el tratamiento de parbolizado, el tamaño del gránulo también se modificará notablemente (Prego et al., 1998).

3.3.3 Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento

El índice de absorción de agua y el poder de hinchamiento presentó un aumento a medida que la temperatura aumentó. Esto se debe a que el tratamiento calórico aplicado debilita los enlaces (amilosa-amilopectina) dentro de la parte cristalina del gránulo. La presencia del grupo fosfatos en la amilopectina tiene como acción la repulsión en las cadenas adyacentes,

provocando un incremento de la hidratación como consecuencia de los enlaces debilitados. (Rodríguez et al., 2012).

El índice de solubilidad está relacionado con la solubilidad que presenta la partícula en un medio acuoso (agua). Se considera que si el tratamiento de parbolizado efectuado se encuentra dentro de un rango de 70-80 °C durante un tiempo aproximado de 10 minutos; el ISA disminuye alrededor de un 60% (Quilca, 2021). En contraste con otras investigaciones, se tiene que si el ISA se encuentra en un valor mínimo; este permitirá conferir al almidón presente en el amaranto una buena calidad (Romero, 2016).

3.4 Análisis de las alternativas del parbolizado

Las alternativas del proceso del parbolizado se encuentran sujetas al tipo de matriz alimentaria con la que se vaya a trabajar. En varios casos de estudio, se tiene como proceso referencial el método hidrotérmico. Este consta de subprocesos como la hidratación, tratamiento en autoclave y secado.

El tratamiento hidrotérmico en pseudocereales se caracteriza por presentar una serie de etapas que permiten modificar las propiedades físicas, químicas y nutricionales de los mismos. El propósito de este tratamiento es brindar pseudocereales en su estado de grano entero o a su vez productos procesados como es el caso de las harinas. El fundamento principal de este método se centra en la gelatinización total o parcial del contenido de almidón presente en los granos alimenticios (Bello, 2009).

Para las matrices alimentarias como el amaranto y el arroz; el método hidrotérmico es bastante común, mientras que para la quinua es totalmente escasa (Zamora, 2021). El parbolizado de amaranto y arroz adoptan la misma serie de etapas mientras que, en el caso de la quinua se utiliza procesos similares como expandido, germinación, cocción entre otros (Mujica y Ortiz, 2006).

La etapa de la hidratación o también conocida como remojo es similar para las tres matrices alimentarias seleccionadas. En este proceso la materia prima puede ser sometida a un proceso de remojo en agua potable o agua destilada (Bello, 2009); acompañada de un proceso calórico leve. Se consideran temperaturas menores a 30 °C (Nicolaide, 2021).

En la etapa de tratamiento en autoclave o mejor entendida como aplicación de vapor de agua sobre la materia prima. Se caracteriza por presentar una gelatinización completa del almidón presente en la matriz alimentaria (Bello, 2009). Esta fase es totalmente escasa en relación con tratamientos aplicados a la quinua, de tal forma que, no existe información sobre la modificación que causa la aplicación de vapor sobre el grano de quinua (Mujica y Ortiz, 2006).

El secado es la etapa común entre todas las matrices alimentarias. Esto debido a que previo el tratamiento que

ha yan tenido, siempre se necesita establecer un producto seco entero o a su vez, es el paso complementario a la molienda para la obtención de harinas. Se debe tener en cuenta que la etapa del secado es un paso fundamental en la germinación de quinua (Nicolaide, 2021).

3.5 Viabilidad en la elaboración de galletas a base de quinua y amaranto parbolizado

Una vez analizado y realizado un compendio de la información bibliográfica en función del parbolizado de quinua y amaranto; y de cómo se maximizan las propiedades del grano de ambos pseudocereales se establece lo siguiente:

3.5.1 Galletas a base de amaranto parbolizado

La mejora de las propiedades del grano de amaranto sometido al proceso del parbolizado se refleja en la disminución del contenido de humedad y al aumento del contenido de ceniza, grasa, proteína, carbohidratos, fibra cruda y almidón. Esto se explica debido al arrastre que sufren los componentes hidrosolubles en la pared celular del grano (Mir et al., 2018). Debido a que el grano de amaranto parbolizado no presenta gluten, pero si un alto contenido de almidón y un bajo contenido de amilosa (Paredes et al., 1994), se propondría que en la elaboración de galletas no exista mezcla de harinas; sino que solamente se trabaje con harina de amaranto parbolizado. Esta consideración radica en que, al presentar un bajo contenido de amilosa, se tiene como resultado un alto poder de hinchamiento y por ende una mayor capacidad de unión de la masa (Pérez et al., 1993). Con respecto al estudio de Quilca 2021, y en relación con la viabilidad en la elaboración de galletas, se establece que la harina de amaranto parbolizado frente a la de amaranto nativo, maximizó sus propiedades de forma positiva, lo que permite establecer que el grano parbolizado es una buena opción como harina en la elaboración de galletas, de tal forma que, el producto ofrezca al consumidor calidad y beneficios nutricionales (Mir et al., 2018).

3.5.2 Galletas a base de quinua parbolizado

En función de las propiedades analizadas en el grano de quinua en relación con los diferentes procesos similares al parbolizado como expandidos, harina, concentrados proteicos, germinados y harinas malteadas; se establece que la viabilidad de elaboración de galletas tiene una apertura positiva.

Las galletas hechas a base de trigo por lo general presentan mayor facilidad para la formación de masas (proteína-gluten), es decir, tiene como resultado una masa más consistente. Al referirse al término consistente, se relaciona con la tenacidad y ligazón que existe en la masa. En cuanto al levantamiento de la masa, el gluten es el principal responsable del hinchamiento de las proteínas de la masa; este permite establecer una correcta unión, maleabilidad, elasticidad, retención de gases y principalmente el mantenimiento de la forma otorgada a las galletas (Cabezas, 2011). Con base a las características que una galleta de trigo presenta, se establece que en la elaboración

de galletas a base de quinua parbolizada está sujeta a la textura final que tendrá el producto. Debido a que la quinua es un producto sin gluten y presenta un bajo contenido de almidón, aun siendo sometida al proceso de parbolizado (Prego et al., 1998), se debe considerar el tipo de textura suave o duro requerido en el producto. Para el caso de una galleta suave se requerirá una mezcla de harina de trigo con harina de quinua parbolizada, mientras que, si se requiere que el producto tenga una textura más crujiente, solamente se deberá incluir harina de quinua parbolizada. Por otro lado, se considera que si la galleta es proveniente de una mezcla de harinas será reconocida como un producto fortificado. Esto debido a que la quinua al presentar su alto contenido de proteínas, grasas, fibra y minerales; representan una opción nutricional para el consumidor (Ruales, 1992).

4. CONCLUSIONES

Debido a que no se registra estudios relacionados al parbolizado de quinua, la mejor opción sería replicar el procedimiento efectuado en el parbolizado de amaranto. Esto permitiría tener como base de información la modificación de las propiedades físicas, químicas y nutricionales del grano de quinua, de tal forma que una vez obtenida la harina de quinua parbolizada, se podría efectuar la elaboración de galletas.

En el parbolizado existen diferentes tratamientos calóricos que, debido al tiempo de duración, pueden contribuir en la modificación de las propiedades del grano de amaranto. El proceso de parbolizado más eficiente se tiene en un rango de 70-80 °C durante un tiempo aproximado de 10 minutos.

En el mercado comercial la producción de galletas a base de pseudocereales libres de gluten direcciona su acogida al grupo de personas celíacas, pero también puede estar destinada a grupos de individuos como deportistas o niños que busquen productos enriquecidos naturalmente.

REFERENCIAS

- Algara, P., Gallegos, J., y Reyes, J. (2016). El amaranto y sus efectos terapéuticos. *Tlatemoani*, 21(4), 55-73. doi:<http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.htm>
- Becker R (1994) Amaranth oil: composition, processing, and nutritional qualities. In: Paredes-Lopez O (ed) Amaranth - biology, chemistry, and technology. CRC Press, London, pp 133-142
- Bello, M. (2009). Procesamiento hidrotérmico de arroz cáscara. Efecto de las condiciones de hidratación y cocción en el rendimiento, textura y propiedades térmicas del grano elaborado. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Betschart AA, Wood ID, Shepherd AD, Saunders RM (1981) Amaranthus cruentus: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *J Food Sci* 46: 1181-1187
- Bhattacharya, K. (2011). Introduction: rice in historical and social perspectives. In World Rice Reseach Conference (Ed.), Rice Quality, Woodhead , 1, 1-25. doi:<https://doi.org/10.1533/9780857092793.1>
- Bressani R, Kalinowski LS, Ortiz MA, Elias LG (1987) Nutritional evaluation of roasted, flaked and popped amaranth. *Arch Latinoam Nutri* 37:525-531
- Cabezas Gagnay, A. L. (2011). Elaboración y Evaluación Nutricional de Galletas con Quinua y Guayaba Deshidratada (Bachelor's thesis).
- Codex Alimentarius. (2016). Anteproyecto de Revisión de la Clasificación de Alimentos y Piensos: Grupos de Productos Seleccionados Grupo 020 – Gramíneas De Cereales En Grano. Recuperado de:<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/meetings-reports/es/> (Marzo, 2021)
- Coulter L, Lorenz K (1990) Quinoa-composition, nutritional value, food applications. *Lebensm Wiss u Technol* 23:203-207
- Cortella AR, Pochettino ML (1990) South American grain chenopods and amaranths: a comparative morphology of starch. *Starch/Staerke* 42, 251-255
- Cuq, B. Rondet, E. y Abecassis, J. (2011). Food powders engineering, between knowhow and science: Constraints, stakes and opportunities. *Powder Technology*, 208(2), 244-251. doi: 10.1016/j.powtec.2010.08.012
- Derycke, V., Vandeputte, G., Vermeylen, R., De Man, W., Goderis, B., Koch, M., y Delcour, J. (2005). Starch gelatinization and amylose-lipid interactions during rice parboiling investigated by temperature resolved wide angle X-ray scattering and differential scanning calorimetry. *Journal of Cereal Science*, 42(3), 334-343. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.05.002>
- Espinoza, Y. (2003). Procesamiento de maíz por el método de expansión por explosión (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima
- FAO (2015). Año internacional de la quinua. Informe técnico. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- García, L. (2016). Propuesta de innovación de una galleta como alimento funcional usando harina de amaranto. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/66298/PROPUESTA%20ODE%20INNOVACION%20DE%20UNA%20GALLETAS%20COMO%20ALIMENTO%20FUNCIONAL%20USANDO%20HARINA%20DE%20AMARANTO%20Password%20Removed.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Marzo, 2022).
- Glowienke S, Kuhn M (1998) Importance of the pseudocereal amaranth. II. Importance of growing conditions for the chemical composition of amaranth. *Getreide Mehl Brot* 52, 323-327
- Huamanchumo, W. (2020). Pseudocereales andinos: valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de gluten.
- Hunt, M. (2019). Impact of Parboiling Processing Conditions on Rice Characteristics. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- Islam, R., Roy, P., Shimizu, N., y Kimura, T. (2002). Effect of Processing Conditions on Physical Properties of Parboiled Rice. *Food Science and Technology Research*, 8(2), 106-112. doi: <https://doi.org/10.3136/fstr.8.106>
- Jacobsen, S. E. (2002). Cultivo de granos andinos en Ecuador: Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Editorial Abya Yala.
- Jiang, S., Zhao, S., Jia, X., Wang, H., Zhang, H., Liu, Q., y Kong, B. (2020). Thermal gelling properties and structural properties of myofibrillar protein including thermo-reversible and thermo-irreversible curdlan gels. *Food Chemistry*, 311(12), 126018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126018>
- Lux, T., Wernecke, C., Bosse, R., Reimold, F., y Floter, R. (2020). Textural and morphological changes of heat soaked raw *Amaranthus caudatus*. *Journal of Cereal Science*, 98(2021), 103168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103168>
- Marcone MF (1999) Evidence confirming the existence of a 7S globulin-like storage protein in A. hypochondriacus seed. *Food Chem* 65, 533-542

- Medina, J., y Salas, J. (2008). Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo Apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Revista de Ingeniería*, 0(27), 56–62. doi: <https://doi.org/10.16924/riua.v0i27.280>
- Miño Verdezoto, S. E. (2013). Elaboración de Galletas a Base de Amaranto con Frutas Deshidratadas de la Zona Central Andina 2012 (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Mir, N., Riar, Ch., y Singh, S. (2018). Nutritional constituents of pseudocereals and their potential use in food systems: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, S0924-2244(16)30403-4. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.016>
- Mujica, A., Ortiz R. (2006). Quinoa: un cultivo multipropósito para usos agroindustriales en los países andinos. Lima, Perú
- Nicolalde, K. (2021). Evaluación del efecto de la germinación en las propiedades funcionales y nutricionales de un alimento tipo couscous obtenido a partir de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). (Proyecto de titulación). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Nowak, V. & Charrondiére, U. (2015). Assessment of the Nutritional Composition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *FOOD CHEMISTRY*. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.02.111
- Niyonshima, A., Hategekimana, J., y Nyirahanganyamunsi, G. (2020). Effect of Parboiling Technique on the Nutritional Quality of Rice. *Nutrition and Food Science*, 2(5), 1–13. doi: <https://doi.org/10.33552/GJNFS.2020.02.000548>
- Paredes-Lopez O, Bello-Perez LA, Lopez MG (1994) Amylopectin: structural, gelatinization and retrogradation studies. *Food Chem* 50, 411-417
- Pederson B, Kalinowski LS, Eggum BO (1987) The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*). I. Protein and minerals of raw and processed grain. *Plant Foods Hum Nutr* 36, 309-324
- Peralta, E. (2012). El amaranto en Ecuador "Estado del Arte" Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3259/1/iniapscCD53.pdf> (Marzo, 2022)
- Pérez E, Bahanassey YA, Breene WM (1993) Some chemical, physical, and functional properties of native and modified starches of *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus cruentus*. *Starch/Staerke* 45, 215-220
- Puente Cuyago, A. E. (2016). *Pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto amaranthus caudatus L* (Bachelor's thesis).
- Prego I, Maldonado S, Otegui M (1998) Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. *Ann Bot* 82, 481-488
- Quián JY, Kuhn M (1999) Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. *Starch/Staerke* 51, 116-120
- Quilca, W. (2021). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, funcionales y de textura del parbolizado de amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) variedad iniap-alegría. (Proyecto de titulación). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Risi JC, Galwey NW (1989) *Chenopodium* grains of the Andes: a crop for temperate latitudes. In: Wickens GE, Haq N, Day P (eds) *New crops for food and industry*. Chapman and Hall, London, pp 222-234.
- Rodríguez, E., A. Lascano y G. Sandoval (2012). Influencia de la Sustitución Parcial de la Harina de Trigo por Harina de Quinoa y Papa en las Propiedades Termomecánicas y de Panificación de Masas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 1(15), 199-207
- Romero, C. (2016). Sustitución de sólidos no grasos lácteos por harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) en helados de crema. (Tesis de pregrado) Universidad de La Salle, Bogotá.
- Ruales J (1992) Development of an infant food from quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd): technological aspects and nutritional consequences. PhD thesis, University of Lund, Lund, Sweden.
- Ruales J, Nair BM (1992) Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Plant Food Hum Nutr* 42, 1-11
- Saunders RM, Becker R (1984) *Amaranthus*: a potential food and feed resource. In: Pomeranz Y (ed) *Advances in cereal science and technology*, vol VI. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, pp 357-396
- Segura-Nieto M, Barba de la Rosa AP, Paredes-López O (1994) Biochemistry of amaranth proteins. In: Paredes-Lopez O (ed) (1994) *Amaranth - biology, chemistry, and technology*. CRC Press, London, pp 75-101
- Souci SW, Fachmann W, Kraut H (1994) *Food composition and nutrition tables*. Wissenschaft Verlag, Stuttgart
- Sucari, M. L. (2003). Determinación de humedad y presión en el proceso de expansión por explosión para dos variedades de cañihua (*Chenopodium palidicaule* Aellen). (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno
- USDA. (2020). NAL Agricultural Glossary. National Agricultural Library. Recuperado de: https://agclass.nal.usda.gov/mtwdk_exe?s=1&n=1&v=0&l=91&k=glossary&t=2&w=pseudocereales (Marzo, 2022)
- Valenzuela, D. (2018). Nuevos productos alimenticios en el comercio mundial: situación y perspectivas actuales para el cultivo y exportación de quinoa por parte del Ecuador. (Proyecto previo a la obtención del título de Magíster en Relaciones Internacionales). Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador.
- Villacrés, E., Peralta, E., Egas, L., & Mazón, N. (2011). Potencial agroindustrial de la quinoa.
- Villacrés, P., Peralta, E., Egas, L & Mazón N (2013). Potencial agroindustrial de la quinoa. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2394/iniapscd146.pdf> (Diciembre, 2021).
- World Health Organization (1985) Energy and protein requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. WHO, Geneva
- Zamora Sanchez, E. Y., Ninaquispe Zare, V. P., & Miano Pastor, A. C. (2021). Mejora del rendimiento de parbolizado de arroz evaluando la temperatura y tiempo de hidratación. *LACCEI, Inc.*
- Zhu, F. (2015). Structure, Physicochemical Properties, and Applications of Amaranth Starch. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(2), 59. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.862784>