Fecha de presentación del Informe: Día 16 Mes 12 Año 2020

1. Datos generales del Proyecto

Código del proyecto: 9047			
Título del proyecto: Efecto del secado mecánico en la calidad en taza del café especial producido en Caicedonia y Sevilla (valle del cauca)			
Facultad o Instituto Académico: Dirección de Regionalización			
Departamento o Escuela: Sede regional Caicedonia			
Grupo (s) de investigación:			
Entidades:			
Palabras claves: Café Especial, cinética de secado, coeficiente de difusividad, calidad sensorial			
Investigadores [1]	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Esteban Largo Avila	6	6
Coinvestigadores	Carlos Hernán Suarez Rodríguez	2	2
	Jorge Latorre Montero	2	2
Otros participantes			

2. Resumen ejecutivo:

Resumen

El objetivo principal de este proyecto de investigación fue evaluar el efecto de la aplicación del proceso de secado mecánico (convección forzada de aire caliente), sobre la calidad sensorial de los cafés especiales producido en tres fincas cafeteras de los municipios de (2) Caicedonia y (1) Sevilla del Valle del Cauca. Los CE son secados directamente al sol o en sistemas de cobertura plástica “marquesinas”. La mayor dificultad que se presenta cuando se emplea la energía solar para el secado de los CE son las condiciones climáticas caracterizadas por

[1] Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

épocas lluviosas con pocas horas de brillo solar y alta nubosidad, esto conlleva a largos tiempos de secado (10 a 20 días), obteniéndose que la calidad en taza de los CE no sea consistente en el tiempo. Tiempos largos de secado pueden afectar negativamente las propiedades físicas, químicas y microbiológicas que están relacionas con la calidad en taza de los CE.

Por lo tanto, en este proyecto se evalúo el efecto del secado con aire caliente (secado mecánico) y el secado solar (exposición directa al sol del café) sobre calidad en taza de los CE durante un periodo de almacenamiento de nueve meses. Para el café recolectado en cada finca se garantizó estado óptimo de maduración (18°Brix) seleccionando las cerezas del café. Luego se realizó el proceso de beneficio por vía humedad (despulpado, fermentación, lavado y secado). Los procesos de secado realizados fueron: secado mecánico (35°C, 45°C y 55°C) y secado solar (exposición directa al sol), para un total de 12 unidades experimentales.

Al terminar cada proceso de secado, el café fue empacado en bolsas GrainPro de 500 gramos para protegerlo de la humedad y del oxígeno, luego se almacenó en un cuarto oscuro para protegerlo de la luz a 23 ± 2°C y 75 ± 3% humedad relativa. Las variables medidas al terminar el proceso de secado fueron, humedad y conductividad eléctrica. La calidad en taza se midió con el protocolo SCA para café espéciales a los 3, 6 y 9 meses de almacenamiento.

Para el secado mecánico se realizaron las cinéticas de secado y se determinaron los coeficientes de difusividad efectiva para la pérdida de humedad del café. El tiempo de secado fue de 20,31 ± 0,06 h, 29,00 h ± 0,10 h y 58,48 ± 0,08 h para el secado de 55°C, 45°C y 35°C respectivamente y para el secado solar fue de 58,48 ± 11.67 h. El tiempo de secado se reduce significativamente cuando se incrementa la temperatura de secado del aire. El secado realizado a 55°C permitió obtener café con valores de puntaje SCA superiores a 85 puntos durante todo el periodo de almacenamiento, clasificándolos como cafés de especialidad excelente. En general, se concluye que el proceso de secado mecánico asociado a un menor tiempo de secado es viable para la obtención de granos de café de especialidad, con mejor calidad de atributos sensoriales comparado con el secado solar, ofreciendo una alternativa para alcanzar mayores precios de mercado para los productores de café.

Abstract

The main objective of this research project was to evaluate the effect of the application of the mechanical drying process (forced convection of hot air) on the sensory quality of the specialty coffees produced in three coffee farms in the municipalities of Seville and Caicedonia del Valle. from Cauca. The CEs are dried directly in the sun or in plastic covering systems "marquesinas". The greatest difficulty that arises when solar energy is used to dry the EC are the climatic conditions characterized by rainy seasons with few hours of sunlight and high cloudiness, this leads to long drying times (> 6 days), obtaining that the quality of the EC cup is not consistent over time. Long drying times can negatively affect the physical, chemical and microbiological properties that are related to the EC cup quality.

Therefore, in this project, the effect of hot air drying (mechanical drying) and solar drying (direct exposure to the sun of coffee) on the EC cup quality was evaluated during a storage period of nine months. For the coffee collected in each farm, the optimal state of maturation (18 ° Brix) was guaranteed by selecting the coffee cherries. Then the beneficiation process was carried out

via humidity (pulping, fermentation, washing and drying). The drying processes carried out were: mechanical drying (35 ° C, 45 ° C and 55 ° C) and solar drying (direct exposure to the sun), for a total of 12 experimental units.

At the end of each drying process, the coffee was packed in 500 g GrainPro bags to protect it from moisture and oxygen, then it was stored in a dark room to protect it from light at 23 ± 2 ° C and 75 ± 3% humidity. relative. The variables measured at the end of the drying process were humidity and electrical conductivity. Cup quality was measured with the SCA protocol for specialty coffees at 3, 6 and 9 months of storage.

For mechanical drying, the drying kinetics were performed and the effective diffusivity coefficients for the loss of moisture from the coffee were determined. The drying time was 20.31 ± 0.06 h, 29.00 ± 0.10 h and 58.48 ± 0.08 h for drying at 55 ° C, 45 ° C and 35 ° C respectively and for solar drying was 58.48 ± 11.67 h. Drying time is significantly reduced when the air-drying temperature is increased. Drying carried out at 55 ° C obtained coffee samples with SCA values higher than 85 points during the entire storage period, classifying them as excellent specialty coffees. The results showed that 55 °C allows obtain coffee samples with SCA values over 85 points. In general, it is concluded that the mechanical drying process associated with a shorter drying time is feasible to obtain specialty coffee beans, with better quality of sensorial attributes compared to solar drying, offering an alternative to achieve higher prices of market for coffee growers.

3. Síntesis del proyecto:

Introducción

La bebida del café es una de la más populares en todo el mundo y el café es un producto alimenticio relevante en la economía. En ese sentido, los granos verdes (café pergamino) son el commodities más producido y comercializado a nivel mundial, con una producción global promedio de 168,35 millones de sacos aproximadamente [1]. Botánicamente, el café pertenece al género Coffea de la familia Rubiaceae, siendo las especies comercialmente relevantes *C. arabica* y *C. canephora*, y solo se produce en regiones tropicales que tienen características edafológicas y climatológicas específicas [2]. Se ha relacionado un sistema complejo con la cadena de suministro del café, que involucra a varios agentes como empresas de insumos agrícolas, agricultores, comerciantes de materias primas, industrias alimentarias, minoristas, cafeterías y el consumidor final [3]. Asimismo, el procesamiento del fruto del café incluye algunos pasos como la cosecha, el proceso de poscosecha conocido como el beneficio del café (procesamiento en seco, semihúmedo y húmedo), trillado, clasificación por tamaños, tostado, molido y extracción.

Los cambios actuales en las preferencias de los consumidores, cada vez más conscientes de las implicaciones éticas y ambientales, los procesos productivos y las personas detrás de sus alimentos, el mercado de cafés especiales se ha convertido en uno de los productos con mayor crecimiento e interés a nivel mundial. El café de especialidad se define como una bebida con atributos sensoriales únicos y distintos, derivada de granos de café verde obtenidos por cosecha selectiva de frutos maduros (recolección manual o clasificación), que están libres de defectos primarios (huesos, palos, granos negros y ácidos). procesado por una fermentación

controlada, y un secado solar típico [4]. En ese sentido, el proceso de fermentación ha sido foco de investigación de diferentes autores, quienes lo definen como el proceso con mayor impacto en la composición, calidad y valor de los compuestos volátiles del producto final, permitiéndole alcanzar mayores precios de mercado, debido a los valores de calificación superior basados en la escala de la Asociación de Cafés Especiales (SCA) (> 85 puntos) [4], [5].

Después del proceso de fermentación, los granos de café deben secarse para evitar la actividad bacteriana y la de mohos, a fin de evitar la fermentación excesiva en los granos de café. El proceso de secado tiene como objetivo vaporizar el agua o los componentes volátiles y reducir la actividad del agua (a_w) presente en el material alimenticio, mediante un fenómeno complejo que involucra procesos de calor y masa [6], [7]. En la industria del café, el secado es un paso muy crítico para la calidad, que puede estropearse si no se siguen buenas prácticas de secado [8]. El proceso de secado está asociado al país de origen del café y puede realizarse por medios mecánicos o secado al sol natural. En Colombia, es común que los agricultores apliquen el secado al sol natural, el cual se realiza en tierra, plataformas o terrazas de concreto con secado al sol, proceso que se prolonga hasta que los granos alcanzan el contenido de agua deseado (<12% base húmeda), este proceso puede llevar varios días, lo cual depende de las condiciones climáticas, pudiendo comprometer las características sensoriales del producto [4], [5], [8], [9]. Hoy en día, para los pequeños caficultores colombianos (< 5 ha), el secado mecánico es una tecnología poco usada y vista con recelo, frecuentemente asociada a altos costos y baja calidad.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación del proceso de secado mecánico, sobre la calidad sensorial del café especial producido en tres fincas cafeteras de los municipios de Caicedonia (2 fincas) y Sevilla (1 finca). Asimismo, los resultados se compararon con muestras de secado al sol natural. Finalmente, este trabajo es una alternativa de procesamiento para los productores de café, con el objetivo de reducir el tiempo en el proceso de secado y producir granos de café que puedan ser comercializados en el mercado internacional como café de especialidad.

Objetivo General

Evaluar el efecto del secado mecánico sobre la calidad en taza y propiedades fisicoquímicas de cafés especiales producidos en fincas cafeteras de Caicedonia y Sevilla (Valle del Cauca).

Objetivos Específicos

- Determinar propiedades físicas y químicas de los CE luego de realizar pruebas experimentales de secado con convección forzada de aire caliente (secado mecánico) en dos fincas que tenga procesos implementados en la producción de CE.

- Comparar la calidad en taza de los CE obtenidos con el secado mecánico versus el secado solar (secado directo al sol y en marquesina).

- Estimar durante un periodo de almacenamiento el cambio de la calidad en taza de los CE secado mecánicamente.

Metodología

Materiales. Se recolectaron 150 kg de café variedad Castillo® en estado óptimo de madurez de árboles plantados en tres fincas diferentes ubicadas a 1700 metros sobre el nivel del mar del departamento del Valle del Cauca, Colombia. Las ubicaciones geográficas de las fincas son: En el municipio de Caicedonia, finca La Esmeralda (4°17'00''N; 75°49'15''W) y finca La Morelia 2 (4°16'39''N; 75°48'40''W), y n el municipio de Sevilla finca Villa Laura (4°16'07''N; 75°5'01''W).

El café recolectado se procesó por el beneficio por vía húmedo, la fermentación se controló con el método Fermaestro [10].

Proceso de secado. Después del lavado y escurrido del café se aplicaron los procesos de secado (ver la tabla 1) al café, el secado se suspendió cuando el grano alcanzo en promedio un contenido de humedad del 11% base humedad.

Tabla 1. Variables independientes procesos de secado

Finca (factor de bloque)	Proceso de secado	Flujo de aire
La Esmeralda La Morelia 2 Villa Laura	35°C 45°C 55°C	100 $m^3.min^{-1}.m^2$
	Secado solar	Convección natural del aire

El cambio de peso en el secado mecánico durante el tiempo de secado, se midió con el método Gravimet [11], [12].

Para el secado mecánico se utilizó un silo de una capa estática con resistencia eléctrica para el calentamiento del aire y control de temperatura, con capacidad de 15 kg para una altura de lecho de 20 cm de café. El secado solar (exposición directa al sol de los granos de café) se realizó sobre una película de plástico en un patio de concreto, el espesor de la capa de café fue de 1 cm, y la muestra se mezcló cada 2 horas, por la noche se empacaba el café para protegerlo de la humedad relativa y evitar rehumedecer el café.

Para el almacenamiento, los granos de café se empacaron en bolsas con cremallera GrainPro y se almacenaron durante tres, seis y nueve meses a 23 ± 2°C y 75 ± 3% de humedad relativa.

Coeficiente de difusividad para el agua (***D_{eff}***). Se realizó utilizando la solución para una losa infinita (secado al sol natural) y la geometría esférica para (secado mecánico) de la segunda ley de Fick [13], [14].

Humedad y conductividad eléctrica. La humedad según la norma técnica colombiana NTC 2325/2005 (ICONTEC, 2005). La conductividad eléctrica siguiendo la metodología descrita por [15], y se utilizó un conductímetro portátil marca Hanna HI8733 ($\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$).

Perfil sensorial. Se realizó aplicando la metodología reportada por [16], [17]. La evaluación sensorial se realizó a los tres, seis y nueve meses de almacenamiento, para cada sesión de análisis participaron 5 panelistas expertos en protocolo SCA par café.

Análisis estadístico. Las variables medidas se expresaron con su media ± DE (tres replicas). Los datos se analizaron utilizando el software R (R Development Core Team, 2004) [18]. Se aplicó un análisis de varianza (ANAVA) donde los efectos se consideraron significativos cuando $p < 0.05$. Para el análisis factorial de datos mixtos (FAMD) se utilizó el paquete FactoMineR en lenguaje R, con el fin de encontrar las similitudes entre lo cuantitativo y cualitativo en las variables analizadas [19], [20].

Resultados obtenidos

La influencia de los procesos de secado sobre el contenido de humedad, el coeficiente de difusividad y la conductividad eléctrica de las muestras de café finalizado el secado se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados para los procesos de secado del café de especialidad.

Proceso de secado	Tiempo de secado (horas)	Humedad (% base seca)	D_{eff} ($m^2.s^{-1}$)	Conductividad eléctrica ($\mu S.cm^{-1}\cdot g^{-1}$)
35 °C	71,52 ± 0,11^{a}	11,25 ± 0,03^{ab}	3,21E-07 ± 4,96E-10^{a}	11,71 ± 0,10^{a}
45 °C	29,10 ± 0,09^{b}	11,18 ± 0,22^{ab}	6,32E-07 ± 1,79E-09^{b}	14,40 ± 0,09^{b}
55 °C	20,35 ± 0,06^{b}	11,05 ± 0,02^{a}	8,02E-07 ± 1,61E-08^{c}	16,86 ± 0,13^{c}
Secado solar	58,48 ± 11,37^{c}	11,34 ± 0,24^{b}	4,21E-11 ± 5,37E-12^{d}	11,87 ± 0,08^{a}

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba LDS de Fisher ($p < 0,05$).

Según los datos que se muestran en la Tabla 2, el tiempo de secado requerido para obtener un contenido de humedad del 11 % (bh) varió de 20,35 a 71,52 horas. El valor de Difusividad (D_{eff}) basado en el segundo modelo de ley de Fick presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) para todos los procesos de secado. El D_{eff} varió de 3,21 a $8,02 \times 10^{-7}$ $m^2.s^{-1}$ para el secado mecánico, en promedio, el secado solar mostró una difusividad de 4.21×10^{-11} $m^2.s^{-1}$, los valores de ajuste R^2 para el D_{eff} variaron entre 0,83 y 0,96. En general, los valores anteriores están de acuerdo con lo reportado por [21].

Los valores obtenidos para D_{eff} del secado mecánico fueron inferiores a estos valores, lo que significa que el proceso de evaporación del agua es más rápido en el secado mecánico que en el secado al sol, esto porque el secado mecánico es un proceso controlado y el secado natural al sol depende de las condiciones climáticas temperatura y humedad relativa), que en regiones tropicales como Colombia no es constante, y se caracteriza por estaciones lluviosas, nubosidad y pocas horas de sol.

La Figura 1 (a) muestra las curvas de secado obtenidas utilizando las condiciones de operación que permitieron obtener el producto deshidratado en 20 h (55°C), 29 h (45°C) y 72 h (35°C).

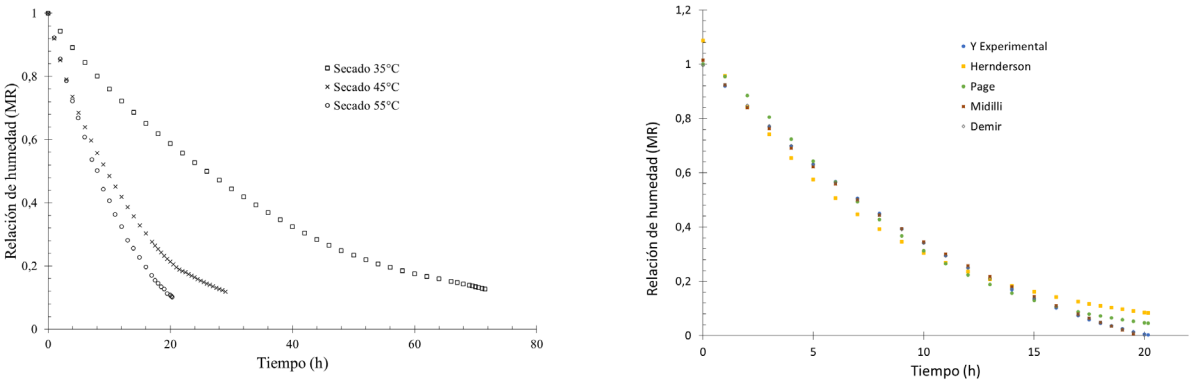

Figura 1. (a) Cinéticas de secado para los procesos de secado mecánico y (b) ajuste de modelos semiteóricos para el secado mecánico de 55°C.

En la figura 1(b) se muestran los modelos de secado ajustados para la curva de secado a 55°C, en todos los casos, los valores de R^2 para los variaron entre 0,97 y 0,99. Estos valores muestran que los modelos de secado probados predicen adecuadamente el proceso de secado de los granos de café.

Posteriormente, se realizó un ajuste tipo Arrhenius de los valores de D_{eff} obtenidos en función del inverso de la temperatura, para establecer la energía de activación (Ea) del proceso. En promedio, la Ea del proceso mecánico fue de 900.6 $J.mol^{-1}$.

El contenido final de humedad estuvo dentro la recomendación para comercialización del café y la temperatura de secado influye significativamente en la conductividad eléctrica ($p < 0.05$), mostrando que el aumento de temperatura incrementa este parámetro, este comportamiento indica que la membrana celular de los granos de café puede sufrir daño, aunque los valores encontrados en esta investigación son bajos comparados con 153 $\mu S.cm^{-1} \cdot g^{-1}$ reportados por otros autores [22].

El análisis de ANAVA arrojo que solo hay efecto del proceso de secado sobre los atributos sensoriales, independiente del tiempo de almacenamiento. Para los atributos sensoriales uniformidad, taza limpia y dulzor se obtuvo en todos los procesos de secado y meses de almacenamiento un puntaje de 10, lo cual indica que las condiciones de almacenamiento y procesos de secado cumple los requerimientos mínimos para café calidad. En la tabla 3 se muestran los atributos sensoriales que fueron significativos estadísticamente, para los atributos fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance y puntaje catador se obtuvieron mayores puntajes para el proceso de secado realizado a 55°C durante todo el tiempo de almacenamiento. El puntaje global fue 55°C > 45°C > 35°C > secado solar, en este sentido los cafés secados a 55°C y 45°C cumple con el requisito de SCA (>85) para ser considerados cafés especiales. Se puede inferir que menores tiempo de secado asociados a una temperatura de 55°C favorece positivamente el perfil sensorial del café. Adicionalmente se puede deducir de los trabajos realizados por [23]–[25] que realizar el proceso de secado en menor tiempo favorece la concentración de compuestos químicos importantes en la formación del sabor y aroma al momento de realizar el proceso de tostión.

Tabla 3. Valores medios para los atributos sensoriales evaluados

Proceso de secado	Fragancia/Aroma	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Balance	Puntaje catador	Puntaje Total (SCA)
35°C	8,03 ± 0,19^{a}	7,78 ± 0,12^{a}	7,50 ± 0,21^{a}	7,78 ± 0,19^{ab}	7,52 ± 0,18^{a}	7,66 ± 0,06^{a}	7,80 ± 0,14^{a}	84,00 ± 0,48^{ab}
45°C	7,96 ± 0,29^{ab}	7,80 ± 0,12^{a}	7,78 ± 0,20^{b}	7,67 ± 0,19^{a}	7,75 ± 0,22^{b}	7,79 ± 0,14^{b}	7,86 ± 0,14^{a}	84,60 ± 0,80^{b}
55°C	8,50 ± 0,17^{c}	8,11 ± 0,18^{b}	7,94 ± 0,18^{b}	7,89 ± 0,13^{b}	7,97 ± 0,15^{c}	7,97 ± 0,15^{c}	8,08 ± 0,36^{b}	86,50 ± 1,00^{c}
Secado solar	7,83 ± 0,14^{b}	7,63 ± 0,25^{a}	7,50 ± 0,20^{a}	7,76 ± 0,13^{ab}	7,53 ± 0,18^{a}	7,62 ± 0,14^{c}	7,73 ± 0,18^{a}	83,60 ± 0,74^{a}

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según el test LDS de Fisher ($p<0.05$).

Los perfiles sensoriales de taza para los 10 atributos sensoriales durante el tiempo de almacenamiento son mostrados en la figura 2. Se observa que los perfiles sensoriales conservan su tendencia a medida que transcurre el tiempo, donde el café secado a 55°C se diferencia del resto de procesos de secado en los atributos fragancia/aroma, sabor, sabor residual, cuerpo, balance y puntaje global. Con estos resultados se muestra la importancia de garantizar adecuadas condiciones de almacenamiento para el café, utilizando empaques que protejan al grano de la humedad, el oxígeno y la luz, conservando los atributos sensoriales del café en el tiempo.

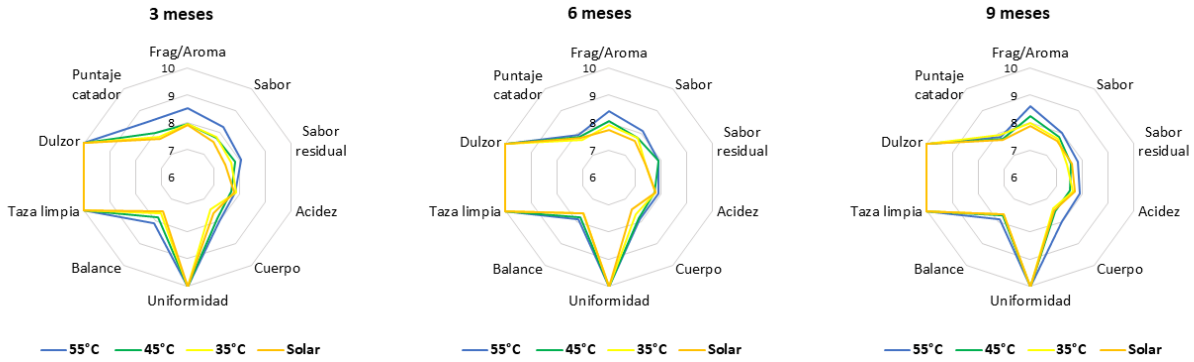

Figura 2. Perfiles sensoriales de taza según protocolo SCA para los diferentes procesos de secado en función del tiempo de almacenamiento.

La figura 3(a) muestra el análisis factorial de datos mixtos (FAMD) para las variables cuantitativas (atributos sensoriales y el tiempo de secado) evaluadas durante el almacenamiento para todos los procesos de secado. La figura 3(b) describe el mapa factorial del resultado de las variables medidas con relación al proceso de secado y el tiempo de almacenamiento. En la figura 3(a) se observa que hay una correlación negativa entre los atributos sensoriales y el tiempo de secado, indicando que los procesos de secado con menor tiempo favorecen los atributos sensoriales evaluados en los cafés tostados, adicionalmente en la figura 3(b) se muestra claramente las diferencias entre los procesos de secado reflejado en las elipses de confianza y sus centroides, lo contrario se observa para el tiempo de almacenamiento donde todas las elipses se interceptan indicado que los atributos sensoriales se conservan a través del tiempo.

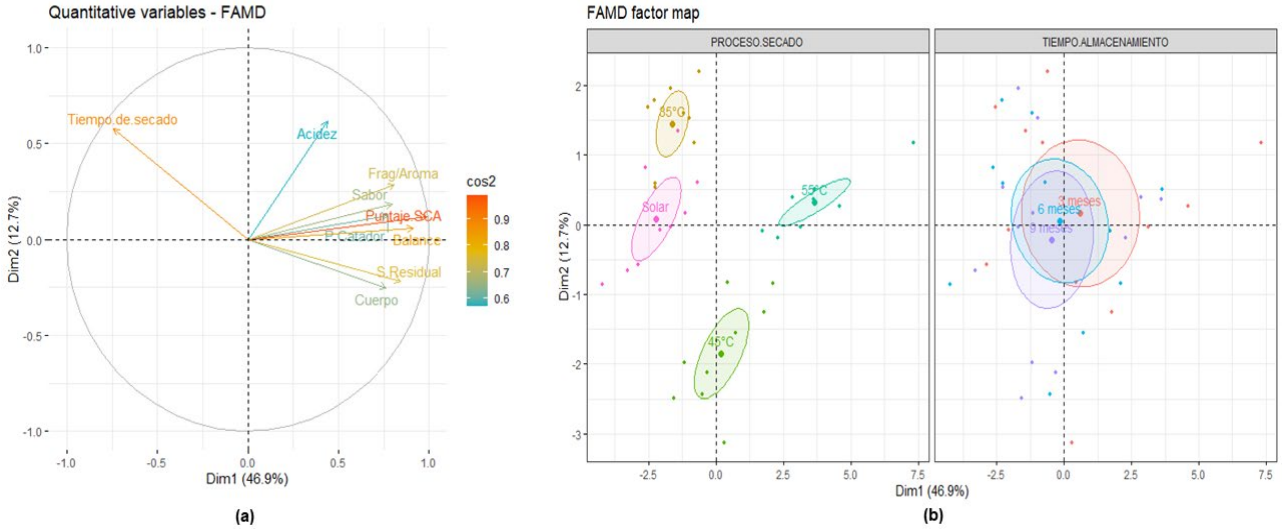

Figura 3. Análisis factorial de datos mixtos (AFDM) para (a) variables cuantitativas y (b) mapa para procesos de secado y tiempo de almacenamiento.

Principales conclusiones

En general, el secado mecánico con aire caliente a 55°C es adecuado para garantizar un excelente perfil sensorial del café especial producido en los municipios de Caicedonia y Sevilla del Valle del Cauca.

El proceso de secado mecánico representa una oportunidad de generar valor agregado al café especial, ya que puede asegurar el control del secado, representando una oportunidad de comercialización con mejor precio de venta del café para los caficultores colombianos.

Un empaque con alta barrera al vapor de agua y oxígeno, almacenando el café protegido de la luz garantiza la conservación de los atributos sensoriales en el tiempo, esto permite obtener un producto con altos atributos sensoriales con potencial de comercialización en el mercado de cafés especiales.

Recomendaciones

Es necesario implementar otras tecnologías de secado como: microondas, bombas de calor, ventana de reflectancia, entre otras, con el fin de validar si la reducción del tiempo de secado y tener control del proceso permite tener mayores atributos sensoriales en el café.

Hay una necesidad de generar tecnología alrededor del secado solar, con estructuras de secado que aprovechen eficientemente la energía solar y faciliten la operación del secado, con el propósito de tener control del proceso de secado del café.

Referencias bibliográficas

[1] International coffee organization, “Estadísticas del comercio,” *Pagina web*, 2020. http://www.ico.org/ES/trade_statisticsc.asp?section=Estad%EDstica (accessed Jun. 24, 2020).

[2] A. S. Franca and L. S. Oliveira, *Coffee*. Elsevier Inc., 2019.

[3] G. N. Torga and E. E. Spers, *Perspectives of global coffee demand*. Elsevier Inc., 2019.

[4] A. I. Magalhães Júnior *et al.*, “A critical techno-economic analysis of coffee processing utilizing a modern fermentation system: Implications for specialty coffee production,” *Food Bioprod. Process.*, vol. 125, pp. 14–21, 2021, doi: 10.1016/j.fbp.2020.10.010.

[5] G. V. de Melo Pereira *et al.*, “Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review,” *Food Chem.*, vol. 272, no. December 2017, pp. 441–452, 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.08.061.

[6] J. Osorio-Arias *et al.*, “Sustainable Management and Valorization of Spent Coffee Grounds Through the Optimization of Thin Layer Hot Air - Drying Process,” *Waste and Biomass Valorization*, 2019, doi: 10.1007/s12649-019-00793-9.

[7] H. Sabarez, *Drying of Food Materials*. Elsevier, 2016.

[8] J. R. Sanz-Uribe *et al.*, “Postharvest Processing-Revealing the Green Bean,” *Cr. Sci. Coffee*, pp. 51–79, 2017, doi: 10.1016/B978-0-12-803520-7.00003-7.

[9] C. F. Silva, L. R. Batista, L. M. Abreu, E. S. Dias, and R. F. Schwan, “Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (Coffea arabica) fermentation,” *Food Microbiol.*, vol. 25, no. 8, pp. 951–957, 2008, doi: 10.1016/j.fm.2008.07.003.

[10] A. E. Peñuela Martinez, J. P. Pábon Usaquén, and J. R. Sanz Uribe, “MÉTODO FERMAESTRO: Para determinar la finalización de la Fermentación del mucílago de café,” *Cenicafé Av. Técnicos 431*, pp. 1–8, 2013.

[11] J. . Jurado, E. . Montoya, C. . Oliveros, and J. García, “Método para medir el contenido de humedad del café pergamino en el secado solar del café,” *Rev. Cenicafé*, vol. 60, no. 2, pp. 135–147, 2009.

[12] C. E. Oliveros Tascón, A. E. Peñuela Martínez, and J. M. J. Chana, “Controle la Humedad del Cafe en el Secado Solar, Utilizando el Metodo Gravimet,” *Cenicafe Av. Técnicos*, vol. 387, pp. 1–8, 2009, [Online]. Available: http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/385/1/avt0387.pdf.

[13] D. R. Heldman, D. B. Lund, and C. Sabliov, *Handbook of Food Engineering, Second Edition*. Boca Raton, 2006.

[14] D. I. Onwude, N. Hashim, R. B. Janius, N. M. Nawi, and K. Abdan, “Modeling the Thin-Layer Drying of Fruits and Vegetables: A Review,” *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 15, no. 3, pp. 599–618, 2016, doi: 10.1111/1541-4337.12196.

[15] E. T. De Andrade, I. A. Lemos, C. D. A. Dias, P. D. A. Rios, and F. M. Borém, “MATHEMATICAL MODELLING AND IMMEDIATE AND LATENT QUALITY OF NATURAL IMMATURE COFFEE

UNDER DIFFERENT DRYING CONDITIONS," *Eng. Agrícola*, vol. 39, no. 5, pp. 630–638, Oct. 2019, doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n5p630-638/2019.

[16] Y. F. B. Rodriguez, N. G. Guzman, and J. G. Hernandez, "EFFECT OF THE POSTHARVEST PROCESSING METHOD ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION AND SENSORY ANALYSIS OF ARABICA COFFEE," *Eng. Agrícola*, vol. 40, no. 2, pp. 177–183, Apr. 2020, doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v40n2p177-183/2020.

[17] S. Velásquez, N. Peña, J. C. Bohórquez, N. Gutierrez, and G. L. Sacks, "Volatile and sensory characterization of roast coffees – Effects of cherry maturity," *Food Chem.*, vol. 274, no. August 2018, pp. 137–145, 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.08.127.

[18] R Development Core Team, *R: a Language and Environment for Statistical Computing.* 2004.

[19] G. Lawrence, R. Symoneaux, I. Maitre, F. Brossaud, M. Maestrojuan, and E. Mehinagic, "Using the free comments method for sensory characterisation of Cabernet Franc wines: Comparison with classical profiling in a professional context," *Food Qual. Prefer.*, vol. 30, no. 2, pp. 145–155, 2013, doi: 10.1016/j.foodqual.2013.04.005.

[20] R. Symoneaux, M. V. Galmarini, and E. Mehinagic, "Comment analysis of consumer's likes and dislikes as an alternative tool to preference mapping. A case study on apples," *Food Qual. Prefer.*, vol. 24, no. 1, pp. 59–66, 2012, doi: 10.1016/j.foodqual.2011.08.013.

[21] N. . Zogzas and Z. B. Maroulis, "Moisture diffusitivy data compilation in foodstuff," *Dry. Technol.*, no. May 2013, pp. 37–41, 2007, doi: 10.1080/07373930701438592.

[22] C. Henrique, R. Reinato, F. M. Borém, P. José, and E. C. Oliveira, "Influence of coffee berries drying in different types of terraces, during different storage periods, on coffee quality," *Eng. Agrícola*, pp. 48–60, 2007.

[23] W. Dong, K. Cheng, R. Hu, Z. Chu, J. Zhao, and Y. Long, "Effect of microwave vacuum drying on the drying characteristics, color, microstructure, and antioxidant activity of green coffee beans," *Molecules*, vol. 23, no. 5, 2018, doi: 10.3390/molecules23051146.

[24] W. Dong, R. Hu, Z. Chu, J. Zhao, and L. Tan, "Effect of different drying techniques on bioactive components, fatty acid composition, and volatile profile of robusta coffee beans," *Food Chem.*, vol. 234, pp. 121–130, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.04.156.

[25] F. Kulapichitr, C. Borompichaichartkul, I. Suppavorasatit, and K. R. Cadwallader, "Impact of drying process on chemical composition and key aroma components of Arabica coffee," *Food Chem.*, vol. 291, no. April, pp. 49–58, 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2019.03.152.

4. Impactos actual o potencial:

La Universidad del Valle con su sede regional Caicedonia con esta investigación atiende a su carácter de universidad estatal, autónoma y con vocación de servicio social asumiendo su compromiso con el desarrollo de región brindando alternativas de posibles soluciones a una problemática del gremio caficultor. Esta investigación puede generar un impacto social y económico en los productores de CE en Caicedonia y Sevilla, dado que procesos diferenciados al procesar el café permiten obtener un mejor precio de comercialización para los CE de la región. Estas alternativas van enfocadas para que los pequeños productores de CE piensen de manera diferente la caficultura generando un mejor panorama sobre esta tradicional labor realizada por tantos años en esta región cafetera del Valle.

En general, la solución a la problemática planteada sobre el secado de los CE representa un impacto positivo en el contexto social, económico y tecnológico, con una cobertura de fortalecer los procesos para la producción de CE, mayor ingreso per cápita para los pequeños productores de café, mayores posibilidades de consumo diversificado en productos de café con valor agregado, mayor posicionamiento y sostenibilidad del producto en el mercado internacional y mejor calidad de vida en la población.

Para el gremio productor de CE se espera seguir fortaleciendo los diferentes eslabones de la cadena productiva, generando conocimiento sobre el efecto del secado en la calidad sensorial del café. Esto puede garantizar que se estandaricen procesos para la producción de cafés especiales de la región.

Este tipo de investigaciones demuestra el impacto de la Universidad del Valle sede regional Caicedonia en procesos de formación de profesionales, con competencias para evaluar la calidad desde propiedades físicas y sensorial del café.

5. Productos:

Tabla No. 1**. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados**

TIPO DE PRODUCTOS	**No. de PRODUCTOS PACTADOS**				**No. de PRODUCTOS PRESENTADOS**			
Productos de nuevos conocimientos								
Artículo en revista ISI-SCOPUS:	**Q1**	**Q2**	**Q3**	**Q4**	**Q1**	**Q2**	**Q3**	**Q4**
	N/A	N/A	1	N/A				
Artículo completo publicado en revistas indexadas	**A1**	**A2**	**B**	**C**	**A1**	**A2**	**B**	**C**
	N/A	N/A	N/A	N/A				
Libros de autor que publiquen resultados de investigación	N/A							

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Capítulos en libros que publican resultados de investigación	N/A			
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados	N/A			
• Prototipos y patentes	N/A			
• Software	N/A			
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial	N/A			
Normas basadas en resultados de investigación	N/A			
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. De estudiantes Vinculados	No. De tesis
Estudiantes de pregrado (Monitores de investigación a nivel de Tecnología)	2	N/A	2	N/A
Semillero de Investigación	N/A	N/A		
Estudiantes de maestría	N/A	N/A		
Estudiantes de doctorado	N/A	N/A		
Joven investigador	N/A	N/A		
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas	N/A			
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
Propuesta de investigación	N/A	N/A		
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	N/A			

Tabla No. 2. Detalle de productos

Tipo de producto:	Generación de contenidos virtuales
Nombre General:	Contenido web que aloja descripción del proyecto, algunos resultados generales de la investigación y entidades participantes.
Nombre Particular:	Micrositio web alojado en la pestaña de investigación de la pagina web de la Universidad del Valle sede Caicedonia.
Ciudad y fechas:	Caicedonia, diciembre 09 de 2020.
Participantes:	Universidad del Valle sede regional Caicedonia
Sitio de información:	http://caicedonia.univalle.edu.co/investigacion/proyectos/secado-cafe/contexto
Formas organizativas:	Universidad del Valle – Dirección de regionalización – sede regional Caicedonia.

Tipo de producto:	Artículo sometido a revista (Q2)
Nombre General:	Journal of Food Processing and Preservation Manuscript ID JFPP-12-20-3110
Nombre Particular:	Evaluation the effect of hot-air mechanical drying on sensorial quality of specialty Colombian coffee.
Ciudad y fechas:	Aún no se tiene respuesta.
Participantes:	Largo Avila, Esteban; Suarez-Rodríguez, Carlos; Latorre-Montero, Jorge; Osorio Arias, Juan
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Universidad del Valle – Dirección de regionalización – sede regional Caicedonia.

Tipo de producto:	Artículo sometido a revista (Q1)
Nombre General:	Renewable Energy RENE-D-20-06414
Nombre Particular:	Study of a handcrafted “Marquesina” structure for thin-layer solar drying of coffee beans
Ciudad y fechas:	Aún no se tiene respuesta.
Participantes:	Largo Avila, Esteban; Granados, David; Borda-Yepes, Víctor; Ciro, Héctor; Chejne, Farid.
Sitio de información:	

Formas organizativas:	Universidad del Valle – Dirección de regionalización – sede regional Caicedonia.

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones

Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial 11, con espacios de 1 1/2