

Desarrollo de sopa instantánea a partir de Harina de Melloco *Ullucus Tuberosus*

Autor: Marjorie Vanessa Velásquez Figueroa.
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
vvelasqu@espol.edu.ec

Resumen

El principal objetivo de este trabajo fue elaborar una sopa instantánea a base de harina de melloco a la cual se añadieron otros componentes para obtener una sopa con mayor contenido nutritivo. Se realizó la caracterización de la materia prima, dándole así un perfil de requerimientos para obtener un producto de óptima calidad. Por medio del método isopiéstico, se obtuvo la isoterma de la materia prima. Se realizó el secado del melloco bajo condiciones controladas de velocidad del aire, humedad y temperatura. Se obtuvo distintas formulaciones, las cuales por medio de la evaluación sensorial, fueron evaluadas por jueces no entrenados. Por medio del análisis de varianza se verificó si la disminución de la cantidad de leche en la formulación, incide o no en las características sensoriales de la misma. Finalmente, se evaluó la permeabilidad del empaque en condiciones de almacenamiento, que junto con el análisis de estabilidad, se obtuvo el tiempo de vida útil del producto.

Palabras Claves: *Isoterma de desorción, método isopiéstico, secado de alimentos, rehidratación, Actividad de agua, permeabilidad de empaque.*

Abstract

The main objective of this work was to develop an instant soup made from melloco to which other components were added to obtain a soup with higher nutrient content. Raw material was characterized, giving a profile of requirements for a top quality product. We obtained the isotherm of melloco through the isopiestic method. Its drying was conducted under controlled conditions of air velocity, humidity and temperature. Different formulations were obtained, which by sensory evaluation, were assessed by trained judges. Through analysis of variance was verified if the decrease in the amount of milk in the formulation had an impact on the sensory characteristics of it. Finally, the permeability of the packaging in storage was evaluated, which with the stability analysis was obtained the lifetime of the product.

Keywords: *Desorption isotherm, isopiestic method, food drying, rehydration, water activity, permeability of packaging.*

1. Introducción

Actualmente, la alimentación de las personas se ve afectada por el consumo de alimentos que no proveen de las cantidades adecuadas de nutrientes. Por lo que es importante ingresar al mercado productos que sean de fácil preparación y que aporten con la cantidad de nutrientes que el organismo necesita, con lo que se logrará mejorar el nivel nutricional del consumidor.

Esta tesis se basa en obtener un producto seco, el cual deberá contener un máximo valor nutricional de la materia prima seleccionada y que logre ser rehidratado en poco tiempo para su preparación. Por este motivo, se ha seleccionado un alimento

tradicional como es la sopa y una materia prima de consumo masivo en todas las clases sociales a nivel nacional como lo es el melloco; tratando de ofrecer un producto final de buen sabor, el cual será un producto de la percha a la mesa en pocos minutos y a un bajo costo.

2. Generalidades

El Melloco es el segundo tubérculo de mayor importancia en el Ecuador. Crece anualmente en la zona Andina, la cual abarca desde Venezuela hasta Chile. (1). En esta tesis se utilizó el género *Ullucus Tuberosus* debido a que es el más cultivado en el

Ecuador y posee un bajo costo de producción; además es rico en nutrientes y aporta con un elevado índice de proteínas, carbohidratos y fósforo. (1, 4).

2.1 Materia Prima

La planta puede ser compacta o rastrera y tiene una altura aproximada de 30 a 80 cm. (1). Su hoja es de forma acorazonada plana y cuando la planta llega a su madurez, la hoja adquiere una forma cóncava. El fruto puede tener distintas formas y colores, los cuales dependen de su especie. El tubérculo está formado de parénquima con alto contenido de agua y almidón. (3)

2.1.1 Cultivos y disponibilidad

La producción del género *Ullucus Tuberosus*, se encuentra en la Zona Norte de la Sierra Ecuatoriana en las ciudades de San Gabriel y Cristóbal Colón en la provincia del Carchi. (4) Esta zona es privilegiada con un suelo rico en materia orgánica y en alta capacidad de retención de agua; además de ser una zona con niveles elevados de precipitaciones. (3)

2.1.2 Composición química y valor nutricional

En la TABLA 1 se puede observar la composición química del melloco, entre las cuales se destaca su alto contenido de humedad, por lo que se debe considerar un pretratamiento al secado para eliminar el agua en exceso.

Tabla 1. Composición química del melloco.
(Datos expresados base seca – muestra entera).

| Compuesto | Cantidad | Unidad |
|-----------------------|----------|--------|
| Humedad | 84.34 | % |
| Cenizas | 5.93 | % |
| Proteína | 10.01 | % |
| Fibra | 2.63 | % |
| Extracto etéreo | 1.24 | % |
| Carbohidratos Totales | 80.12 | % |

Fuente: Barrera, Et al; 2004. (10).

2.2 Proceso de Secado

El secado es un proceso físico, el cual consiste en la extracción del agua contenida en los alimentos hasta que su actividad de agua sea la adecuada para su conservación por largos periodos. Durante este proceso el agua es extraída por la interacción de tres elementos: aire, temperatura y humedad. El objetivo de este proceso es reducir el grado de humedad del producto para que así los microorganismos no puedan deteriorarlo; lo que dará como resultado un mayor tiempo de vida útil para este. Uno de los puntos importantes en el secado, es que el alimento conserve

todas sus características organolépticas y propiedades nutritivas.

2.3 Sopas Instantáneas

Según el Registro municipal de Montevideo (Art. 302), se entiende por sopas deshidratadas los preparados constituidos por caldos deshidratados adicionados de productos animales o vegetales, pudiendo contener pastas alimenticias, harinas de leguminosas y otros. Se lo considera un alimento de fácil preparación ya que este producto es rehidratado para que adopte las características organolépticas de una sopa. Su tiempo de cocción es de aproximadamente 10 minutos. (7)

2.4 Principales alteraciones

Muchas reacciones físico-químicas son activadas por la temperatura y en consecuencia el secado provoca una aceleración de estas reacciones. Las principales alteraciones observadas en los productos deshidratados pueden ser químicas o físicas y están gobernadas por la isoterma de sorción. (15) Durante el secado de los alimentos pueden ocurrir transiciones vítreas, que pueden afectar a la calidad del producto, tanto a sus características físicas como químicas. (15)

2.5 Rehidratación de polvos

Algunos alimentos deshidratados ya sea en trozos, enteros o pulverizados, deben ser rehidratados para su consumo o uso posterior en diferentes procesos. Los alimentos deshidratados deben rehidratarse lo más rápido posible y mostrar las mismas características estructurales y químicas del alimento fresco, como también sus propiedades nutricionales y sensoriales. La rehidratación no es el proceso inverso de la deshidratación, ya que ambos tienen diferentes mecanismos de transferencia de materia y dependen de factores distintos. La deshidratación a altas temperaturas provoca cambios que son irreversibles en el alimento: pérdida de textura, disminución de vitaminas, color y aroma, entre otros.

3. Proceso de obtención de la harina

3.1 Características de materia prima

Se realizó la caracterización de la materia prima para establecer un parámetro de control con respecto al tamaño, peso y grado de madurez del melloco. La materia prima utilizada en los análisis, se la obtuvo de un mercado de la ciudad de Guayaquil.

3.2 Metodología del trabajo

Para el análisis del tamaño se escogieron al azar 25 muestras de melloco. Estas fueron medidas y pesadas, de las cuales se obtuvo un tamaño y un peso promedio. Para lo cual, se obtuvo que el diámetro aproximado del melloco es de 4.48 ± 0.92 cm y que el peso aproximado que debe tener es de 7.15 ± 0.59 g.

Para obtener el grado de madurez óptimo para el melloco, se realizó una comparación del color con las 25 muestras. Se obtuvo 3 grupos con tonalidades similares. Para esto se utilizó una cartilla de Color-PANTONE (Pantone Color Specific). El grupo de las Muestras B y el grupo de las Muestras C; presentan un color similar, por lo tanto se le asignó el mismo valor numérico 207, al cual se lo toma como referencia para establecer un grado de madurez óptimo.

El análisis de textura se realizó a una temperatura constante de 28°C , en el texturómetro BROOKFIELD (Modelo: M1850-30), con el cual se obtuvieron valores de dureza. Para este análisis se tomaron 6 muestras al azar. Se procedió a pesar cada una de las muestras y se realizó un seguimiento durante 7 días; el cual se muestra a continuación en la TABLA 8.

Tabla 2. Variación del estado fisiológico del melloco.

| DÍA | Pérdida de Peso (%) | Dureza (g.) |
|-----|---------------------|------------------|
| 1 | 5.39 ± 0.12 | $904,0 \pm 0.52$ |
| 2 | 12.98 ± 0.84 | $893,0 \pm 0.38$ |
| 3 | 13.48 ± 0.41 | $858,0 \pm 0.53$ |
| 4 | 13.53 ± 0.23 | $802,5 \pm 1.12$ |
| 5 | 19.47 ± 0.64 | $780,0 \pm 0.77$ |
| 6 | 24.09 ± 0.48 | $711,5 \pm 0.22$ |
| 7 | 25.09 ± 0.28 | $656,0 \pm 1.45$ |

Se puede observar que en el día 7 hay una mayor pérdida de peso con respecto al día 1. El grado de dureza también presenta una variación significativa; ya que es menor en el día 7, debido a la pérdida de agua. Podría decirse que el melloco a utilizarse es el del día 7, debido a que habrá menor la cantidad de agua a remover en el proceso de secado y tendrá un menor grado de dureza, lo que facilitará el triturado.

3.2.1 Ensayos Físico – Químicos

Los ensayos físico – químicos para la caracterización de la materia prima se basaron en los procedimientos de la Norma AOAC. A continuación, en la TABLA 3 se puede ver el resultado.

Tabla 3. Características químicas del melloco.

| PARÁMETROS | VALOR | MÉTODO |
|------------|-----------------------|-------------|
| Humedad | $88.9 \pm 0.4\%$ | AOAC 967.19 |
| Aw | 1.000 ± 0.002 | AOAC 978.18 |
| pH | 5.695 ± 0.005 | AOAC 981.12 |
| Acidez | $0.3918 \pm 0.0001\%$ | AOAC 942.15 |

3.2.2 Secado

Para el proceso de secado del melloco se realizaron las operaciones que se detallan a continuación:

Recepción de materia prima: Se verifica que la materia prima se encuentre en un estado óptimo de madurez según parámetros mencionados en el apartado 3.2.

Selección: Tomando en cuenta como factores de calidad los parámetros mencionados en el apartado 3.2, se procederá a seleccionar la materia prima para el secado.

Lavado: Se debe de limpiar el producto con agua a presión para eliminar partículas y restos de tierra.

Triturado: Se reduce el tamaño de la materia prima para mejorar la transferencia de calor entre el producto y el aire caliente del secador para que el secado se efectúe con mayor rapidez.

Escurreido: Se lo realiza en un lienzo para eliminar la mayor cantidad de agua del producto y así disminuir el tiempo de secado.

Secado: Se utiliza un secador de bandeja, el cual debe de estar previamente calentado para que llegue a los parámetros especificados en la Tabla 4.

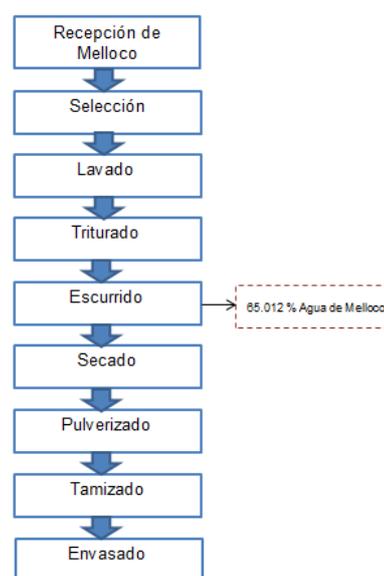
Pulverizado: Se lo realiza en un molino de martillo a velocidad constante.

Tamizado: Se procede a tamizar el producto para obtener una harina de grano fino.

Envasado: Se debe colocar la harina en un envase completamente cerrado para evitar que ingrese humedad en su interior.

A continuación en la FIGURA 1, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de la harina de melloco.

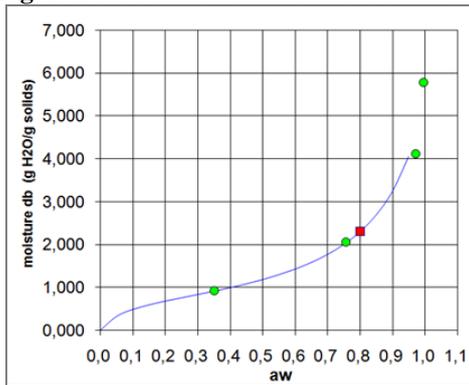
Figura 1. Diagrama del proceso de secado del melloco.



3.3 Isotermas de absorción

Para la elaboración de la isoterma de absorción, se utilizó el método isopiéstico en el cual la sílica gel fue el medio desecante. Esta prueba se la realizó por triplicado a 30°C. Una vez armado el sistema, se colocó en una estufa a una temperatura de 30°C por intervalos de 30 minutos. En cada intervalo, se tomaron datos de humedad y de A_w , los cuales sirvieron para elaborar la isoterma. Estos datos se los introdujo al programa Water Analyzer ajustado a la ecuación de GAB.

Figura 2. Isoterma de absorción del melloco.



Por medio de este programa se determinó que el valor de la monocapa de BET en la gráfica fue 0.7211 g. H₂O / g. s.s. y que el valor de R² es de 0.9662913.

3.4 Proceso de secado

Se utilizó un secador de bandeja. Para la obtención de datos precisos para la curva de secado, es necesario controlar que los parámetros del secador se mantengan dentro del rango indicado. Estos parámetros se muestran a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros del proceso de secado.

| PARÁMETROS | RANGO |
|---------------------|----------------|
| Temperatura de aire | 50 ± 2 °C |
| Velocidad de secado | 0.5 ± 0.05 m/s |
| Humedad relativa | 20 ± 3 % |

El método de secado es el descrito en el apartado 3.2.2. Se tomaron los datos de peso, temperatura, flujo de aire y humedad relativa cada 5 minutos hasta llegar a peso constante. El área de secado de 4126.8 cm².

3.4.1 Curvas de Secado

Las curvas de secado nos dan la información sobre la velocidad de secado del alimento bajo condiciones determinadas. Una vez obtenidos los datos del secado, se procedió a realizar los cálculos para la elaboración de la curva de secado.

Para el cálculo de la Humedad en Base Seca (X_t), es necesario utilizar la siguiente formula:

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} \quad \text{Ec. 1}$$

Para la determinación de la humedad de equilibrio es necesario conocer la isoterma del producto (Figura 2) y los datos de las condiciones de trabajo del secador (Tabla 4). Con la humedad relativa del aire caliente, se ingresa a la isoterma y se procede a leer la actividad de agua lo que se transformará en la humedad de equilibrio. La humedad de equilibrio obtenida para el melloco es de 0.6 gH₂O / g s.s.

Para determinar la Humedad Libre del producto (X), se aplica la fórmula:

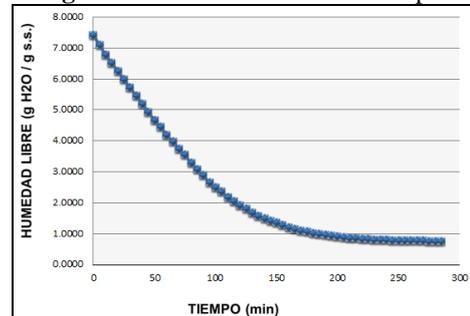
$$X = X_t - X^* \quad \text{Ec. 2}$$

Para calcular la Velocidad de Secado (Rc):

$$Rc = \frac{W_s}{A} * \frac{\Delta X}{\Delta t} \quad \text{Ec. 3}$$

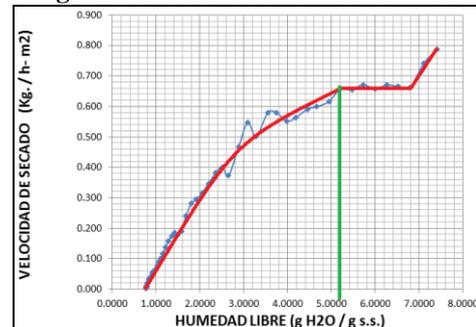
Esta grafica muestra como disminuye la humedad libre en función del tiempo.

Figura 3. Humedad libre Vs. Tiempo.



Por medio de la curva de Velocidad de Secado, se puede obtener el valor de la Humedad Crítica.

Figura 4. Curva de velocidad de secado.



Para este grafico el valor de la humedad crítica de la harina de melloco es de 5.2 gH₂O / g s.s.

3.5 Caracterización de la harina

Para la caracterización de la harina, fueron necesarios análisis de contenido de carbohidratos, proteínas, grasa, humedad y cenizas. Los resultados de los análisis se los detalla en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros del proceso de secado.

| PARÁMETROS | VALOR | MÉTODO |
|---------------|--------------|-------------|
| Carbohidratos | 80.4 ± 0.20% | AOAC 939.03 |
| Proteínas | 8.43 ± 0.05% | AOAC 920.87 |
| Grasas | 1.23 ± 0.05% | AOAC 923.05 |
| Humedad | 5.27 ± 0.03% | AOAC 925.09 |
| Cenizas | 4.67 ± 0.03% | AOAC 920.26 |

4. Obtención de sopas instantáneas a base de harina de melloco

Una vez que se ha realizado con éxito el secado del melloco y seguido del proceso de pulverizado para la obtención de la harina de melloco; se procede a realizar pruebas con condimentos y especias secos para elaborar distintas formulaciones que servirán para la obtención de la mejor la sopa de melloco.

4.1 Ingredientes

Los ingredientes que se utilizaron para la elaboración de la formulación de la sopa deshidratada de melloco, fueron ingredientes totalmente secos, lo cual era de gran importancia para que estos no aporten con contenido de humedad a la mezcla de la sopa.

4.2 Formulaciones

Para la elaboración de la sopa de melloco se realizaron diversas mezclas de condimentos y especias que le daban un sabor diferente a cada una de ellas; unas de las más aceptadas son las formulaciones que se muestran en la Tabla 6 de este capítulo.

Tabla 6. Formulación de la sopa de melloco.

| FORMULACIÓN 1 | | FORMULACIÓN 2 | |
|----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| Ingredientes | Cantidad (%) | Ingredientes | Cantidad (%) |
| Harina de Melloco | 54.82 | Harina de Melloco | 64.94 |
| Leche en polvo | 31.17 | Leche en Polvo | 18.46 |
| Sal | 7.61 | Sal | 9.01 |
| Ajo | 2.44 | Ajo | 2.89 |
| Orégano | 2.01 | Orégano | 2.38 |
| Glutamato Monosódico | 0.94 | Glutamato Monosódico | 1.12 |
| Pimienta | 0.54 | Pimienta | 0.64 |
| Comino | 0.47 | Comino | 0.56 |

Se puede observar que la FORMULACIÓN 1 tiene un mayor contenido de leche en polvo.

4.2.1 Evaluación sensorial

Con las 2 formulaciones obtenidas en el apartado 4.2, se procede a realizar la evaluación sensorial de las mismas. Para esta prueba se requirió la ayuda de 30 jueces, los cuales debían ser no entrenados ya que así se podía obtener una opinión como consumidor.

Mediante el análisis de varianza, se evalúa el resultado obtenido de las pruebas sensoriales de los jueces; para determinar si reduciendo la cantidad de leche en polvo en la Formulación 2 de la sopa de melloco, incide en el sabor de la misma.

Por medio de este análisis se obtuvo los siguientes valores:

| | |
|---------------|------|
| N (1, 29; 5%) | 4.18 |
| N (1, 29; 1%) | 7.60 |

Referencia: Andalzua- Morales, 1994. (16)

Por lo cual es F_c es mayor a F teórico, tanto para el nivel de confianza del 5% como para el nivel de confianza del 1%. Con lo que se comprueba que este sí incide en la opinión de los jueces.

4.2.2 Aporte nutricional y energético

Para conocer el aporte nutricional de la sopa de melloco, se realizó un análisis mediante un laboratorio acreditado, para lo cual se acudió a PROTAL. Estos análisis se realizaron en base a la tabla de contenido de nutricional. Se escogieron los nutrientes que se encontraban en mayor proporción y luego se comparó para determinar si existe pérdida de nutrientes en el tratamiento de secado. En la Tabla 7, se puede observar el análisis nutricional que se obtuvo por cada 100g de sopa.

Tabla 7. Análisis nutricional (% / 100g de sopa).

| Componente | Cantidad |
|------------------------------|----------|
| Carbohidratos | 71.51% |
| Proteínas | 8.53% |
| Grasas | 6.52% |
| Humedad | 5.49% |
| Cenizas | 12.15% |
| Fibra | 1.29% |
| Vitaminas y Minerales | |
| Hierro | 6.03% |
| Calcio | 619.96% |

Referencia: PROTAL, 2011.

Cabe recalcar que el elevado índice de Calcio se debe a que se utilizó una leche con un alto contenido de Calcio para que aporte con más nutrientes a la sopa.

4.2.3 Rehidratación

El proceso de rehidratación depende mucho de las condiciones de secado y de la materia prima, para lo cual se llevaron a cabo varias pruebas. Se tomó la temperatura de gelificación en función del tiempo. El resultado del proceso es el que se indica a continuación en la TABLA 16.

Tabla 8. Rehidratación de la harina de melloco.

| PRUEBA | RELACIÓN MELLOCO – AGUA | TIEMPO (min) | T (°C) |
|--------|----------------------------|-----------------|-----------|
| 1 | 1:10 | 5 | 92.3 |
| 2 | 1:15 | 9 | 92.7 |
| 3 | 1:20 | 12 | 92.8 |
| 4 | 1:25 | 16 | 92.6 |
| 5 | 1:30 | 21 | 92.5 |

Mediante este experimento se pudo observar que la temperatura de gelificación es a los 92.6 ± 0.14 °C.

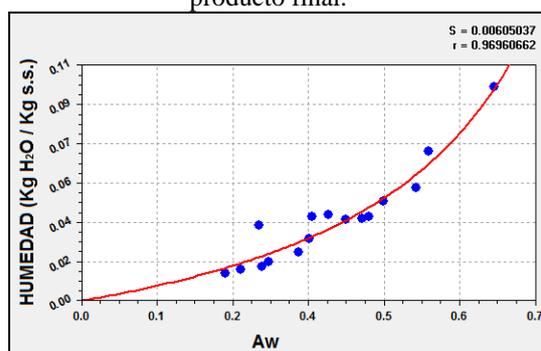
4.3 Estabilidad

Por medio de la estabilidad del producto, se podrá determinar cuál va a ser el tiempo de vida útil del producto cuando se encuentra en percha, sin que se modifiquen sus propiedades organolépticas.

4.3.1 Determinación de la Humedad crítica

Se sometió a vapor de agua 10g. de sopa por intervalos de 10 segundos, para observar si existe cambios físicos. Los valores iniciales de humedad y de Aw de la sopa son: $6.03 \pm 0.02\%$ y 0.267 ± 0.02 , respectivamente. Se realizaron lecturas por intervalos de 30 minutos, hasta observar algún cambio físico que en este caso fue el apelmazamiento. Por medio de este análisis, se obtuvo valores de humedad y de actividad de agua con los cuales se pudo elaborar la isoterma por medio del programa CurveExpert.

Figura 4. Isoterma de absorción y desorción de producto final.



Por medio del programa, se obtuvo un valor de $R^2=0.96960662$.

4.4 Cálculos de Permeabilidad al vapor de agua en empaque

Para poder seleccionar que tipo de empaque debe usar el producto, es necesario conocer cuáles son las condiciones ambientales a las que va a estar sometido el producto. Se tomó como referencia empaques ya existentes en el mercado, por lo que se obtuvo el área del empaque de 0.018125 m².

La Ecuación 4, permite calcular la permeabilidad a la transmisión de vapor de agua requerida (k/x) para que el producto se mantenga en óptimas condiciones.

$$\ln \tau_c = \left(\frac{k}{x} \right) \frac{A}{w_s} \frac{P_o}{b} \theta \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

$\ln \tau$ = Contenido de humedad no completado (tendencia de permeabilidad del empaque).

$\frac{k}{x}$ = Permeabilidad máxima del empaque (g H₂O/día m² mmHg).

A = Área del empaque (m²).

w_s = Peso de sólidos secos (g).

P_o = Presión de vapor de agua a la temperatura T (mmHg).

b = Pendiente de la isoterma (tangente entre la Humedad Crítica y la Humedad Inicial).

Para calcular la humedad de equilibrio en la isoterma de producto terminado, es necesario conocer los valores de humedad relativa del ambiente al que va a estar sometido el producto, para lo cual se escogió a la ciudad de Guayaquil que tiene una humedad relativa y una temperatura ambiente de $75 \pm 2\%$ y 31 ± 1 °C, respectivamente. Los resultados de los datos obtenidos para el cálculo de la pendiente de la isoterma, se los puede observar en la TABLA 18.

Tabla 9. Contenido de humedad en base seca (gH₂O/g s.s.).

| | | |
|-----------------------|-------|---------|
| Humedad Inicial | m_o | 0.06416 |
| Humedad Crítica | m_c | 0.09673 |
| Humedad de Equilibrio | m_e | 0.19 |

El valor de b (pendiente de la isoterma) se obtiene mediante la ecuación 6:

$$b = \left(\frac{m_c - m_o}{aw_c - aw_o} \right) \quad \text{Ec. 6}$$

El $\ln T_c$, fue determinado por la siguiente ecuación:

$$\ln \tau_c = \ln \left(\frac{m_e - m_o}{m_e - m} \right) \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

m_e = Contenido de humedad en la isoterma que está en equilibrio con la temperatura y humedad externa.

m_o = Contenido de humedad inicial en base seca.

m = Contenido de humedad a un determinado tiempo, humedad crítica.

Tabla 10. Datos para cálculo de tiempo de vida útil de la sopa.

| Datos | Valor | Unidades |
|----------|--------|----------------|
| Ln Tc | 0.2995 | - |
| b | 0.325 | - |
| Po | 35.663 | mm Hg |
| A | 0.0186 | m ² |
| Ws | 56.4 | g |
| Θ | 240 | días |

Una vez que se obtenidos los datos, se procede a despejar la permeabilidad máxima de empaque (k/x) de la Ecuación 4.

$$\left(\frac{k}{x} \right) = \frac{\ln \tau_c \cdot w_s \cdot b}{A \cdot P_o \cdot \theta} \quad \text{Ec. 6}$$

Se obtuvo una máxima permeabilidad de empaque de 3.4484×10^{-2} g H₂O/día m² mmHg.

5. Conclusiones, observaciones y recomendaciones

Conclusiones

Para la obtención de una harina de melloco de óptima calidad, se determinó que el melloco debe de tener un diámetro aproximado de 4.48 ± 0.92 cm, el peso debe de ser 7.15 ± 0.59 g., grado de madurez de 207, contenido de humedad $88.9 \pm 0.4\%$, actividad de agua 1.000 ± 0.002 , pH 5.695 ± 0.005 , Acidez $0.3908 \pm 0.0001\%$.

Debido al gran contenido de agua de la materia prima, se obtiene un rendimiento aproximado de 200g de harina de melloco por cada 5 Kg de melloco, por lo que se puede decir que no es rentable usar el melloco para solo obtener harina, sino que con el residuo del

melloco, es preferible hacer un subproducto ya que se podría aprovechar el elevado contenido de almidón, el cual podría usarse para gelificación u otros subproductos.

Haciendo un seguimiento por 7 días a una temperatura constante de 28°C, la textura recomendable para el melloco fue la del día 7, de la cual se obtuvo una mayor pérdida de peso la cual fue de $25.09 \pm 0.28\%$ y un valor de dureza de $656,0 \pm 1.45$ g, lo que indica que habrá menor la cantidad de agua a remover en el proceso de secado.

La isoterma de absorción determina el comportamiento intrínseco del melloco en cuanto a su contenido de agua y se determinó que el valor de la monocapa de BET en la gráfica fue 0.7211 g. H₂O / g. s.s. y el valor de $R^2 = 0.9662913$.

La humedad crítica de la harina de melloco es de 5.2 gH₂O / g s.s., la cual se encuentra entre la zona I y la zona II de la curva de velocidad de secado. Se pudo comprobar que la Zona I de la curva de velocidad de secado es más prolongada que las otras 2 zonas, esto quiere decir que a partir de la humedad de equilibrio, el agua se libera con mayor facilidad.

Se determinó que al disminuir el contenido de leche en la segunda formulación, esta si afectaba a sus propiedades sensoriales y a la decisión de los jueces.

El proceso de rehidratación depende mucho de las condiciones de secado y de la materia prima, mediante este experimento se pudo observar que la temperatura de gelificación es a los 92.6 ± 0.14 °C.

La determinación de la humedad crítica, es fundamental para calcular la permeabilidad de vapor de agua en el empaque. Se pudo determinar que la sopa mantenía sus características físicas hasta una humedad de $8.82 \pm 0.02\%$, el cual corresponde a una humedad en base seca de 0.09673 g H₂O / g s.s. A partir de este punto, la sopa presentó apelmazamiento y grumos en su superficie. Al realizar la rehidratación y formulación de la sopa, se observó y comprobó que esta no presentaba cambios en su sabor, por lo que se determinó que este era el punto de humedad crítica.

Se consideró a la ciudad de Guayaquil como condiciones ambientales a las que va a estar sometido el producto; el cual tiene una humedad relativa y una temperatura ambiente de $75 \pm 2 \%$ y 32 ± 1 °C. Para este producto se obtuvo una máxima permeabilidad de empaque de 3.4484×10^{-2} g H₂O/día m² mmHg.

Observaciones y Recomendaciones

Se debe de realizar un pretratamiento al secado para que la temperatura de gelificación disminuya al valor obtenido que fue de 92.6 ± 0.14 °C.

Debido al elevado contenido de agua en el melloco de 84.34 %, es necesario realizar un tratamiento previo para disminuir la mayor cantidad de agua posible.

Se debe controlar que los parámetros del secador se mantengan dentro del rango indicado: Temperatura de aire 50 ± 2 °C, velocidad de secado 0.5 ± 0.05 m/s, humedad relativa de 20 ± 3 %.

Los ingredientes que se utilizaron para la elaboración de la sopa, fueron ingredientes totalmente secos, lo cual era de gran importancia para que estos no aporten con contenido de humedad a la mezcla de la sopa.

6. Bibliografía

- [1] ANZALDÚA–MORALES, Antonio. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. 1994. Págs. 67 – 75.
- [2] BARRERA V., TAPIA C., MONTEROS A., Raíces y tubérculos andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, Ecuador. 2004. Págs. 28 – 38.
- [3] BRAUNA R., Técnicas de procesamiento de granos que mejoran la eficiencia alimentaria en la producción animal. Universidad Nacional de la Pampa – Facultad de agronomía. 2003. Págs. 8 – 14.
- [4] CIP, COTESU, CONSESAN. Programa colaborativo Biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. 1995. Págs. 12 – 17.
- [5] ESPINOZA P., VACA R., ABAD J., CRISMAN C., Raíces y tubérculos Andinos: Cultivos marginados en el Ecuador. Situación actual y limitaciones para la producción. Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador. 1997.
- [6] ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación NTC 4482 – Sopas y Cremas. Industria Alimentaria. Bogotá – Colombia. 1998. Disponible en internet: <http://www.sinab.unal.edu.co/ntc/NTC4482.pdf>
- [7] LABUZA, Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm, Measurement and Use, University of Minnesota, 1984.
- [8] LEÓN J., Botánica de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica. 2000. Págs. 34 – 37.
- [9] MARÍN E., LEMUS R., FLORES V., VEGA A., La rehidratación de alimentos deshidratados. Revista Chilena de nutrición. 1996. Registro Municipal de Montevideo. Volumen 14.
- [10] RUIZ M., Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. 2da Edición. Tomo II. 2010. Págs. 48 – 60.
- [11] TAPIA M., La Agricultura Andina: El medio, los cultivos y los sistemas agrícolas en los andes del sur de Perú. 1982. Págs. 27 – 34.
- [12] Los Alimentos. Guía Nutricional. Disponible en internet: <http://alimentos.org.es/leche-polvo-entera>
- [13] Ministerio de Salud – Departamento de Asesoría Jurídica. Reglamento Sanitario de los Alimentos. 2010. Disponible en internet: <http://es.scribd.com/doc/49819306/21/TITULO-XXII-DE-LOS-CALDOS-Y-SOPAS-DESHIDRATADAS>
- [14] Secado de Alimentos Vegetales. Disponible en internet: <http://es.scribd.com/doc/42948164/Secado-de-alimentos>
- [15] ESPOL. FIMCP. Disponible en internet: <http://www.espol.edu.ec/espol/main.jsp?urlpage=tour.jsp>
- [16] Universidad Nacional Experimental de Yaracuy. Disponible en internet: <http://practicasingtegrales.files.wordpress.com/2007/09/practica-2.pdf>
- [17] Vimos C., Nieto C., Rivera M., El Melloco: Características, técnicas de cultivo y potencial en Ecuador. Págs. 8 – 14.

Certifico que he revisado el artículo Desarrollo de sopa instantánea a partir de Harina de Melloco Ullucus Tuberosus **de la Srta.**

| |
|--|
| MARJORIE VANESSA VELÁSQUEZ FIGUEROA |
| TÍTULO A OBTENER: INGENIERA DE ALIMENTOS |
| No. MATRÍCULA: 200216000 |

Por lo tanto autorizo que el CICYT recepte el artículo.

Al final los nombres y apellidos completos del director de tesis, indicando la unidad académica que labora.

Ing. Fabiola Cornejo Zúñiga.
DIRECTORA DE TESIS

Marjorie V. Velásquez Figueroa.