

OBTENCIÓN DE PASTA DE CACAO REFINADA POR TECNOLOGÍA DE MOLINO DE PIEDRAS

Elizet Rodríguez-Sierra, Leyra Llanes-Herrera, Ma. Cristina Jorge-Cabrera*

e Ivania Rodríguez-Álvarez

Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, carretera al Guatao km 3 1/2,

La Habana, C.P. 17100, Cuba. E-mail: elizet@iia.edu.cu

Recibido: 10-05-2022 / Revisado: 16-05-2022 / Aceptado: 19-05-2022 / Publicado: 23-05-2022

RESUMEN

El empleo de molinos de piedras para el procesamiento de los granos de cacao es una alternativa para la producción de chocolate a pequeña escala. Con este proyecto se determinó el tiempo de refinado de las partículas para la obtención de la pasta de cacao para diferentes propósitos. Se seleccionó la línea de producción de pasta de cacao de forma artesanal a escala de laboratorio. Durante el proceso de refinación se midió el diámetro promedio de las partículas cada 15 min durante 5 h. Este proceso se realizó por triplicado y se obtuvo la granulometría de 75, 50 y 30 μm transcurridos 150, 225 y 285 min de refinación, respectivamente. De forma general, con los valores obtenidos se ajustó un modelo matemático que explica la reducción del tamaño de las partículas con este tipo de molino de piedras.

Palabras clave: cacao, refinado, tamaño de partícula, molino de piedras.

ABSTRACT

Obtaining refined cocoa paste by stone milling technology

The use of stone mills for the processing of cocoa beans is an alternative for the small-scale production of chocolate. With this project, the refining time of the particles was determined to obtain cocoa paste for different purposes. The cocoa paste production line was on a laboratory scale and artisanal. During the refining process, the average diameter of the particles was measured every 15 min for 5 h. This process was carried out in triplicate and the granulometry of 75, 50 and 30 μm was

obtained after 150, 225 and 285 min of refining, respectively. In general, with the obtained values, a mathematical model was adjusted, that explains the reduction in the size of the particles for this type of stone mill.

Keywords: cocoa, refined, particle size, stone mill.

INTRODUCCIÓN

El chocolate es un alimento muy apreciado por su atractivo sensorial (1, 2). Su constituyente principal, el cacao, debe ser procesado para elaborar los diversos productos que se conocen en el mercado mundial (3). Existen diferentes equipamientos para el procesamiento de las habas de cacao, los cuales suelen tener altos precios por estar enfocado a grandes volúmenes, por lo que los pequeños y medianos productores de chocolate han tenido la necesidad de emplear otras alternativas de producción (4).

Debido a la tendencia actual de consumo de chocolates orgánicos, con alto contenido de cacao y mínimamente procesados, la alternativa hallada fue un equipamiento pequeño y antiguo que responde por sus características a este tipo de producción artesanal. En este sentido el equipamiento comúnmente seleccionado por los pequeños productores de chocolate es el refinador llamado *melanger* o molino de piedras (5). Se conoce que desde 2006 los molinos de piedras tipo *melanger* han sido usados para la producción de chocolates a pequeña escala. Hoy en día ya existen en el mercado otros desarrollos de *melangers* que responde a la

creciente popularidad de los chocolates *beans to bar* (del grano a la barra de chocolate).

Esta tecnología tiene como desventaja largos períodos de tiempo para refinar la masa hasta un tamaño de partícula apropiado para un chocolate. Cuando se refina el cacao para obtener pasta o licor de cacao, el tamaño de partícula adecuado abarca de 50 a 75 μm , por tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la relación que existe entre el tiempo de refinado y diámetro promedio de las partículas que se obtienen durante la refinación, para poder lograr una granulometría conveniente sin emplear un tiempo de trabajo excesivo del equipo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la investigación se trabajó con la línea de laboratorio para el procesamiento de cacao, de la marca Cocotown (Roswell, EE. UU.), que consta de tostador, molinillo, triturador y *melanger* o molino de piedras. Los granos de cacao (Baracoa, Cuba) fueron tostados a una temperatura de 130 °C durante 60 min en el tostador rotatorio de 3 kg de capacidad, sometidos a un proceso de molienda y descascarado. La cáscara se separó del cotiledón de forma artesanal aplicando aire, donde la cáscara, debido a su muy ligero peso vuela y los pedazos de cotiledón (granilla) quedan en el recipiente.

Los cotiledones fragmentados o granilla obtenidos de la molienda se pre refinaron en el triturador de 500 g de capacidad durante intervalos de tiempo de 1 a 2 min, en primera velocidad, removiendo la masa adherida a las paredes del vaso del triturador con la ayuda de una paleta plástica, para facilitar uniformidad de la granilla a obtener. La granilla (2,5 kg) fue refinada en un molino de piedras con rodillos cónicos, la cual se adicionó gradualmente, para evitar atascamientos en el refinador.

El diámetro promedio de partículas (D_p) se realizó a partir de 10 mediciones con micrómetro Discover de precisión 0,01 mm (6). Durante el proceso de refinación se midió el D_p cada 15 min durante 5 h. Este proceso se realizó por triplicado. Además, se determinó el tamaño de las partículas ($D_{4,3}$) en un microscopio óptico Olympus mod. BHB (Tokio, Japón). Las muestras de pasta de cacao refinadas se colocaron en un portaobjeto con escala 100 μm . Para las mediciones de las partículas se usó un aumento de 100x. Cada muestra fue analizada por duplicado y los resultados se expresaron como promedios (7).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Fig. 1 muestra la reducción de tamaño de las partículas de cacao durante la refinación, así como los valores de la

desviación estándar entre las muestras estudiadas. De forma general se observa que, al haber transcurrido 45 min, existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la reducción del tamaño de partículas entre los intervalos de tiempo medidos (cada 15 min). Esto puede deberse a que, al principio, el contenido mayoritario de la manteca de cacao se encuentra retenida aún en las células del grano, existiendo una mayor área de superficie específica expuesta que facilita la refinación.

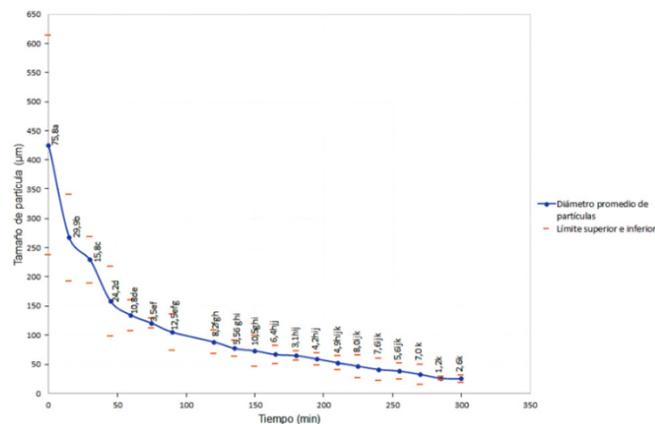


Fig. 1. Comportamiento de la granulometría promedio durante la refinación del licor de cacao en un molino de piedras (*melanger*).

A medida que la manteca de cacao se libera y se alcanza el punto de fusión de la misma debido al incremento de la temperatura ocasionado por la fricción de las piedras, no se evidenciaron diferencias significativas entre los intervalos de tiempos medidos. Asimismo, al hacerse el licor de cacao cada vez más líquido, el contacto entre los rodillos de piedras y las fuerzas de cizallamiento es menor y por consiguiente se requieren mayores intervalos de tiempo en la reducción de las partículas.

En este estudio al haber transcurrido 150 min se alcanzó el D_p adecuado para un licor de cacao (75 μm) destinado para la obtención de cacao en polvo y manteca de cacao como se establece en la norma cubana (8). Si lo que se desea es utilizar el licor de cacao para prensar y obtener manteca de cacao y cacao en polvo, este no debe ser refinado tan finamente, ya que tamaños muy pequeños bloquearían los filtros en la prensa e imposibilitarían remover la manteca de cacao eficientemente (9).

Sin embargo, cuando esta materia prima es destinada para la fabricación de masas de chocolate, sí se desea menor fineza, de hasta 50 μm , debido a la necesidad de extraer tanto como sea posible la manteca de cacao de las células duras donde se encuentra contenida. En el chocolate, la fase lipídica debe estar lo suficientemente disponible para recubrir el resto de las

materias primas utilizadas en la formulación y que además quede libre para garantizar las características reológicas deseadas en el chocolate (10). En ese sentido, la viscosidad y el esfuerzo de fluencia están estrechamente relacionados con las aplicaciones del producto, dígame bombeo, moldeado, bañado de superficies, extrusión, etc. (11). Una vez transcurridos 225 min se alcanzó $D_p = 50 \mu\text{m}$.

El tamaño de partícula final de un chocolate depende de su tipo y del mercado hacia dónde va dirigido (9). Se puede considerar que un chocolate está terminado cuando la granulometría se acerca a $20 \mu\text{m}$ por la suavidad en la textura que se percibe (12), ya que el paladar humano no es capaz de percibir tamaños inferiores a $30 \mu\text{m}$ (3). Chocolates europeos han sido descritos con un tamaño de partícula de 15 a $22 \mu\text{m}$, mientras que en América los consumidores aceptan valores entre 20 y $30 \mu\text{m}$ (3). En el *melanger* los tamaños de partículas promedio de la pasta de cacao en el rango de 25 a $32 \mu\text{m}$ se alcanzaron al haber transcurrido 270 a 300 min y no existieron diferencias significativas entre estos intervalos.

De forma general, con los valores de tamaño de partícula se ajustó un modelo exponencial (ecuación 1), que es capaz de explicar más del 96 % del comportamiento en la reducción del tamaño promedio de las partículas para este tipo de molino de piedras.

$$D_p = 201,79 \cdot \exp(-0,0035 \cdot t) + 266,47 \cdot \exp(-0,044 \cdot t) - 46,56$$

$$R^2 = 96,7 \quad \text{Ec. 1}$$

Donde D_p : tamaño de partículas promedio; t : tiempo.

El modelo matemático coincide con el reportado para la molienda por lotes:

$$w_i(t) = \sum_{j=1}^i a_{ij} \exp(-S_j \cdot t) \quad \text{Ec. 2}$$

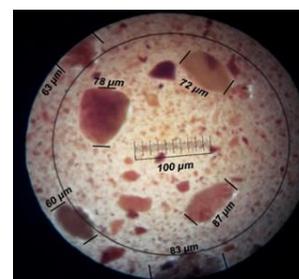
donde $w(t)$ es la fracción de partículas después de un tiempo (t), S_j es la velocidad específica de fractura y a es el coeficiente de la ecuación (13).

Para la validación de este modelo matemático se escogieron cinco valores de tamaño de partículas (Tabla 1), donde se evidenció estadísticamente que no hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los valores teóricos calculados por la ecuación y los datos reales recopilados en la práctica al refinar en el equipo. Tampoco hubo diferencias significativas entre los valores inferidos por la ecuación matemática y los calculados según $D_{4,3}$, para 75, 50 y $30 \mu\text{m}$.

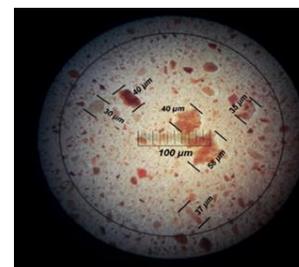
Tabla 1. Criterios para la validación del modelo matemático

| TP teórico (μm) | TP práctico (μm) | Tiempo de refinación (min) |
|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 73,7 | 74,0 | 150 |
| 61,6 | 68,0 | 180 |
| 41,2 | 45,0 | 240 |
| 32,5 | 40,0 | 270 |
| 28,5 | 27,5 | 285 |

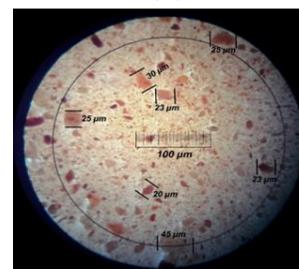
La Fig. 2 ilustra muestras de pasta de cacao tomadas con el microscopio óptico, las que fueron empleadas para el cálculo de $D_{4,3}$.



(a)



(b)



(c)

Fig. 2. Imágenes tomadas del microscopio a las partículas de cacao refinadas durante 150min (a), 225 min (b) y 285 min (c).

CONCLUSIONES

Con la finalidad de garantizar la correcta utilización del molino de piedras se estimó que para la obtención del licor de cacao con las granulometrías de 75, 50 y 30 μm , deben transcurrir 150, 225 y 285 min de refinación, respectivamente. La ecuación de predicción evaluada fue efectiva para inferir el tamaño promedio de las partículas durante la refinación con el equipamiento empleado.

REFERENCIAS

1. Fowler MS. Cocoa beans: from tree to factory, in industrial chocolate manufacture and use, 4th edn (ed. S. T. Beckett). Blackwell Publishing, Oxford, pp. 137-52; 2009.
2. Sturny A. Raising the bar: A story of bean to bar chocolate production in New Zealand. Master's thesis. Auckland, Zealand: University of Technology; 2019.
3. Beckett ST. Cocoa bean processing. The science of chocolate. Cambridge, United Kingdom: The Royal Society of Chemistry; 2008.
4. Jorge MC, Calás I, García Y, de Hombre R, Beltrán C, Brito Y. Incidencia de la tecnología WaFa (sistema completo) en las características sensoriales del chocolate. *Cienc Tecnol Aliment* 2011; 21(1):45-9.
5. Clark C. Effects of time and temperature during melanging on the volatile profile of dark chocolate. Master's thesis. Fort Collins, Colorado: Colorado State University; 2019.
6. Beckett ST. The science of chocolate. Cambridge, United Kingdom: The Royal Society of Chemistry; 2018.
7. McClements D. Food Emulsions: Principles, Practices and Techniques. CRC Press, Boca Ratón, FL, USA; 2015.
8. NC – 1050. Cacao en polvo (Cocoa micropulverizada) — Especificaciones; 2014.
9. Afoakwa, E. Chocolate science and technology.: A John Wiley and Sons Ltd; 2010.
10. Beckett ST. Using science to make the best chocolate. *New Food* 2006; 3(3):1-10.
11. Gonçalves EV, Lannes, S.C.S. Chocolate rheology. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2010; 30(4):845-51.
12. Cobigo M, Lachenaud P, Barel M. Dossier Cacao. *La Lettre du Conseil Scientifique. Parc Naturel Regional de la Guyane* (2), p 4; 2018.
13. Austin L, y Concha F. Diseño y simulación de circuitos de molienda y clasificación. CYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el

Desarrollo. Subprograma de Tecnología Mineral. Red de Fragmentación XIII-A. Chile; 1994.