

Effect of Grinding and Sieving on the Coffee Properties: A Systematic Review

Nayhsa Karolyne Justiniano¹, María Laura Velásquez¹, Fabiola Gabriela Zenteno¹, Meliza Lindsay Rojas, Dr.^{2*}

¹Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú.

nayhsajustinianosaez@gmail.com, valderrama.marialaura09@gmail.com, fabiola31103@gmail.com

²Dirección de Investigación, Innovación y Responsabilidad Social, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú.

meliza.rojas@upn.edu.pe

*Corresponding author: meliza.rojas@upn.edu.pe (M.L. Rojas); Av. Del Ejército 920, Trujillo, 13001.

Abstract– The coffee bean is widely used in industries in order to transform it into a product apt for human consumption. The processing of coffee requires unitary operations such as harvesting, conditioning, roasting, grinding, sifting, and packaging, which determine the final quality of the coffee. While roasting is known to confer sensory characteristics, grinding and sieving will influence how the flavor and color compounds are extracted. However, to date there are no systematic reviews in this regard. The objective of this review is to describe and analyze information regarding the application of grinding and sieving in coffee, and to explain their effects on the properties of coffee. The systematic review was conducted under the PRISMA model, the search was conducted in recognized databases, and in a range of 7 years (2015-2021). Thirty-one articles were finally selected to perform the systematic review. As results it was found that grinding is performed to reduce the coffee beans by dividing and/or fractioning, which implies only a physical transformation that should preserve the characteristics of the initial raw material; while sieving retains the larger particles above a certain size, leaving the small particles to pass according to the requirements for the types of coffee. The granulometry of roasted and ground aged coffee is around $610 \pm 13.2 \mu\text{m}$ and for roasted and ground untreated coffee is $590 \pm 14.8 \mu\text{m}$. Among the general properties of coffee that will be altered by grinding and sieving are aroma and flavor. If the conditions are adequate, a coffee with an ideal aroma and flavor will be obtained; on the contrary, if the grinding is coarse the coffee will be watery, without aroma or cream, and if it has a floury consistency, it will have less aroma and more bitterness. However, it is important to mention that the properties of coffee also depend on the origin, variety picked, drying and roasting of the coffee. Therefore, it can be concluded that there should be adequate conditions of grinding and sieving so that the coffee particles during its use present positive effects, providing and intensifying its aroma and flavor of the final beverage.

Keywords– coffee, granulometry, sieving, grinding, coffee properties.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.106>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

Efecto de la Molienda y Tamizado en las Propiedades del Café: Una Revisión Sistemática

Justiniano Nayhsa Karolyne¹, Velásquez María Laura¹, Zenteno Fabiola Gabriela¹, Meliza Lindsay Rojas, Dr.^{2*}

¹Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú.

nayhsajustinianosaez@gmail.com, valderrama.marialaura09@gmail.com, fabiola31103@gmail.com

²Dirección de Investigación, Innovación y Responsabilidad Social, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú.
meliza.rojas@upn.edu.pe

*Corresponding author: meliza.rojas@upn.edu.pe (M.L. Rojas); Av. Del Ejército 920, Trujillo, 13001.

Resumen– El grano de café es ampliamente utilizado en las industrias con el fin de transformarlo en un producto apto para el consumo humano. El procesamiento del café requiere operaciones unitarias como cosecha, acondicionamiento, tostado, molienda, tamizado y empaque, las cuales determinan la calidad final del café. Si bien se sabe que el tostado confiere características sensoriales, la molienda y el tamizado influirán en cómo se extraen los compuestos de sabor y color. Sin embargo, hasta la fecha no existen revisiones sistemáticas al respecto. El objetivo de esta revisión es describir y analizar información sobre la aplicación de la molienda y el tamizado en el café, y explicar sus efectos en las propiedades del café. La revisión sistemática se realizó bajo el modelo PRISMA, la búsqueda se realizó en bases de datos reconocidas, y en un rango de 7 años (2015-2021). Finalmente se seleccionaron 31 artículos para realizar la revisión sistemática. Como resultados se encontró que la molienda se realiza para reducir los granos de café por división y/o fraccionamiento, lo que implica únicamente una transformación física que debe conservar las características de la materia prima inicial; mientras que el tamizado retiene las partículas más grandes por encima de cierto tamaño, dejando que las partículas pequeñas pasen según los requisitos de los tipos de café. La granulometría del café añejo tostado y molido ronda los $610 \pm 13,2 \mu\text{m}$ y la del café sin tratar tostado y molido es de $590 \pm 14,8 \mu\text{m}$. Entre las propiedades generales del café que se verán alteradas por la molienda y el tamizado se encuentran el aroma y el sabor. Si las condiciones son las adecuadas se obtendrá un café con un aroma y sabor ideal; por el contrario, si la molienda es gruesa el café será aguado, sin aroma ni crema, y si tiene una consistencia harinosa, tendrá menos aroma y más amargor. Sin embargo, es importante mencionar que las propiedades del café también dependen del origen, variedad recolectada, secado y tostado del café. Por lo tanto, se puede concluir que deben existir condiciones adecuadas de molienda y tamizado para que las partículas de café durante su uso presenten efectos positivos, aportando e intensificando su aroma y sabor de la bebida final.

Palabras clave– café, granulometría, tamizado, molienda, propiedades del café.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años atrás, el café se ha mantenido como una de las bebidas de mayor consumo en el mundo, por sus propiedades organolépticas. El café como tal, es la semilla de la planta y se encuentra en el interior de la baya, que contiene dos semillas envueltas por una membrana semi rígida transparente, llamada pergamino [1]. Los granos de café contienen antioxidantes como cafeína, ácidos fenólicos (cafeico

y clorogénico), polifenoles y alcaloides; el contenido de estos componentes varía entre especies y lugar de origen y le dan al café la calidad de alimento funcional y nutracéutico [2].

El café es el primer producto agrícola peruano de exportación y Perú es el séptimo país exportador de café a nivel mundial [3]. Por lo que el grano del café es muy utilizado en las industrias con el fin de transformarlo en un producto apto para el consumo humano. Por consiguiente, para el procesamiento de café es necesario el uso de operaciones unitarias ya sea para el proceso de recolección, acondicionamiento, tostado, molienda, tamizaje, envase y embalaje. De este conjunto de operaciones, el tostado ha venido siendo altamente explorado debido al rol que desempeña en las propiedades del café.

El café verde o también llamado “oro”, es utilizado para el tostado, en pequeños módulos o bien en grandes instalaciones industriales, para posteriormente molerse y envasarse o lixiviarse [4]. Cabe resaltar que, al tostar el café, se usan técnicas que realicen el mínimo deterioro, tanto en el aroma, sabor y cuerpo del café. De igual modo, al tostarse pierde peso debido a la pérdida de humedad, a la descomposición y volatilidad de varios componentes químicos de los cuales está constituido el grano. Durante este proceso va variando el color, al llegar a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ se pierde humedad y el color cambia lentamente a un amarillo intenso, cuando oscila entre los 150 y $180 \text{ }^\circ\text{C}$ los granos adquieren tonalidades como pardo claro al marrón, en este punto los granos se hinchan, pasado eso se percibe un aroma bastante agradable, en este punto los granos han desarrollado el color marrón oscuro. Cuando la temperatura alcanza los $230 \text{ }^\circ\text{C}$, se debe retirar el café del tostador [5].

Una vez realizado el proceso de tostado, existen subsecuentes operaciones que son determinantes en la calidad final del café, entre ellas la molienda y el tamizado.

La molienda es una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas sólidas al dividir y/o fraccionar una muestra sólida, implica solo una transformación física que debe conservar las características de la materia prima inicial [6]. En otras palabras, Ares & Accoroni [7] indican que el proceso de molienda es una operación de acondicionamiento primordial para facilitar la extracción de compuestos, para ello se cuenta con tres diferentes tipos de molinos que actúan con fuerzas diferentes para moler las partículas de materia inicial: molino de bolas que emplea fuerza de impacto, molino de rodillos que combina fuerzas de cizalla y compresión, y molino

de cuchillas que ejerce esencialmente fuerzas de cizalla para llevar a cabo la ruptura.

El grado de molienda en promedio va entre 500 - 700 micras, aunque no existe un parámetro totalmente definido para esto, ya que todo depende del uso final que se le dé al producto [6]. Asimismo, los tres grados de molienda comercial son: grueso, medio y fino. De igual forma existen distintos tipos de molido de los granos de café, lo cual ayuda a lograr obtener el punto exacto y asegurar un exquisito sabor. Molido grueso, café exclusivamente para hervir; molido regular, utilizado en cafeteras percoladoras, eléctricas o a la lumbre y molido fino, para cafeteras que utilicen filtros de papel [5].

Otra de las operaciones unitarias que se incluye en este proceso, es el tamizado que se utiliza como un método de separación por tamaños de partículas y consiste en pasar los sólidos por una serie de mallas llamadas tamices, que tienen aberturas de diferentes medidas, en donde las partículas de menor tamaño pasan a través de las aberturas y las de mayor tamaño quedan retenidas en el tamiz. Al final de la operación se obtienen diferentes tamaños de partícula según la cantidad de tamices utilizados [9]. En otras palabras, un tamiz separa un material determinado en dos fracciones, de las cuales una es retenida por el medio tamizante, también llamada rechazo, y la otra pasa a través de las aberturas del tamiz [3].

Pese a la importancia que representa la molienda y el tamizado en el proceso para hacer café, a la fecha, no existen revisiones sistemáticas que logren englobar e integrar estos dos temas, así como sus efectos en las propiedades del café. Por lo que, con esta revisión sistemática se busca analizar información referente a la aplicación de molienda y tamizado en café, así como describir sus efectos en las propiedades del mismo. Mediante esta revisión sistemática se pretende brindar información de calidad, organizada y útil en futuras investigaciones relacionadas, así también contextualizar conceptos importantes en la ejecución de estas dos operaciones. Cabe destacar y subrayar que es inexistente un estudio sobre el tema que enmarque su valor y permita reconocer lo que verdaderamente involucran en relación al café.

II. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática de información científica con base en la recopilación de textos seleccionados bajo el modelo o adaptación teórica PRISMA [10]. Es importante mencionar que, PRISMA es aplicable a todo tipo de revisiones sistemáticas, no se limita a los metaanálisis de ensayos clínicos. PRISMA se ha concebido como una herramienta para contribuir a mejorar la claridad y la transparencia en la publicación de revisiones sistemáticas [11]. Por otro lado, la revisión sistemática, comprende en un proceso de revisión bien desarrollada y planificada de antemano para reducir sesgos y eliminar estudios irrelevantes o de baja calidad, en la búsqueda de información de un tema en específico) [12].

A. Búsqueda Bibliográfica

Se realizó una búsqueda de la literatura científica empleando diferentes bases de datos entre las cuales fueron Google Académico, Science Direct, Dialnet, Scielo y Redalyc con un rango de años, entre el 2015 al 2021.

Asimismo, para garantizar una mejor búsqueda, fueron utilizadas las siguientes palabras claves: “Proceso”, “Tamizado”, “molienda”, “Elaboración”, “Café”, “Características”, “Propiedades” y “contenido”. De igual modo se hizo uso de los operadores booleanos para mejorar la búsqueda, entre ellos tenemos “AND”, “OR”, “NOT”, Teniendo como formas de búsquedas las siguientes: “Propiedades” AND “café” AND “molienda” y “café” AND “molienda” AND “tamizado”, de esta forma se obtuvieron un gran número de fuentes por ellos es que, para una búsqueda más refinada se aplicaron los siguiente conceptos y operadores: “proceso” AND “tamizado” AND “molienda” AND “elaboración” AND “café” NOT “aprovechamiento”, “residuo”, “galletas”, “bebidas”, “tesis”, “harina”, y en el segundo idioma, “process” AND “sieving” AND “grinding” AND “elaboration” AND “coffee” NOT “using”, “residue”, “cookies”, “drinks”, “tea”, para la recopilación de información de la segunda parte se buscó de la siguiente manera, “café” AND “características” OR “contenido” “propiedades del café” NOT “té”, “tesis”; segunda forma de búsqueda “coffee” AND “characteristics” AND “grinding” AND “sieved” OR “content” “coffee properties” NOT “tea”.

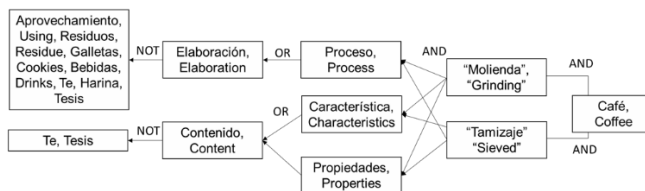


Fig. 1 Combinación de términos booleanos y palabras clave utilizadas en la búsqueda de información.

B. Criterios de Inclusión

Los criterios de inclusión aplicados son todos aquellos textos que son: Artículos publicados en revistas indexadas en Google Académico, Science Direct, Dialnet, Scielo, Redalyc, textos en idioma inglés o español, entre los años 2015 y 2021 y que contengan como temática principal, la aplicación de molienda y tamizado de café en relación con el efecto en las propiedades de este.

C. Criterios de Exclusión

Los criterios de clasificación y exclusión establecidos son: Según su contenido, textos ajenos al tema o que no posean información sobre temas como, tipos de equipos empleados, humedad, densidad, temperatura, estándar de granulometría del café, entre otro, textos duplicados, textos publicados antes del 2015, tipo de textos que no sean artículos originales y se excluirán textos en otro idioma que no sean inglés y/o español.

D. Procedimiento de Selección

Se estableció la relevancia de los estudios por medio de la revisión del título, el resumen y las palabras claves. En una segunda etapa, se recuperó y analizó el texto completo de los estudios que pueden cumplir las condiciones de inclusión.

E. Procedimiento de Análisis de Información.

Luego de revisar el título y el resumen de los documentos recepcionados en una búsqueda rápida con conectores y palabras clave, se excluyeron aquellos archivos que no tenían relación con el tema de investigación. Aquellos que sí pasaron los filtros se procedió a tabular a través de Microsoft Excel, herramienta establecida, para manipular los datos y organizarlos según el contenido de información que muestren, así mismo, los resultados fueron mostrados en gráficos de tortas y/o de barras.

III. RESULTADOS

A. Selección de Artículos

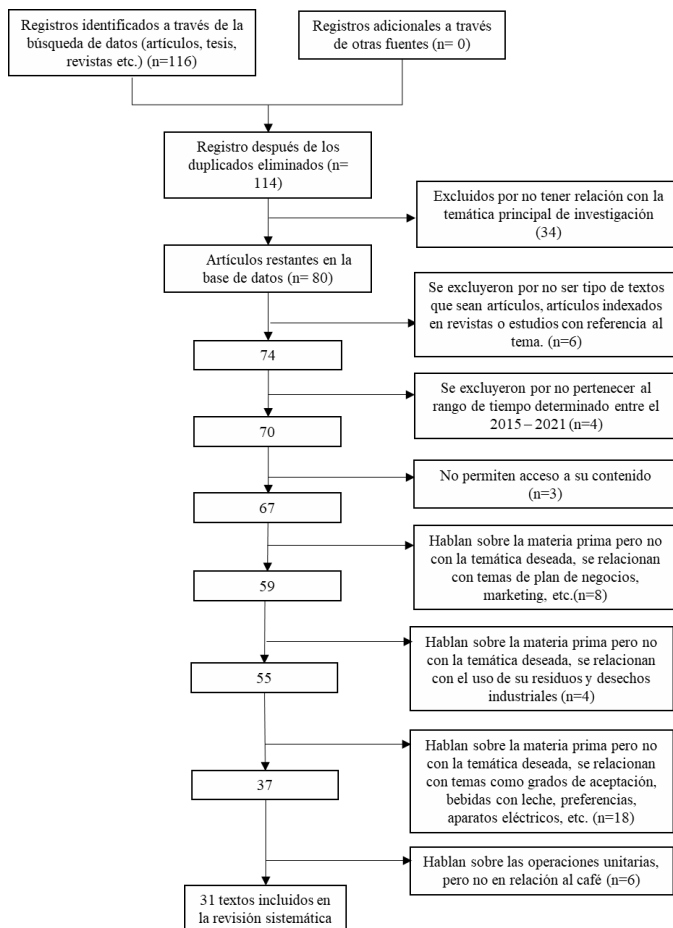


Fig. 2 Proceso de selección de los artículos incluidos en la revisión

Después de aplicar el procedimiento de selección establecido, un total de 31 artículos fueron considerados para realizar la presente revisión sistemática (Fig. 1). Siendo que el buscador donde se encontró la mayor cantidad de información referente a la temática y con las combinaciones utilizadas, fue Google Académico con un 77% de los artículos seleccionados.

B. Propiedades del Café

En la TABLA I se muestra un resumen de la información extraída de los artículos seleccionados. En primer lugar, el tipo de café utilizado con mayor frecuencia en los estudios ha sido el café de tipo Arábica (14 artículos), seguido del café tipo Robusta (5 artículos), quedando en menor proporción de uso para estudios, los cafés de tipo: café verde, Geisha, Turco, especial, Convencional, Castillo y Gourmet.

Por otro lado, cabe mencionar que no todos los estudios seleccionados presentaron en su contenido el 100% de información requerida. Por ejemplo, se evaluó que 24 artículos presentan información relacionada con las propiedades que posee el café, así como sus nutrientes esenciales. Mientras que, 22 estudios presentan información de los diferentes tipos de café, 14 estudios muestran información en cuanto a equipos, 12 estudios muestran información relacionada a los tamices, 11 estudios muestran la influencia que se genera en el café después de aplicada las operaciones unitarias de molienda y tamizado, 9 muestran información del tipo de molienda y solo 6 estudios mostraron información de granulometría.

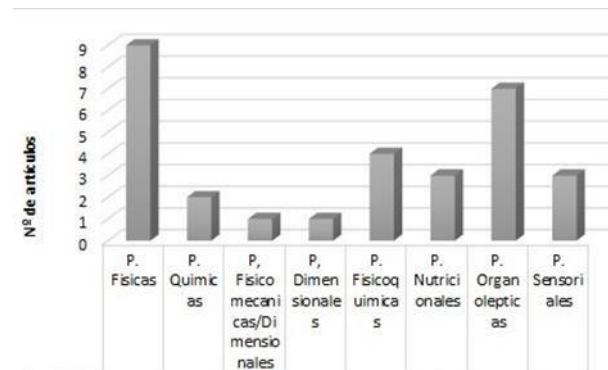


Fig. 3 Propiedades del Café descritas en los Artículos Seleccionados.

Las propiedades descritas en cada estudio (Fig. 3) muestran que en la mayoría de estos se estudiaron las propiedades físicas del café, seguido de este las propiedades organolépticas y fisicoquímicas. Mientras que las que se estudiaron o describieron en poca proporción fueron las características físico-mecánicas, químicas y dimensionales.

Entre las características se encuentra la humedad que en promedio en un grano de café verde se encuentra entre 10 y 12% y luego del tostado quedará tan solo con el 5% gracias a la evaporación del agua durante el proceso. La humedad ha sido estudiada por Vargas J. et al. [13], Araya M. [14], Vega et al. [15]. Para reducir la humedad se emplea el secado mecánico, el secado podría afectar al grano de café al ser un método brusco y agresivo de no ser aplicado de la manera adecuada como lo

indica Gutiérrez J. [16]. Sin embargo, Orozco, C. et al. [17] aseguran que el mejor método para llevar a cabo esta operación es el secado al sol puesto que mantiene las notas enzimáticas, como frutales, florales y herbales presentes en el café.

En cuanto a las propiedades químicas como la solubilidad que fue estudiada por Araya M. [14] siendo del 20 al 35% en el extracto acuoso, esta propiedad también es estudiada por autores como Contreras A. et al. [18] quien obtuvo resultados similares. Galindo [19] señala que la acidez debe encontrarse en valores de 4.9 y 5.2 para poder decir que este tiene una buena aceptación, sin embargo, también sostiene que esta es atribuida al tipo y grado de tostado del grano.

A consecuencia de todo lo que se tiene por investigar sobre el café, Ormaza [20] y Vega et al. [15] realizaron estudios sobre la calidad sensorial del café basando el puntaje de cata en 11 parámetros fisicoquímicos, para los grupos de muestras se presentaron diferencias significativas para la mayoría de los atributos evaluados. Sin embargo, los grupos evaluados coinciden en que la fragancia y el aroma es un factor significativo sensorialmente, además de atractivo. Por los diversos atributos que presenta el café se podría asumir que sus propiedades nutricionales podrían ser provenientes de la pulpa. Por otro lado, Donkoh et al. [21] sostiene que el principal subproducto que se obtiene tras el procesamiento del grano de café es la pulpa la cual se ve representada por aproximadamente un 29% del fruto total, esta pulpa es aprovechada para otros productos ya que, si fuese sometida al tostado, molienda y tamizaje, probablemente sus diversas propiedades se convertirían en nulas. Por lo tanto, la influencia de la pulpa en los atributos del café aún no es una afirmación concisa, debido al poco estudio sobre este tema.

C. Molienda, tamizado y granulometría

La molienda en el café sirve para incrementar el tamaño de la interfaz entre el agua y el sólido, así como facilitar la transferencia de sustancias solubles y emulsificantes dentro de la bebida [22], en los artículos leídos se encontró el tipo de molienda seca, esta consiste en la reducción del tamaño del grano y su posterior tamizado. También se menciona al tipo de molienda húmeda, la cual sirve para la separación de los componentes del grano en una serie de productos útiles. Mediante una molienda adecuada se logra obtener mejores rendimientos en la extracción, lo cual contribuye a disminuir la posibilidad de que los granos de café con propiedades superiores se equilibren con granos de menor calidad. Según Figueroa y otros autores [6], la molienda reduce el volumen de las partículas sólidas al dividir y/o fraccionar una muestra sólida, lo que implica solo una transformación física que debe conservar las características de la materia prima inicial. Por otro lado, según lo analizado sobre tamices, en algunos estudios se utilizó tamiz rotativo que retienen los granos de mayor tamaño sobre una determinada medida dejando pasar a los granos pequeños; así también en el estudio de Rosero y Olivarez [23] indica que con el uso de un tamiz en cascada se obtienen tantos

retenidos como tamices constituyan la cascada y un solo cernido, constituido por el producto que atraviesa las mallas del último tamiz de malla más pequeña.

De acuerdo con los artículos seleccionados y respectivamente revisados, se tiene que, la granulometría es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, en este caso la granulometría del café es un factor importante para la extracción de componentes solubles y volátiles del café tostado, para poder asegurar una extracción perfecta [24]. Asimismo, el grano molido debe tener una granulometría adecuada para la elaboración, es por ello que Contreras & Quinayás [18] mencionan que se debe realizar una correcta graduación del molino, es decir, la posición de la perilla con la cual se configurará internamente el espacio entre los discos, todo esto para ajustar la granulometría deseada en la muestra molida, ya que esto permite establecer una granulometría y sea gruesa, media o fina en la muestra.

Por otra parte, Ormaza et al. [20] brinda valores casi exactos en cuanto a la granulometría para el café tostado y molido con y sin añejamiento, siendo para el Café tostado y molido añejado una granulometría de $610 \pm 13,2 \mu\text{m}$ y para Café tostado y molido sin tratar se tiene una granulometría de $590 \pm 14,8 \mu\text{m}$. Así también, se definió y precisó que la granulometría puede causar una cierta variación o interferencia en diferentes análisis, como por ejemplo el análisis de imágenes, lo cual se puede evitar haciendo una correcta clasificación por tamaño de partículas mediante tamizado. Asimismo, en cuanto al color se dice que entre más oscuro es el color en el café, menor es la desviación estándar de las escalas para todas las temperaturas, mostrando mayor uniformidad en los análisis [25]. Por su parte Arauz et al. [26] alega que en la granulometría del café, los extremos en el grado de molido del café no llegan a beneficiar ni contribuir en un resultado objetivo de los análisis y/o características a evaluar.

D. Efecto en las Propiedades

El efecto significativo que resulta de ejecutar un adecuado proceso de molienda y tamizado en productos como el café es mejorar la calidad sensorial y fortalecer las características del producto. Según Ortega y Pino [27], el aroma de café arábica resulta de primera importancia para el consumidor, así como el cuerpo, regusto y acidez. Por otro lado, en el efecto registrado en el café tipo turco, aparte de producirse diferentes reacciones en el proceso de tostado, el proceso de molienda es una etapa importante puesto que de este dependerá el tipo de café ya sea, filtro, expreso, entre otros [28]. Lo que corrobora Calderón [29], mencionando que los granos de café se tuestan para desarrollar todo su potencial de aroma y sabor. Pero se deben moler para que liberen eficazmente estos sabores y aromas en una bebida.

Al moler el café, se aumenta su superficie y permite una extracción óptima. Por otro lado, Lahne [30] agrega que, el café es un producto complejo con una gran cantidad de sustancias químicas y variación sensorial. Hay varios parámetros, como

origen, geo composición genética, época del año, tiempo y temperatura de tueste, tamaño, molienda, tamizado y muchos otros, que afectan el sabor del café incluso antes de que sea elaborado. Por lo tanto, si bien los parámetros de procesamiento suelen tener el mayor impacto en el sabor del café, las diferencias regionales y biológicas también juegan un papel en desarrollo del sabor

Otro efecto que menciona Pérez [5], en un estudio sobre análisis granulométrico de partículas de café, es que, el café no solo es considerado por sus valores nutritivos, su principal atributo son los efectos antioxidantes proporcionados por los componentes volátiles presentes y por los efectos estimulantes

producidos por la cafeína. Sin embargo, para determinar la calidad de una buena taza de café influyen muchos factores: variedad, origen, recogida, secado, tueste y molienda. Y que, existen diferentes tipos de molienda las cuales se ajustan para así extraer y resaltar los aromas característicos de los granos molidos de café. El grado de molienda del grano es el grosor del café molido y es fundamental en el sabor final de la taza. Si el molido es demasiado fino, el café saldrá corto, cargado y amargo; por lo contrario, si el molido es grueso el café saldrá aguado, sin roma ni crema.

TABLA I
TIPO DE CAFÉ, EQUIPOS EMPLEADOS EN LA MOLIENTA Y TAMIZADOS, ASÍ COMO LOS PRINCIPALES RESULTADOS REPORTADOS EN LOS TRABAJOS SELECCIONADOS

Tipo de café	Equipos Molienda/Tamizado	Características evaluadas/ resultados principales.	Autor
Geisha	-	El café presentó 12% de humedad antes del tostado y densidad promedio de 70 kg/hectolitro.	[15]
-	Maquina trilladora de café, clasificadora desimétrica y electrónica Molido estandarizado tamiz o criba n° 20	Los granos defectuosos afectan el rendimiento del café terminado. Se evaluó las propiedades sensoriales	[26]
-	-	Café de tueste natural: Humedad: 5 por 100 máximo. Cafeína: 0,7 por 100 mínimo s/ materia seca Cenizas totales: 6 por 100 máximo s/materia seca. Sólidos solubles del extracto acuoso*: del 20 al 35 por 100.	[14]
Arábica	-	La semilla del café contiene una compleja mezcla de componentes químicos; algunos de ellos no se ven afectados por el tueste, pero otros, en particular aquellos de los que depende el aroma.	[27]
Café turco	Molinos, trituradores, Tamiz de 300 µm	El contenido de humedad del café verde determinado es del 7,16% (peso) El contenido de humedad del café verde determinado es del 7,16% (peso)	[28]
Arábica	-	Granulometría: Café tostado y molido añejado 610 µm (± 13,2) b Café tostado y molido sin tratar 590 µm (± 14,8) b Se evaluó los Parámetros Físicoquímicos	[20]
Arábica, especial y robusta	-	Se evaluó las propiedades físicas, organolépticas	[31]
Café especial	-	Se evaluó las propiedades sensoriales y organolépticas	[32]
-	Molinos de: rodillos, martillos, discos, tambor	-	[33]
-	Máquina de tamizar de 200N, con 3 diferentes tamaños de tamiz con diámetros de 500, 250, y 150 um	El producto presentó una humedad entre el 10 y 12%	[34]
Arábica	-	Se evaluó las propiedades físicas y nutricionales	[35]
-	Molino de discos	Tamaño promedio de la partícula: Gruesa ≥700 Media 700–500 Fina ≤500	[18]
Arábica	Molinos de fresas o rodillos	Se obtuvo un molido grueso, molido medio o gota, molido fino	[36]
Café convencional	Fresa y rodillos, tamizado fino y grueso	Se debe evitar que el café molido sea harinoso ya que se disolverá excesivamente los componentes menos aromáticos y presentará más amargor. Se evaluó las propiedades físicas, organolépticas	[37]

Café arábica y Robusta		Se evaluó color, grado de tostado, composición de la mezcla La espectrofotometría determinó un color óptimo y se concluyó que sería factible utilizar este método de manera rápida para control de calidad y evitar fraudes alimentarios	[38]
Café Arábica	Tostador piloto mod. EXPO 500 / E, ST A, Molinillo de laboratorio	Se evaluó las isotermas de sorción Las isotermas de sorción obtenidas fueron ambas de tipo III, típicas de una matriz principalmente cristalina.	[39]
Arábica	Molino, Tamiz de serie Taylor	El producto presentó una humedad de 12%	[20]
Café Verde y Arábica	Tostador de aire FreshRoast SR500 (Home Roasting Supplies, Henefer, UT), molinillo de rebabas.	Para este estudio los cafés tostados ligeros se describieron consistentemente como "finos", "astringentes", "ácidos" y "malos", mientras que los tostados oscuros se describieron como "esposos", "chocolateados", "terrosos" y "buenos". Propiedades sensoriales	[30]
Café Arábica y Robusta	Mortero Pruebas de degradación en tamices de 0,1, 0,3, 0,5 y 1 mm.	La espectroscopia de RMN de campo bajo tiene el potencial de abordar la cuestión de la autenticidad de las especies en los cafés tostados molidos.	[40]
Café Verde	Tamizado a una fracción de 425 - 710 µm	Se evaluaron las propiedades Organolépticas Las partículas de café sumergidas en agua no se hinchan apreciablemente la escala de tiempo de interés (0,5 - 5 minutos)	[41]
típica, Colombia, castillo y Gourmet	Molino eléctrico marca WEGA, Tamiz rotatorio, 0,063 mm hasta 2 mm de luz de malla	Se evaluaron las propiedades organolépticas Molienda y tamizado son factores importantes en extracción de componentes solubles y volátiles	[24]
Arábica	Molino domestico de aspas, Tamiz de 60 mesh	Se evaluó las propiedades organolépticas Se observó variación o interferencia en el análisis de imágenes	[25]
Arábica	Molino eléctrico, DITTING SWISS, serie CH-8184 Juego de tamices N°. 20,30,40,50,80 y 100, marca ORION E-11; Tamizador eléctrico Vibratorio A.S.T.M, marca ORION	La molienda medio gruesa a un tueste de 210 °C, presentó la mayor pérdida de peso de 12.79g y en la molienda gruesa la menor pérdida de 1.73g, molienda medio fina a una temperatura de 180 °C la segunda mayor pérdida de peso siendo de 11.78g.	[42]
-	-	Se evaluó las propiedades Nutricionales (pulpa de café) carbohidratos (50%), fibra (20%), proteínas (7-10%), grasas (1.4-2.5%) y cafeína (0.68-1.3%)	[43]
Arábica y Robusta	Tostador (CBR-101A, Gene Café), Molinillo (SMKANB-4000, Poongnyun Co., Ltd. Tamiz de 355, 500 y 710 µm, también un tamiz agitador (CG-211-8, Chunggye)	Se evaluó la temperatura y tiempo de tueste. Se determinó que el nivel de 5-(hidroximetil)furfural disminuyó cuando aumentaron la temperatura y el tiempo de tueste (P < 0,05).	[8]
-	-	Se evaluó las propiedades fisicoquímicas (humedad)	[13]
-	Molinos de martillos, obteniendo desde 5 a 0.2 mm. Tamiz de vaivén obteniendo tres productos: fibra, polvo, te o tizana	-	[44]
Arábica	Serie de tamices (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 200 y fondo serie A. S. T. M. E.).	Se evaluó las propiedades nutricionales Simulación para mejorar procesos de trituración y para el mejoramiento del consumo energético.	[45]
Robusta	-	Se evaluó las propiedades físico-mecánicas y dimensionales	[46]
Arábica	-	Se evaluó las propiedades físicas, químicas	[47]
-	Molino compacto para granos secos	Nuevo proceso de molienda con la finalidad de mejorar el proceso convencional de la reducción de tamaño y procesamiento de estos.	[48]

En resumen, se señala que los principales efectos tras la aplicación de molienda y tamizado son directamente relacionados a sus propiedades organolépticas (aroma y sabor). La molienda genera cambios en el cuerpo, regusto y acidez del café para que liberen eficazmente estas propiedades en una bebida, al moler el café, se aumenta su superficie y se permite una extracción óptima. Asimismo, con el proceso de tamizado, genera la clasificación de las partículas del café molido para tipos de café filtrado, expreso, etc. Por lo tanto, trabajando con

la granulometría del café que es un factor importante para la extracción de componentes solubles y volátiles del café, se podría asegurar una extracción perfecta de compuestos en la bebida final. Por otro lado, se recomienda continuar y mejorar los estudios en cuanto a propiedades originales del café y cómo se modifican luego de aplicar determinadas operaciones, pues hasta la fecha no existe un trabajo que englobe estos aspectos. Por otro lado, estudios en granulometría de café son

recomendados a manera de estandarizar este criterio en el café molido teniendo en cuenta su uso final.

IV. CONCLUSIONES

Se recopiló información con la cual se pudo describir los efectos que generan las operaciones de molienda y tamizado aplicados en las propiedades del café. Obteniendo que estas operaciones se realizan con el fin de intensificar su aroma o sabor, además cabe resaltar que el cambio o variación en cuanto a las propiedades organolépticas depende mucho de su origen y variedad. Mediante la aplicación de una molienda y tamizado adecuados, se puede mantener o potenciar las propiedades del café, siendo así dos de las operaciones unitarias después del proceso de tostado que determinarán la calidad final de una debida de café. Con esto podemos decir que, se logró realizar una revisión sistemática donde se detallan conceptos importantes tanto en la operación de molienda, como la de tamizado.

REFERENCIAS

- [1] Rodríguez, M., Bravo, L., & Torres, Á., “Determinación de las propiedades físico-mecánicas del sistema fruto-pedúnculo-pedicelo del café robusta en la cosecha mecanizada,” *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 5(3), pp. 3–9, 2015.
- [2] Lazcano-Sánchez, E., Trejo-Márquez, M. A., Vargas-Martínez, M. G., & Pascual-Bustamante, S., “Contenido de fenóles, caféina y capacidad antioxidante de granos de café verdes y tostados de diferentes estados de México,” *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 16, pp. 293-298, 2015.
- [3] CAFIVER, “Procesos de producción del café | Aspectos importantes”. <https://cafiver.com/blog/procesos-de-produccion-del-cafe-aspectos-importantes/>, enero del 2021.
- [4] Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café, A.C. (AMECAFÉ). Plan Integral de Promoción del Café de México, 2012.
- [5] Figueroa, E., Perez, F., & Godínez, L., La producción y el consumo del café. Ecorfan, 2012.
- [6] Cortazar-Figueroa, L. M., Meléndez-Pérez, R., & Oliver-Hernández, D. M., “Consumo de energía y distribución de tamaño de partícula en la molienda de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y pimienta negra (*Piper nigrum* L),” *Revista mexicana de ingeniería química*, vol. 7, pp. 123-130, 2008.
- [7] D’Emanuele Ares, C., Accoroni, C., Ferigutti, L., Godoy, E., & Reinheimer, M. A., “Analysis of soybean expeller milling operation by performance evaluation of different types of mills,” *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 16, pp. 415–424, 2017.
- [8] Park, S. Hyun, Jo, A., & Lee, K. G. “Effect of various roasting, extraction and drinking conditions on furan and 5-hydroxymethylfurfural levels in coffee,” *Food Chemistry*, vol. 358, pp. 129806, 2021.
- [9] Peña, L. Evaluación del efecto del tamaño de grano de la ilmenita sobre la actividad fotocatalítica en mezclas de ilmenita/carbón activado sobre la remoción de azul de metileno. *Αγωγ*, vol. 8, pp. 55, 2019.
- [10] Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group., “Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement,” *PLoS medicine*, vol. 6, pp. e1000097, 2009.
- [11] Rodrigo, Carmen Pérez. “Las revisiones sistemáticas: declaración PRISMA,” *Rev Esp Nutr Comunitaria*, vol. 18, pp. 57-58, 2012.
- [12] Linares-Espinós, E., Hernández, V., Domínguez-Escrib, J. L., Fernández-Pello, S., Hevia, V., Mayor, J., Padilla-Fernández, B., & Ribal, M. J., “Methodology of a systematic review,” *Actas Urológicas Españolas (English Edition)*, vol. 42, pp. 499–506, 2018.
- [13] Vargas Gil, J. D., “Medidor de humedad (porcentaje de agua) en café pergamino, basado en diferencias de la constante dieléctrica entre placas paralelas, para el análisis de laboratorio en el sitio de cosecha, almacenaje y procesamiento,” 2019.
- [14] Araya, M. Guía de análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC), 2016.
- [15] Vega, A., León, J. A. De, Reyes, S. M., & Gallardo, J. M., “Modelo matemático para determinar la correlación entre parámetros fisicoquímicos y la calidad sensorial de café Geisha y Pacamara de Panamá,” *Información Tecnológica*, vol. 32, pp. 89–100, 2021.
- [16] Gutierrez, J., “Metodología para la construcción de ventiladores centrífugos para secado mecánico de café en talleres rurales”, 2008.
- [17] Orozco, C., Cantareno, V. R., & Rodríguez, J. F., “Seminario-Taller El Tratamiento Anaeróbico de los Residuos del Café: una Alternativa Energética para la Disminución del Impacto Ambiental en el Sector”, 1992.
- [18] Contreras López, Angie Catalina, and Kati Karime Quinayas Fuentes. *Evaluación de la influencia de la materia prima, el tiempo de tuestión y el grado de molienda sobre el rendimiento del proceso de extracción para la producción de café soluble*. BS thesis. Fundación Universidad de América, 2019.
- [19] Galindo Véliz, Xiomara Raiza. *Producción e industrialización de café soluble caso: Solubles instantáneos*. BS thesis. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Económicas, 2011.
- [20] Díaz, F. O., Ormaza, A. M., & Rojano, B. n. A., “Effect of coffee roasting (*Coffea Arabica* l. var. Castillo) on cup profile, antioxidant compound content and antioxidant activity,” *Información Tecnológica*, vol. 29, pp. 31–42, 2018.
- [21] Donkoh A, Atuahene CC, Kese AG, Mensah B., “The nutritional value of dried coffee pulp (DCP) in broiler chickens diets,” *Anim Feed Sci Tech*, vol. 22, pp. 139-146, 1998.
- [22] Sánchez, A. Y. O. Universidad nacional autónoma de nicaragua. Internista, 7, 2003.
- [23] M. Rosero, & L. Olivarez. Diseño y construcción de un equipo mixto de tamizado y secado para la separación de esporas de hongos del amaranto y su uso como bioplaguicida. escuela superior politécnica de Chimborazo, 2010.
- [24] Parada, M., Caballero, L., & Rivera, M., “Características Físicoquímicas De Tres Variedades De Café Tostado Y Molido Cultivados En Norte De Santander,” *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 15, pp. 66, 2018.
- [25] Cubillo, Ovidio Guillermo, E., Abarcamora, Royner Barboza, L., & Villalobos, G., “Estudio de la cinética de cambio de color de café tostado usando análisis de imágenes en imagej color”, vol. 1, pp. 1–6, 2016.
- [26] Arauz Aguilar, Martha Lorena Laguna López, J. A., & Velásquez Osorio, A. J., “Evaluación del control de calidad en las empresas del departamento de Matagalpa,” *Ciencia y Sociedad*, vol. 17, pp. 326–342, 2015.
- [27] Ortega, A. G., & Pino, J. A., “Revisión de publicaciones relacionadas con el aroma del café durante 1960-2016,” *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 27, pp. 37–41, 2017.
- [28] Yüksel, Ayşe Nur; Barut, Kevser Tuba Özkara; Bayram, Mustafa. “The effects of roasting, milling, brewing and storage processes on the physicochemical properties of Turkish coffee,” *Lwt*, 2020, vol. 131, p. 109711.
- [29] Calderón T. El Efecto Del Tamaño de Molienda en la Preparación de Café. *Perfect Daily Grind*, 2020. <https://perfectdailygrind.com/es/2020/08/14/el-efecto-del-tamano-de-molienda-en-la-preparacion-de-cafe/>
- [30] Hamilton, L. M., & Lahne, J., “Assessment of instructions on panelist cognitive framework and free sorting task results: A case study of cold brew coffee,” *Food Quality and Preference*, vol. 83, pp. 103889, 2020.
- [31] Berrocal Rojas, C. M., & Venegas Venegas, N. P., “La gestión de calidad en el proceso de secado del café de especialidad natural en Costa Rica. casos de estudio: Microbeneficios Coffea Diversa, Vista al Valle, Don Elí y El Pillón,” 2019.
- [32] Bravo Cabrera, J. A., “Tras la ruta del Café Nasa. Técnicas de organización en Tierradentro,” *Colombia Jangwa Pana*, vol. 20, pp. 131-157, 2021.
- [33] Castelló Gómez Marisa, nombre, Puigdollers Cristina, B., Esteve Édgar, P., & Betoret Valls, N., Reducción del tamaño de partículas y tamizado

de sólidos, 2017.

- [34] Salamanca Romero, C. A., Métodos estadísticos para evaluar la calidad del café, 2015.
- [35] Contrera Padilla, L. F., Estudio de caso: Incidencia de los riesgos biológicos en la comercialización de café orgánico en la Finca Los Ángeles del Municipio de Balboa – Risaralda. *Energies*, vol. 6, pp. 1–8, 2019.
- [36] Díaz Arango, F. O., León Agatón, L., & Mejía Gutiérrez, L. F. Café: un recorrido de la semilla a la taza. *Editorial Universidad de Caldas*, 2018.
- [37] Duarte Treminio, Marlin Siria, and Yolanda Lizeth Romero Morales. Evaluación del uso de las Buenas Prácticas de Manufactura en el proceso de tostado y molido del café en Sabor Nica, en el municipio de Matagalpa durante el segundo semestre del año 2014. Diss. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, 2015.
- [38] Bertone, E., Venturello, A., Giraud, A., Pellegrino, G., & Geobaldo, F. J. F. C., “Simultaneous determination by NIR spectroscopy of the roasting degree and Arabica/Robusta ratio in roasted and ground coffee,” *Food Control*, vol. 59, pp. 683-689, 2016.
- [39] Iaccheri, E., Ragni, L., Cevoli, C., Romani, S., Dalla Rosa, M., & Rocculi, P. “Glass transition of green and roasted coffee investigated by calorimetric and dielectric techniques,” *Food chemistry*, vol. 301, pp. 125187, 2019.
- [40] Deñez, M., Wren, E., Watson, A. D., Gunning, Y., Colquhoun, I. J., Le Gall, G., ... & Kemsley, E. K., “Low-field 1H NMR spectroscopy for distinguishing between arabica and robusta ground roast coffees,” *Food Chemistry*, vol. 216, pp. 106-113, 2017.
- [41] Maille, M. J., Sala, K., Scott, D. M., & Zukswert, H. “Critical examination of particle swelling during wetting of ground coffee,” *Journal of Food Engineering*, vol. 295, pp. 110420, 2021.
- [42] Pérez, Y., “Tamaño de partículas de café (*Coffea arabica* L.), tostado y molido mediante el análisis granulométrico,” 2019.
- [43] Alemán, S. R. M., Castillo, F. D. H., González, C. N. A., & Herrera, R. R. (2019), “Extractos de pulpa de café: Una revisión sobre antioxidantes polifenólicos y su actividad antimicrobiana,” *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, pp. 73-79, 2019.
- [44] Hilbay, R., Armas, S. E. C., Escudero, M. A. G., & Cabrera, T. A. P., “Reingeniería en los procesos de secado, molienda y tamizado de plantas aromáticas para mejorar la calidad de los derivados, caso: Empresa JAMBI KIWA. FIGEMPA,” *Investigación y Desarrollo*, vol. 1, pp. 89-99, 2016.
- [45] Garcés Giraldo, L. F., Cerón Cárdenas, A. F., & Tobón Arroyave, N. D. L. C., “Análisis y modelamiento de la granulometría en la cáscara del café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo,” 2015.
- [46] Bastida, K., Rodríguez, A. M., Bravo, E. L., & Torres, E. Á. (2015). “Determinación de las propiedades físico-mecánicas del sistema fruto-pedúnculo-pedicelo del café robusta en la cosecha mecanizada,” *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 5, pp. 3-9, 2015.
- [47] Rodríguez, A. W., & Almonte, A. A. Evaluación de la eficiencia de atrayentes en la captura de la broca del café (*hypothenemus hampei*). revista científica, pp. 11, 2014.
- [48] Meza Montes, A. R., & Vargas Nascimento, C. Diseño y simulación de un molino compacto con transmisión interna para granos secos y cargue automatizado del producto, 2021.