



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DE LOS MÉTODOS DE BENEFICIO DE CAFÉ
CATIMOR (LAVADO, HONEY, NATURAL, ANAERÓBICO)
SOBRE LA CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL EN ALTO
INAMBARI, PERÚ”**

TESIS

PRESENTADA POR:

RICARDO NAHUEL VALENZUELA ANTEZANA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO - PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EFFECTO DE LOS MÉTODOS DE BENEFICIO DE CAFÉ CAT.pdf

AUTOR

Ricardo Nahuel Valenzuela Antezana

RECUENTO DE PALABRAS

9002 Words

RECUENTO DE CARACTERES

50616 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

48 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

819.1KB

FECHA DE ENTREGA

Jun 6, 2023 12:10 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 6, 2023 12:11 PM GMT-5


● 8% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



Ph.D. Genny I Lina Mercado
Ing. Industrias Alimentarias
CIP. 58541



ALICIA M. LEON TACCA
Ing. Agroindustrial Reg CIP 101611
Doctora en Ciencias de la Ingeniería

Resumen



DEDICATORIA

*A Dios por permitirme vivir, por darme las
oportunidades de ampliar mis
conocimientos día a día.*

*A mi madre y abuela que guían mis
pasos y son testigo de mis logros en
la eternidad.*

*A mi familia nuclear, extensa, y a mi familia
que uno escoge, mis amigos y a mi
compañera de vida.*

R. N. V. Antezana



AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme brindado conocimientos, habilidades, y comedor universitario cuando más lo necesite.
- A mi director de tesis Dra. Genny Luna Mercado por su apoyo, su asesoramiento, y disposición de tiempo en el desarrollo del presente trabajo de investigación y por haber confiado en mi persona.
- Al laboratorista Rufino Aroni, Ing. Edgar Gallegos y Dr. Wenceslao Medina que me brindaron amistad, conocimiento y confianza durante mi formación profesional, que permitió al grupo de estudios Agroser lograr el 1er puesto en el Segundo Concurso Tecnológico Inter Escuelas Profesionales de Innovación Tecnológica en el año 2013, logrando por primera vez este logro para mi escuela profesional.

R. N. V. Antezana



INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INDICE DE ACRÓNIMOS

CARTA DE ACEPTACIÓN DE PUBLICACIÓN

1.	CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
2.	CAPITULO II. ARTÍCULO ACEPTADO	12
3.	REFERENCIAS.....	28
4.	ANEXOS.....	34
5.	ANEXO 1: INFORMACIÓN DE LA REVISTA.....	34
6.	ANEXO 2: TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL.....	35

Área: Ingeniería y Tecnología.

Tema: Desarrollo de Procesos y Productos Agroindustriales Sostenibles y Eficientes.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 de junio de 2023



INDICE DE FIGURAS

Figure 1. Methodology applied for the processing of Catimor coffee.....	16
Figure 2. Summary of research methodology	18
Figure 3. Performance of processing methods for Catimor coffee	20
Figure 4. Sensory diagram of Catimor coffee by processing method.....	26



INDICE DE TABLAS

TABLE 1 SCORING AND CLASSIFICATION FOR SPECIALTY COFFEES ACCORDING TO SCA (2003).....	14
TABLE 2 PHYSICAL QUALITY OF CATIMOR COFFEE SUBJECTED TO FOUR PROCESSING METHODS.....	19
TABLE 3 MASS BALANCE BY PROCESSING METHOD FOR CATIMOR COFFEE.....	20
TABLE 4 SENSORY QUALITY ATTRIBUTES FOR CATIMOR COFFEE BY PROCESSING METHOD.....	21
TABLE 5 TOTAL SCORE, CLASSIFICATION AND DESCRIPTION OF CATIMOR COFFEE BY PROCESSING METHOD.....	22



INDICE DE ACRÓNIMOS

m.s.n.m.	: Metros sobre el nivel del mar
m.a.s.l.	: Meter above sea level
SCA	: Specialty Coffee Association
R1	: Repetition 1
R2	: Repetition 2
R3	: Repetition 3
CECOVASA LTDA	: Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia
NTP	: Normas Técnicas Peruanas
ISO	: International Organization for Standardization
CQI	: Coffee Quality Institute
CRD	: Completely randomized design
ANOVA	: Analysis of variance
ITC	: Centro de Comercio Internacional
INACAL	: Instituto Nacional de Calidad



CARTA DE ACEPTACIÓN DE PUBLICACIÓN

En base al reglamento de titulación alternativa, se realizó la tesis en formato artículo científico para su revisión a la revista Coffee Science (Brasil) esta indexada en SCOPUS – Q3, la cual acepto la investigación luego de una rigurosa evaluación, asimismo la revista solo acepta artículos en inglés, motivo por el cual presento en ese idioma. A continuación, se presenta la carta de aceptación por parte de la revista indexada.

[CS] Editor Decision

2023-05-02 02:45 PM

Ricardo Nahuel Valenzuela Antezana, Luna-Mercado G.:

It is a pleasure to inform you that your submission to Coffee Science - ISSN 1984-3909, "EFFECT OF PROCESSING METHODS (WASHED, HONEY, NATURAL, ANAEROBIC) OF CATIMOR COFFEE ON PHYSICAL AND SENSORY QUALITY IN ALTO INAMBARI, PERÚ" has been accepted in its current form for publication. Thank you for your valued contribution. On behalf of the Coffee Science Board, we look forward to your continued contributions to the Journal.

Our decision is to: Accept Submission

Sincerely,

Coffee Science Editorial Office



CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

El café es un producto agrícola importante en el mundo (Gutiérrez-Calle et al., 2021) y la bebida más popular del mundo después del agua (Barbin et al., 2014; Mussatto et al., 2011), Perú es el octavo productor de café a nivel mundial (International Coffee Organization, 2020), este producto es producido en 10 regiones del Perú desde 600 hasta 2,200 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), con una superficie cosechada de 375,000 ha (Junta Nacional del Café, 2019). Por las diferentes altitudes en la producción, el Perú posee ecosistemas diversos y cafés de diversas cualidades, los cafés especiales son una oportunidad de mejora económica y social para pequeños productores, ya que el precio del café está relacionado con la calidad (Márquez et al., 2020; Rosas-Echevarría et al., 2019; Silva et al., 2014).

La variedad Catimor es resistente a la roya amarilla y de alta productividad (Research World Coffee, 2020; Julca-Otiniano et al., 2018), por ello es mayormente cultivada en zonas de altitudes medias y bajas.

Los procesos postcosecha son determinantes para las características físicas y sensoriales del producto final, independientemente del método de procesamiento, la fermentación tiene gran influencia en la composición de los granos y su calidad (Velásquez & Banchón, 2022; Guevara-Sánchez et al., 2019; Rodrigues et al., 2020; Cândido et al., 2019). Existen diferentes métodos de procesamiento o beneficio de café: vía seca o natural y vía húmeda o lavado (de Oliveira et al., 2018; Hamdouche et al., 2016; Borém et al., 2013), también el método semi seco o honey que combina los métodos anteriores (Aswathi et al., 2022; Karim et al., 2019), el método anaeróbico también es una alternativa reciente, en la cual la fermentación se realiza sin presencia de oxígeno (Mulyara & Rahmadian, 2021), estos métodos añaden valor al café (Nasution et al., 2020).



En los últimos años los cafés especiales son más requeridos en el mercado, la denominación de café especial está fuertemente relacionado con la calidad física y sensorial, la clasificación de café según la Specialty Coffee Association (SCA), clasifica los cafés especiales de 0 a 100 puntos, resultante de una evaluación física y sensorial.

Existe escasa bibliografía sobre la influencia de los métodos de beneficio en diferentes variedades de café en la calidad, en especial en Perú y América del Sur, existen estudios de comparación de métodos lavado, natural, y honey en China (Chen et al., 2019), en Korea estudiaron los métodos lavado, natural y anaeróbico (Kim et al., 2022), en Colombia se estudió la calidad sensorial (Cruz-O'byrne et al., 2020) con el método lavado.

Con el fin de generar mayores alternativas para los productores de café, aplicando métodos de procesamiento no tradicionales, esta investigación tiene por objetivo evaluar el efecto de cuatro de los métodos de beneficio de café catimor (lavado, honey, natural, anaeróbico) sobre la calidad física y sensorial en Alto Inambari.



CAPITULO II. ARTÍCULO ACEPTADO

EFFECT OF PROCESSING METHODS (WASHED, HONEY, NATURAL, ANAEROBIC) OF CATIMOR COFFEE ON PHYSICAL AND SENSORY QUALITY IN ALTO INAMBARI, PERÚ

ABSTRACT

Coffee cultivation is an important economic activity produced mainly by small producers and is a major exportation product in Peru. Among the coffee varieties grown in the Puno region, the Catimor variety predominates, mainly because of its resistance to yellow rust and productivity. We investigated the effect on the physical and sensory quality of four coffee processing methods (washed, honey, natural, anaerobic) and a control sample. Samples of three kilograms of Catimor coffee cherry were harvested for each benefit method, then the Specialty Coffee Association (SCA) methodology was applied to evaluate the physical and sensory quality, and the results were analyzed with analysis of variance and Tukey's multiple comparison. The results showed that yield, the main attribute of physical quality, grouped the treatments into two different groups: (1) control, 71.17%; washed, 75.83%; and honey, 75.24%; and (2) natural, 44.45%, and anaerobic, 45.70%, from the harvest of the coffee cherry to green coffee, only 13.01% to 15.13% is used for roasting, consumption or transformation. Regarding the sensory quality, of the sensory attributes, only fragrance and body were significantly different, and the total cup score was 82.50 (control), 84.00 (washed), 82.88 (honey), 85.75 (natural) and 87.38 (anaerobic). There is a significant difference between the treatments, despite the lower physical yields of the natural and anaerobic benefits, these benefit methods significantly improve sensory quality and therefore profitability. This study provides a reference for coffee producers on the processing method to generate greater profits, and the organic and volatile components related to the beneficial methods should be studied.



Keywords: anaerobic; coffee farmer; processing method; profitability; wet.

INTRODUCTION

Coffee is an important agricultural product in the world (Gutiérrez-Calle et al., 2021) and the most popular beverage in the world after water (Barbin et al., 2014; Mussatto et al., 2011). Peru is the eighth largest producer of coffee worldwide (International Coffee Organization - ICO, 2020). This product is produced in 10 regions of Peru from 600 to 2,200 meters above sea level (m.a.s.l.), with a harvested area of 375,000 ha (Junta Nacional del Café - JNC, 2019). Due to the different altitudes in production, Peru has diverse ecosystems or life zones, therefore, coffees of diverse qualities, and specialty coffees are an opportunity for economic and social improvement for small producers since the price of coffee is related to quality (Márquez et al., 2020; Rosas-Echevarría et al., 2019; Silva et al., 2014). The Catimor variety is resistant to yellow rust and of high productivity (Research World Coffee - RWC, 2020; Julca-Otiniano et al., 2018), which is why it is mostly cultivated in areas of medium and low altitudes, usually from 900 to 1600 m.a.s.l.

Postharvest processes determine the physical and sensory characteristics of the final product, regardless of the processing method, and fermentation has a great influence on the composition of beans and their quality (Velásquez and Banchón, 2022; Guevara-Sánchez et al., 2019; Rodrigues et al., 2020; Cândido et al., 2019). There are different coffee processing or processing methods: dry or natural methods and wet or washed methods (de Oliveira et al., 2018; Hamdouche et al., 2016; Borém et al., 2013). Additionally, the semidry or honey method combines previous methods (Aswathi et al., 2022; Karim et al., 2019). The anaerobic method is also a recent alternative, in which

fermentation is carried out without the presence of oxygen (Mulyara and Rahmadian, 2021). These methods add value to coffee (Nasution, Hasyim and Lubis, 2020).

In recent years, specialty coffees have become more required in the market, and the denomination of specialty coffees is strongly related to their physical and sensory qualities. Table 1 presents the classification of coffees according to the Specialty Coffee Association (SCA), which classifies specialty coffees from 0 to 100 points, resulting from a physical and sensory evaluation.

Table 1 Scoring and classification for specialty coffees according to SCA (2003).

Score	Quality	Classification
90-100	Outstanding	Specialty
85–89,99	Excellent	Specialty
80–84,99	Very good	Specialty
< 80	Below specialty quality	Not specialty

There is little literature on the influence of processing methods in different coffee varieties on quality, especially in Peru and South America. There are studies comparing washed, natural, and honey methods in China (Chen et al., 2019); in Korea, they studied the washed, natural, and anaerobic methods (Kim et al., 2022); in Colombia, the sensory quality was studied (Cruz-O'byrne; Piraneque-Gambasica; Aguirre-Forero, 2020) with the washed method.

To generate greater alternatives for coffee producers, applying nontraditional processing methods, this research aims to evaluate the effect of four methods of processing coffee (*Coffea arabica* L.) variety Catimor de Alto Inambari on physical and sensory quality.



MATERIALS AND METHODS

Study area

The study was conducted at the Cari farm, Chillcayoc Sector, Pampayamayo Village Center, Alto Inambari district, Puno region (Peru; Latitude: -13.993249, Longitude: -69.237123; between 1200 and 1330 m.a.s.l.). The temperature during the study period was between 15.1 and 27 °C, and the relative humidity was between 47 and 78% (day and night), according to Folmer B. (2017) the climatic cluster is constant. These parameters were obtained with a data logger (TempU03, TZONE, Taiwan) from July to September 2022 (end of harvest season).

Biological material

Mature coffee fruits (selective harvest) of the Catimor variety were harvested, and a control sample of the same variety was also harvested (as is usually done in the study area, without selective harvest). The plantations were cultivated for 6 years under the agroforestry system. Then, the float test was performed, removing immature fruits and debris. Three kilograms were washed and selected for each experimental unit to carry out coffee processing. The fruits were between 13 and 18 °Brix, measured with an optical refractometer (M80, ATC, China), and the color was measured with a colorimeter (Basic, VINCKOLOR, China). In the CIELab measurement system, three repetitions were made by measuring 30 cherry coffee fruits harvested with selective harvesting, similar to the methodology used by Buitrago-Osorio et al. (2022) and Rincon-Jimenez et al. (2021). The average values for L, a, and b were 28.95 ± 5.12 , 11.22 ± 3.33 and 7.04 ± 4.40 , respectively.

Coffee processing

Four coffee processing methods were applied: washed, honey, natural and anaerobic, applying methodologies by Karim et al. (2019), Alomia and Untiveros (2021), Vilca

(2014) and Mulyara and Rahmadian (2021). For each method, three replicates were performed. Figure 1 shows the methodology used for coffee processing.

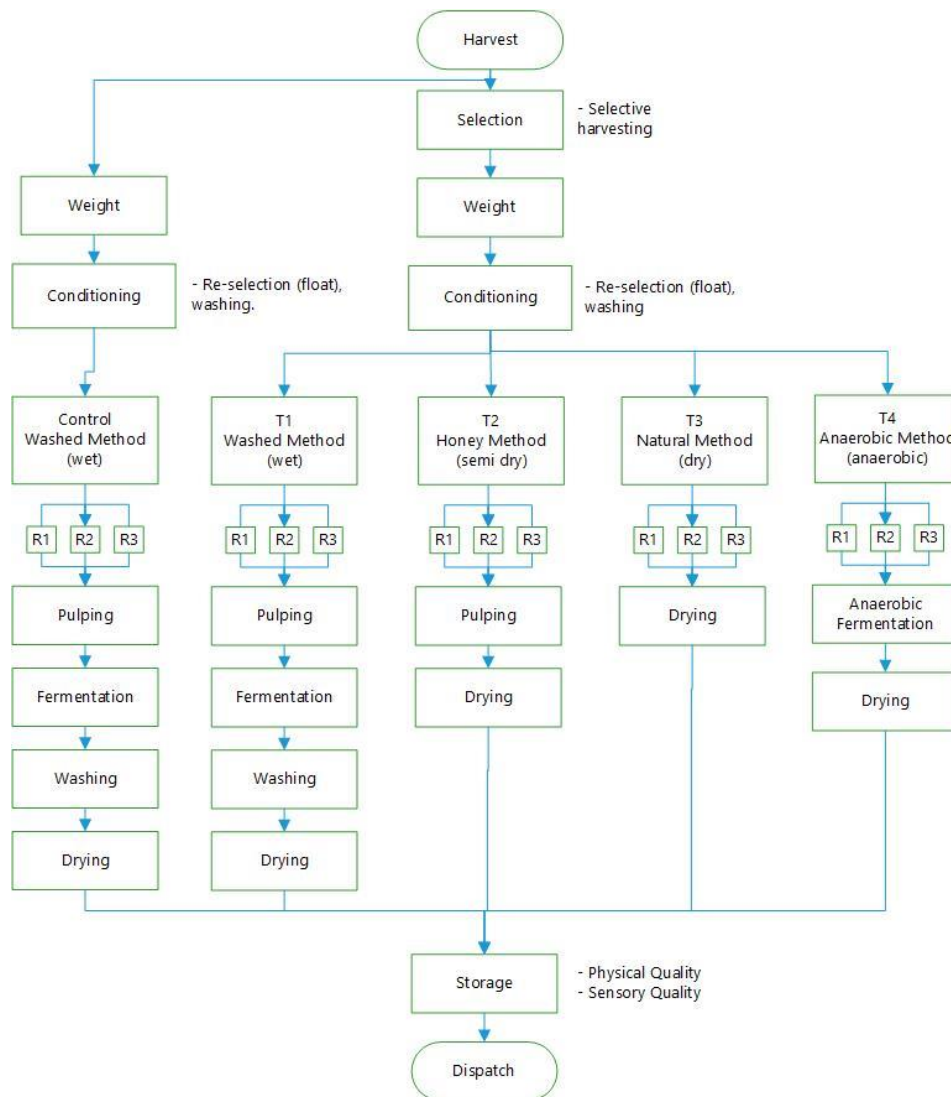


Figure 1. Methodology applied for the processing of Catimor coffee.

The washed processing method was also used for the control sample (traditional method) and T1, the fermentation time was 15 hours, and drying was carried out for 10 days. The honey process - T2 (yellow honey) was carried out by drying the samples after pulping, and the drying time was 15 days.

The natural method - T3 was carried out by drying the samples after conditioning, and the drying time was 23 days. The anaerobic method - T4 was carried out by fermenting



the sample in a GrainPro bag without presence of air, inside a hermetically sealed 15-liter container, the drying time was 23 days.

In all the processing methods, fermentation was also carried out under ambient conditions and drying was carried out until the recommended moisture content of 10 to 12% (dry) was reached (Anokye-Bempah et al., 2022).

Drying was carried out in a solar dryer with wooden pallets, mesh and windows as ventilation system, under natural conditions, at temperatures between 15 and 40 °C and a relative humidity of 29 to 91%. Storage was carried out under shade in Ziplock bags at ambient conditions of 12 to 18 °C and 39.8 to 58% relative humidity. These parameters were obtained with a data logger (TempU03, TZONE, Taiwan).

Physical and sensory quality

SCA methodology was used for coffee quality, samples were evaluated separately according to process method, for the physical analysis (the grading green coffee protocol), the following parameters were considered: moisture (NTP ISO 11294:2001), granulometry and yield, mass balance was calculated according with methodology used by Karim, Wijayanti and Sudaryanto (2019). Figure 2 summarizes the methodology used in the research. The sensory quality analysis was performed in the quality control laboratories of the Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia CECOVASA LTDA (accredited as SCA Premier Training Campuses) and of the coffee trading company CANDELARIA. The analyses were carried out by two professional tasters with international certification Q Arabica Grader granted by the Coffee Quality Institute (CQI), using the methodology SCA (2003) used as an international standard that considers 10 attributes (fragrance, flavor, residual flavor, acidity, body, balance, uniformity, clean cup, sweetness, taster's score), and the total score.

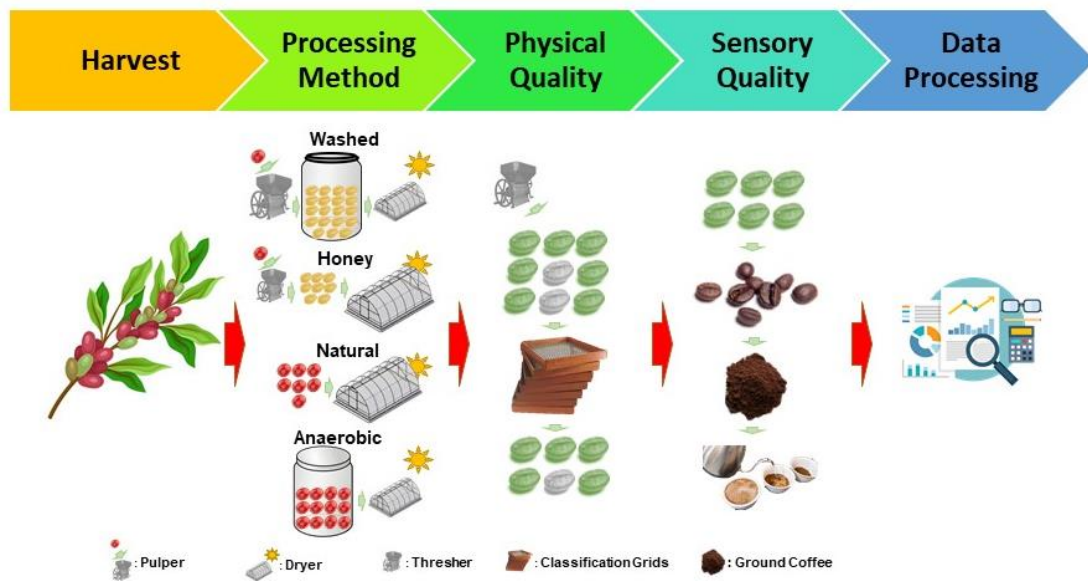


Figure 2. Summary of research methodology

Profitability

To determine the profitability of the coffee processing methods, profitability was determined according to the prices per quintile of parchment coffee (coffee season 2021-2022), which the central cooperative CECOVASA LTDA pays to the coffee producer. This organization has been operating since 1970 and is the main exporter of coffee in the study region.

Statistical design and data analysis

A completely randomized experimental design (CRD) with four treatments and three replications was used, using analysis of variance (ANOVA). For the comparison of treatments, Tukey's multiple comparison methodology was used with a significance level $P \leq 0.05$, and the data were analyzed with R 4.2.2.2 software and RStudio Desktop 2022.12.0.

RESULTS

Physical quality

Moisture values are within the range of 10 to 12% recommended for optimum storage (Anokye-Bempah et al., 2022; ITC, 2022; SCA, 2003). Table 2 details the physical attributes of Catimor variety coffee subjected to four processing methods.

Table 2 Physical quality of Catimor coffee subjected to four processing methods

	Processing Method				
	Control* (wet)	Washed (wet)	Honey (semidry)	Natural (dry)	Anaerobic
Moisture	10.00%	10.50%	10.80%	11.00%	11.40%
Grain size (N° grid)	14 (9%), 15 (91%)	14 (3%), 15 (97%)	14 (5%), 15 (95%)	14 (4%), 15 (96%)	14 (3%), 15 (97%)

* Without selective harvesting

The yield of the treatments (Figure 3) shows a significant difference ($p < 0.05$) according to Tukey's test, grouping into two groups with similar yields, but different between groups: processing method (control, washed, honey) and (natural and anaerobic), this is attributable to the similarity of processes of each group, given that in the natural and anaerobic processing methods drying and storage is performed with the whole coffee fruit without the removal of the husk and mucilage, unlike the washed and honey methods.

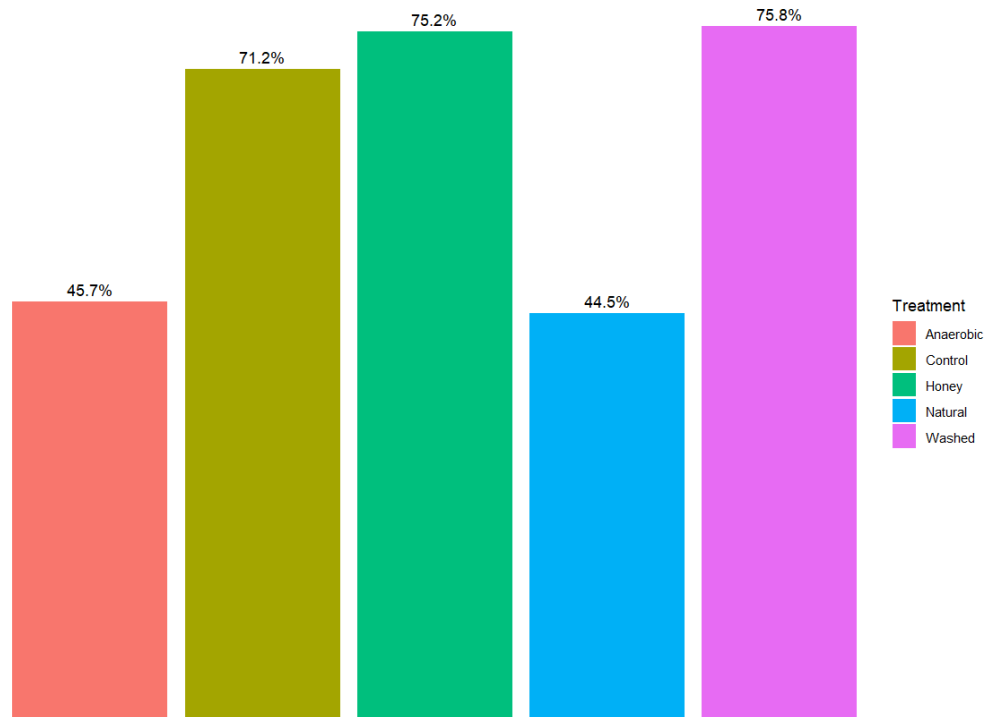


Figure 3. Performance of processing methods for Catimor coffee

The mass balance of the main coffee processing processes (Table 3) shows that from harvest (coffee cherry), only 13.01% to 15.13% is used for roasting and consumption, and the difference is waste that is discarded in each process.

Table 3 Mass balance by processing method for Catimor coffee

	Processing Method				
	Control* (wet)	Washed (wet)	Honey (semidry)	Natural (dry)	Anaerobic
Harvesting	100.00%	100%	100.00%	100.00%	100%
Conditioning	85.94%	89.29%	89.33%	89.52%	89.52%
Pulping	42.41%	44.64%	47.23%	-	-
Demucilaging	39.73%	40.85%	-	-	-
Drying	18.28%	18.48%	19.86%	34.04%	32.88%
Hulling and grading	13.01%	14.02%	14.95%	15.13%	15.03%
Bagging	13.01%	14.02%	14.95%	15.13%	15.03%

* Without selective harvesting

Sensory quality

The results of the sensory quality are presented in Table 4, which indicate that there is a significant difference between the processing methods ($p < 0.05$). The sensory quality attributes fragrance and body are different for each treatment, affirming that the processing method influences the organoleptic attributes proposed by Várady et al. (2022) and Worku et al. (2018). The attributes (flavor, residual flavor, acidity, balance, uniformity, clean cup, sweetness and taster score) do not present significant differences, which is attributed to the fact that the treatments were performed on a single coffee variety.

Table 4 Sensory quality attributes for Catimor coffee by processing method

	Processing Method				
	Control* (wet)	Washed (wet)	Honey (semidry)	Natural (dry)	Anaerobic
Aroma	7.63	7.88	7.75	8.25	8.50
Flavor	7.50	7.88	7.63	8.13	8.38
Aftertaste	7.38	7.50	7.38	7.75	8.25
Acidity	7.38	7.75	7.63	7.88	8.25
Body	7.50	7.63	7.50	7.88	8.00
Balance	7.63	7.63	7.50	8.13	8.00
Uniformity	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Clean Cup	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Sweetness	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Overall	7.50	7.75	7.50	7.75	8.00

* Without selective harvesting

The total score of sensory quality attributes, description and classification are presented in Table 5. The treatments presented significant differences ($p < 0.05$), and the statistical test grouped the processing methods into three groups: (1) control, washed, and honey; (2) washed, honey, and natural; and (3) natural and anaerobic.

Table 5 Total score, classification and description of Catimor coffee by processing method

Processing Method	Score	Quality - Classification	Description
Control* (wet)	82.50	Very Good - Specialty	Chocolate, barley, panela, green banana, astringent rough finish, medium citric acidity, juicy body Sweet chocolate, chamomile,
Washed (wet)	84.00	Very Good - Specialty	molasses, caramel, short smooth finish, medium citrus acidity, smooth juicy body
Honey (semidry)	82.88	Very Good - Specialty	Caramel, honey, chocolate, cereal, dried cane, mild citric acidity, smooth body
Natural (dry)	85.75	Excellent - Specialty	Red wine, grape, malt, short sweet finish, apple caramel, cognac, medium citric acidity, creamy and long lasting body
Anaerobic	87.38	Excellent - Specialty	Pineapple, apricot, pomegranate, red apple, sweet wine, caramel, butter, black raisins, blackberries, capulin,



acetic and phosphoric acidity,
effervescent, creamy and long-
lasting body

* Without selective harvesting

Profitability

Profitability for coffee producers is related to quality (Silva et al., 2014). In the production zone, sensory quality is prioritized, unlike other regions where physical quality is also taken into account. This is why it would be worthwhile to carry out coffee processing with anaerobic and natural methods, since according to the collection prices, the producer would obtain per quintal of parchment coffee of 46 kilograms the following income per processing method as a minimum: S/600 (control), S/750 (washed), S/600 (honey), S/850 (natural), and S/950 (anaerobic), the last treatment being the most profitable, followed by the natural beneficiation method.

DISCUSSION

Physical quality

Regarding granulometry, the bean size for all treatments meets the export criteria that coincide with the values of Guevara-Sánchez et al. (2019) and ITC (2022), which indicate that exportable coffee beans are larger than the size of mesh No. 14-5. 60 mm in diameter (INACAL, 2021), attributable to selective harvesting, the results of the control sample present a lower percentage of exportable beans, possibly because this was harvested without selective harvesting, and overripe, ripe, semiripe, and green beans were processed, coinciding with research that concludes that the stages of maturity influence physical properties (Buitrago-Osorio et al., 2022; Rincon-Jimenez et al., 2021).



The yield values of the washed beneficiation method coincide with the results of research conducted in the study area (Mamani and Condori, 2019; Jarata, 2015), and they also resemble values reported by Alomia and Untiveros (2021) in Satipo (80.83%) and Julca-Otiniano et al. (2018) in Chachamayo (73.62%), the yields of the honey and natural processing methods coincide with the results of Alomia and Untiveros (2021), 75.19% and 47.33%, respectively, because the yields of the anaerobic and natural methods are similar since the coffee cherry remains intact until the moment of processing to obtain green coffee, where husk, mucilage and parchment are discarded. The mass balance shows that on average, only 14.43% of the harvested coffee is roasted, 85.57% are residues (husk, mucilage, grain husk, defects, among others), and the results are similar to the results reported by Karim, Wijayanti and Sudaryanto (2019), but there are differences because they conducted the study with robusta coffee.

Sensory quality

The effect of the washed processing method improves sensory quality to a greater extent than the honey method in the Catimor variety by generating higher values of flavor and taster appreciation. The sensory quality attributes of greater value were obtained with the anaerobic and natural processing methods. Since the processing, drying and storage in both methods are carried out with the coffee cherry intact, there is migration of simple and complex molecules to the coffee bean, which would be attributed to the improvement of the sensory quality, confirming that there are differences between processing methods (Várady et al., 2022; Tassew et al., 2021; Alomia and Untiveros, 2021).

The similarity between processes (1) washed and honey and (2) natural and anaerobic is attributable to the similarity of processes and total score between groups, coinciding with



that proposed by Rodriguez et al. (2020), which indicates that there is no chemical or sensory difference between the washed and honey methods. The natural beneficiation method in comparison with the washed and honey method presents higher values, coinciding with the results of Dharmaputra et al. (2021) and Tassew et al. (2022). The significant increase in the total score of the anaerobic and natural methods is attributed to the metabolites that generate complex sensory descriptors, resulting from the presence of microorganisms (mainly bacteria and yeasts) during the fermentation process and migration of molecules during fermentation and drying.

In the control processing method (traditional in the production zone), barley, green banana and astringency descriptors were found, which diminish its sensory quality (Paredes-Espinosa et al., 2022). This is attributed to the fact that the harvest is carried out without selective harvesting, processing unripe and pinto fruits that generate these descriptors.

The anaerobic processing method presents higher scores, highlighting fruity descriptors, dried fruits, red fruits, acetic acidity, phosphoric acidity, and effervescence, coinciding with the values obtained by Jimenez et al. (2023) and Diaz (2020), presenting greater complexity (Figure 4), being classified according to the international SCA standard as a specialty coffee of excellent quality, as is the case with the natural processing method.

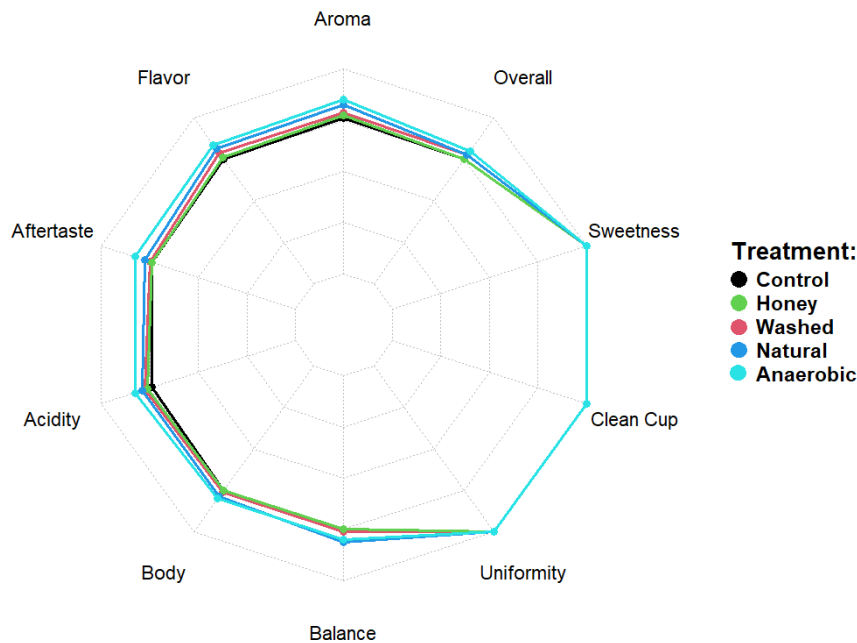


Figure 4. Sensory diagram of Catimor coffee by processing method

The results indicate that there are significant differences between the coffee processing methods and the control sample. The washed and honey methods have better physical quality than the natural and anaerobic methods but contrast in sensory quality where the last abovementioned methods present higher values than the washed and honey methods. These differences are mainly attributed to the selective harvesting, the processes of each processing method, especially fermentation and drying, the migration of simple and complex chemical substances to the coffee bean, and the metabolites resulting from the metabolic activity of the microorganisms present during these processes. Finally, the anaerobic method presents the highest sensory values due to the complexity of sensory attributes that it generates, attributed to metabolites generated by microorganisms that develop in the absence of oxygen in the fermentation process.



CONCLUSION

There is a significant difference between the following processing methods: washed, honey, natural and anaerobic in physical and sensory quality. The washed and honey methods present similar physical quality but are superior to the natural and anaerobic processing methods. The washed, natural and anaerobic processing methods improve the sensory quality of Catimor variety coffee, and the honey processing method is not recommended for the processing of Catimor variety coffee. Despite the lower physical yields of the natural and anaerobic methods, it is recommended to use these processing methods because of the significant increase in sensory quality, therefore, they are more profitable. This increase is attributed to selective harvesting, the presence and interaction of molecules and metabolites during the fermentation and drying processes, and the types of microorganisms present. The anaerobic processing method is attributed to the greater complexity of sensory quality with respect to other methods due to the development of microorganisms in the absence of oxygen during the fermentation process, constituting together with the natural processing method an alternative for coffee growers to generate greater income and make coffee cultivation more profitable. There are also processing methods such as red honey, black honey, lactic fermentation, malic fermentation, and carbonic fermentation that could improve the physical and sensory quality of coffee, and the related organic and volatile components should also be studied.

AUTHORS' CONTRIBUTION

RNVA wrote the manuscript and performed the experiment, GILM supervised the experiment and co-work the manuscript, and GILM review and approved the final version of the work, RNVA conducted all statistical analyses.



REFERENCIAS

- ALOMIA, J. M.; UNTIVEROS, C. M. Beneficios con lavado, honey y natural de granos de *Coffea arábica* L. variedad catimor en la calidad física y organoléptica, Satipo - Perú. *Revista Investigación Agraria*, 3(2):27-42, 2021.
- ANOKYE-BEMPAH, L. et al. The use of desiccants for proper moisture preservation in green coffee during storage and transportation. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11:100478, 2022.
- ASWATHI, K. N. et al. Metagenomics and metabolomic profiles of *Coffea canephora* processed by honey/pulped natural technique. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79:103058, 2022.
- BARBIN, D. F. et al. Application of infrared spectral techniques on quality and compositional attributes of coffee: An overview. *Food Research International*, 61(1):23-32, 2014.
- BORÉM, F. M. et al. Microscopia electrónica de verredura de graos de café submetidos a diferentes formas de processamento e secagem. *Coffee Science*, 8(2):218-225, 2013.
- BUITRAGO-OSORIO, J. et al. Physical-mechanical characterization of coffee fruits *Coffea arabica* L. var. Castillo classified by a colorimetry approach. *Materialia*, 21:101330, 2022.
- CÂNDIDO, T. A. et al. Effect of induced biological fermentations on coffee sensory quality. *Coffee Science*, 14(4):473-476, 2019.
- CHEN, Y. L. et al. Influence of different primary process on the quality of arabica coffee in yunnan province. *Modern Food Science and Technology*, 35(2):146-156, 2019.



CRUZ-O'BYRNE, R.; PIRANEQUE-GAMBASICA, N.; AGUIRRE-FORERO, S. Physicochemical, microbiological, and sensory analysis of fermented coffee from Sierra Nevada of Santa Marta, Colombia. *Coffee Science*, 15:e151797, 2020.

DE OLIVEIRA, P. D. et al. Quality of natural and pulped coffee as a function of temperature changes during mechanical drying. *Coffee Science*, 13(4):415-425, 2018.

DHARMAPUTRA, O. S. et al. Assessment of the quality of arabica coffee beans from three processing methods and two types of packaging materials. *Biotropia*, 28(3):193-203, 2021.

FOLMER, B. *The craft and science of coffee*. London, Elsevier, 2017. 22p.

GUEVARA-SÁNCHEZ, M. et al. Efecto de la altitud en la calidad del café (*Coffea arabica* L.): Comparación entre secado mecánico y tradicional. *Scientia Agropecuaria*, 10(4):505-510, 2019.

GUTIÉRREZ-CALLE, S. A. et al. Capillary electrophoresis as a tool for genotyping SH3 mediated coffee leaf rust resistance. *Scientia Agropecuaria*, 12(1):91-99, 2021.

HAMDOUCHE, Y. et al. Discrimination of post-harvest coffee processing methods by microbial ecology analyses. *Food Control*, 65:112-120, 2016.

INACAL. *Guía de Implementación de la Norma Técnica Peruana 209.027:2018*. Instituto Nacional de Calidad, 2021. Available at:
<https://www.gob.pe/institucion/inacal/informes-publicaciones/2187944-gip-101-guia-de-implementacion-de-la-norma-tecnica-peruana-ntp-209-027-2018-cafe-cafe-verde-requisitos>. Accessed on: 19 Sep, 2022.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO. *Historical data on the global coffee trade 2020 data base*. 2020. Available in:
http://www.ico.org/new_historical.asp. Access in: May 23, 2023.



ITC. La Guía del Café Cuarta Edición. Ginebra, Centro de Comercio

Internacional, 2022. 12p. Available at:

<https://intracen.org/es/recursos/publicaciones/la-guia-del-cafe-cuarta-edicion>. Accessed on: 19 Sep, 2022.

JIMENEZ, E. J. M. et al. Influence of anaerobic fermentation and yeast inoculation on the viability, chemical composition, and quality of coffee. *Food Bioscience*, 51:102218, 2023.

JUNTA NACIONAL DEL CAFÉ - JNC. El cafetalero: La caficultura peruana está en riesgo por bajos precios y altos costos de producción. Lima, Junta Nacional del Café, p. 10-12, 2019.

JULCA-OTINIANO, A. et al. Behavior of three cultivars of coffee (Catimor, Colombia and Costa Rica 95) in the valley of el Perené, Junín, Perú. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 34(3):205-215, 2018.

KARIM, M. A.; WIJAYANTI, F.; SUDARYANTO, A. Comparative studies of coffee processing methods for decision making in appropriate technology implementation. *AIP Conference Proceedings*, 2114(1):020015, 2019.

KIM, C. et al. Interactive effect of post-harvest processing method, roasting degree, and brewing method on coffee metabolite profiles. *Food Chemistry*, 397:133749, 2022.

MÁRQUEZ, F. et al. Relación entre las características del suelo y altitud con la calidad sensorial de café cultivado bajo sistemas agroforestales en Cusco, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 11(4):529-536, 2020.

MULYARA, B.; RAHMADIAN, Y. Non-volatile compounds of unwashed Gayo Arabica coffee (*Coffea arabica*) with anaerobic fermentation process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 828:012022, 2021.



MUSSATTO, S. et al. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food Bioprocess Technology*, 4(5):661-672, 2011.

NASUTION, W. I.; HASYIM, H.; LUBIS, S. N. Analysis of value added of Arabica Coffee in central aceh regency (case of Indi Gayo Coffee business unit). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 454:012006, 2020.

PAREDES-ESPINOSA, R. et al. Cosecha y beneficio húmedo para cafés especiales. INIA, 2022. Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.12955/2045>. Accessed on: 18 Sep, 2022.

QUISPE, M. Estudio de calidad física y calidad de taza de café (*Coffea arabica* L.) de dos zonas de cultivo de la provincia de Sandia cosecha 2019. *Revista Científica I+D Aswan Science*, 1(1):1-7, 2020.

RAMOS, E.; LIMA-MEDINA, I.; CORNEJO-CONDORI, G. Comparativo de calidad organoléptica de café (*Coffea arabica* L.) en Puno - Perú y La Paz – Bolivia. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(4):283-292, 2019.

RINCON-JIMENEZ, A. et al. Ripeness stage characterization of coffee fruits (*Coffea arabica* L. var. Castillo) applying chromaticity maps obtained from digital images. *Materials Today*, 44(1):1271-1278, 2021.

RODRIGUES, S. D. et al. Sensory Q-Grader evaluation of fermented arabica coffees by yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and lactic bacteria (*pediococcus acidilactici*) cultures. *Coffee Science*, 15:e151690, 2020.

RODRIGUEZ, Y. F. B.; GUZMAN, N. G.; HERNANDEZ, J. G. Effect of the postharvest processing method on the biochemical composition and sensory analysis of arabica coffee. *Engenharia Agrícola*, 40(2):177-183, 2020.



ROSAS-ECHEVARRÍA, C. W.; SOLÍS-BONIFACIO, H.; CERNA-CUEVA, A. F. Sistema eficiente y de bajo costo para la selección de granos de café: Una aplicación de la visión artificial. *Scientia Agropecuaria*, 10(3):347-351, 2019.

Research World Coffee - RWC. Variety Catalog. Variety Catimor, 2020.
Available at: <https://varieties.worldcoffeeresearch.org/varieties/catimor-129>. Accessed on: 18 Sep, 2022.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION - SCA. Protocols & best practices. 2003. Specialty Coffee Association Available in: <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices>. Access in: May 23, 2023.

SILVA, S. A. et al. Coffee quality and its relationship with Brix degree and colorimetric information of coffee cherries. *Precision Agriculture*, 15(5):543-554, 2014.

TASSEW, A. A. et al. Influence of location, elevation gradients, processing methods, and soil quality on the physical and cup quality of coffee in the Kafa Biosphere Reserve of SW Ethiopia. *Heliyon*, 7(8):e07790, 2021.

TASSEW, A. A. et al. Location, production systems, and processing method effects on qualities of kafa biosphere reserve coffees. *Agrosystems, Geosciences and Environment*, 5(2):1-10, 2022.

VÁRADY, M. et al. Effect of method of processing specialty coffee beans (natural, washed, honey, fermentation, maceration) on bioactive and volatile compounds. *LWT*, 172:114245, 2022.

VELÁSQUEZ, S.; BANCHÓN, C. Influence of pre-and post-harvest factors on the organoleptic and physicochemical quality of coffee: a short review. *Journal of Food Science and Technology*, 60(1):1-13, 2022.






WORKU, M. et al. Effect of altitude on biochemical composition and quality of green arabica coffee beans can be affected by shade and postharvest processing method. Food Research International, 105(1):278-285, 2018.

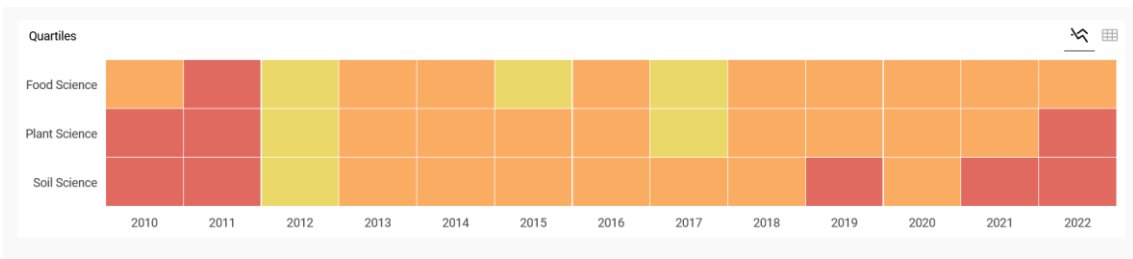


ANEXOS

ANEXO 1: INFORMACIÓN DE LA REVISTA

Coffee Science

<p>COUNTRY</p> <p>Brazil</p> <p> Universities and research institutions in Brazil</p> <p> Media Ranking in Brazil</p>	<p>SUBJECT AREA AND CATEGORY</p> <p>Agricultural and Biological Sciences</p> <ul style="list-style-type: none"> Food Science Plant Science Soil Science 	<p>PUBLISHER</p> <p>Editora UFLA</p> <p> Universidade Federal de Lavras in Scimago Institutions Rankings</p>	<p>H-INDEX</p> <p>18</p>
<p>PUBLICATION TYPE</p> <p>Journals</p>	<p>ISSN</p> <p>18096875</p>	<p>COVERAGE</p> <p>2009-2022</p>	<p>INFORMATION</p> <p>Homepage</p> <p>How to publish in this journal</p> <p>coffeescience@ufla.br</p>





ANEXO 2: TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL

EFFECTO DE LOS MÉTODOS DE BENEFICIO DE CAFÉ CATIMOR (LAVADO, HONEY, NATURAL, ANAERÓBICO) SOBRE LA CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL EN ALTO INAMBARI, PERÚ

RESUMEN

El cultivo de café es una actividad económica importante, producido mayormente por pequeños productores, siendo un producto principal de exportación en el Perú, entre las variedades de café cultivadas en la región Puno predomina la variedad Catimor, por su resistencia a la roya amarilla y productividad principalmente. Se investigó el efecto en la calidad física y sensorial de cuatro métodos de beneficio de café (lavado, honey, natural, anaeróbico) y una muestra control, se cosecharon muestras de tres kilogramos de café Catimor para cada método de beneficio, posteriormente se aplicó la metodología de la Specialty Coffee Association (SCA) para evaluar la calidad física y sensorial, los resultados se analizaron con análisis de varianza y comparación múltiple de Tukey. Los resultados demostraron que el rendimiento, atributo principal de la calidad física, agrupa a los tratamientos en dos grupos diferentes: (1) control 71,17%, lavado 75,83%, honey 75,24% y (2) natural 44,45%, anaeróbico 45,70%; respecto a la calidad sensorial, de los atributos sensoriales solo fragancia y cuerpo son significativamente diferentes, el puntaje total en taza fue: 82,50 (control), 84,00 (lavado), 82,88 (honey), 85,75 (natural) y 87,38 (anaeróbico). Existe diferencia significativa entre los tratamientos, a pesar de los rendimientos menores de los beneficios natural y anaeróbico, estos métodos de beneficio mejoran significativamente la calidad sensorial, por ende, la rentabilidad. El estudio da referencia al productor cafetalero sobre el método de beneficio a usar para generar mayores ingresos económicos, se debe estudiar los componentes orgánicos y volátiles relacionados con los métodos de beneficio.



Palabras clave: anaeróbico, beneficio de café; calidad física; calidad sensorial; Catimor; método de procesamiento; rentabilidad.

INTRODUCCIÓN

El café es un producto agrícola importante en el mundo (Gutiérrez-Calle et al., 2021) y la bebida más popular del mundo después del agua (Hailu, 2015; Barbin et al., 2014), Perú es el octavo productor de café a nivel mundial (International Coffee Organization, 2020), este producto es producido en 10 regiones del Perú desde 600 hasta 2,200 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), con una superficie cosechada de 375,000 ha (Junta Nacional del Café, 2019). Por las diferentes altitudes en la producción, el Perú posee ecosistemas diversos y cafés de diversas cualidades, los cafés especiales son una oportunidad de mejora económica y social para pequeños productores, ya que el precio del café está relacionado con la calidad (Márquez et al., 2020; Rosas-Echevarría et al., 2019; Silva et al., 2014).

La variedad Catimor es resistente a la roya amarilla y de alta productividad (World Coffee Research, 2020; Julca-Otiniano et al., 2018), por ello es mayormente cultivada en zonas de altitudes medias y bajas.

Los procesos postcosecha son determinantes para las características físicas y sensoriales del producto final, independientemente del método de procesamiento, la fermentación tiene gran influencia en la composición de los granos y su calidad (Velásquez & Banchón, 2022; Guevara-Sánchez et al., 2019; Rodrigues et al., 2020; Cândido et al., 2019). Existen diferentes métodos de procesamiento o beneficio de café: vía seca o natural y vía húmeda o lavado (de Oliveira et al., 2018; Hamdouche et al., 2016; Borém et al., 2013), también el método semi seco o honey que combina los métodos anteriores (Aswathi et al., 2022; Karim et al., 2019), el método anaeróbico también es una alternativa reciente, en la cual

la fermentación se realiza sin presencia de oxígeno (Mulyara & Rahmadian, 2021), estos métodos añaden valor al café (Nasution et al., 2020).

En los últimos años los cafés especiales son más requeridos en el mercado, la denominación de café especial está fuertemente relacionado con la calidad física y sensorial, en la Tabla 1 se presenta la clasificación de café según la Specialty Coffee Association (SCA), que clasifica los cafés especiales de 0 a 100 puntos, resultante de una evaluación física y sensorial.

Tabla 1

Puntuación y clasificación para cafés especiales según (SCA, 2003).

Puntaje Total	Calidad	Clasificación
90 - 100	Sobresaliente	Especialidad
85 – 89,99	Excelente	Especialidad
80 – 84,99	Muy Bueno	Especialidad
< 80	Por debajo de calidad de especialidad	Comercial

Existe escasa bibliografía sobre la influencia de los métodos de beneficio en diferentes variedades de café en la calidad, en especial en Perú y América del Sur, existen estudios de comparación de métodos lavado, natural, y honey en China (Chen et al., 2019), en Korea estudiaron los métodos lavado, natural y anaeróbico (Kim et al., 2022), en Colombia se estudió la calidad sensorial (Cruz-O'byrne et al., 2020) con el método lavado.

Con el fin de generar mayores alternativas para los productores de café, aplicando métodos de procesamiento no tradicionales, esta investigación tiene por objetivo evaluar el efecto de cuatro métodos de beneficio de café (*Coffea arabica L.*) variedad Catimor de Alto Inambari en la calidad física y sensorial.



MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la finca Cari, Sector Chillcayoc, Centro Poblado Pampayamayo del distrito de Alto Inambari región Puno (Perú, Latitud: -13.993249, Longitud: -69.237123; entre 1200 a 1330 m.s.n.m). La temperatura durante el periodo de estudio fue entre 15.1 a 27 °C y la humedad relativa ambiental de 47 a 78 %, estos parámetros fueron obtenidos con un data logger (TempU03, TZONE, Taiwán), durante los meses de julio a septiembre del año 2022.

Material biológico

Se cosecharon frutos de café maduros (cosecha selectiva) de variedad Catimor, también se cosecho una muestra de control de la misma variedad (como usualmente se realiza en el área de estudio, sin cosecha selectiva), las plantaciones tienen 6 años cultivados bajo sistema agroforestal, posteriormente se realizó la prueba de flote, quitando frutos inmaduros y desechos, se lavaron y seleccionaron 3 kilogramos por cada unidad experimental para realizar el beneficio de café, los frutos tuvieron entre 13 a 18 °brix, medidos con un refractómetro óptico (M80, ATC, China), el color fue medido con un colorímetro (Basic, VINCKOLOR, China), en el sistema de medición CIELab, se realizaron tres repeticiones por medición de 30 frutos de café cerezo cosechados con cosecha selectiva, similar a la metodología usada por Buitrago-Osorio et al. (2022) y Rincon-Jimenez et al. (2021), el promedio fue L: 28.95 ± 5.12 , a: 11.22 ± 3.33 y b: 7.04 ± 4.40 .

Beneficio de café

Se aplicaron cuatro métodos de beneficio de café: lavado, honey, natural y anaeróbico, aplicando metodologías realizadas por Karim et al. (2019), Alomia & Untiveros (2021),

Vilca (2014) y Mulyara & Rahmadian (2021), para cada método se realizaron tres repeticiones. En la Figura 1 se muestra la metodología usada para el beneficio de café.

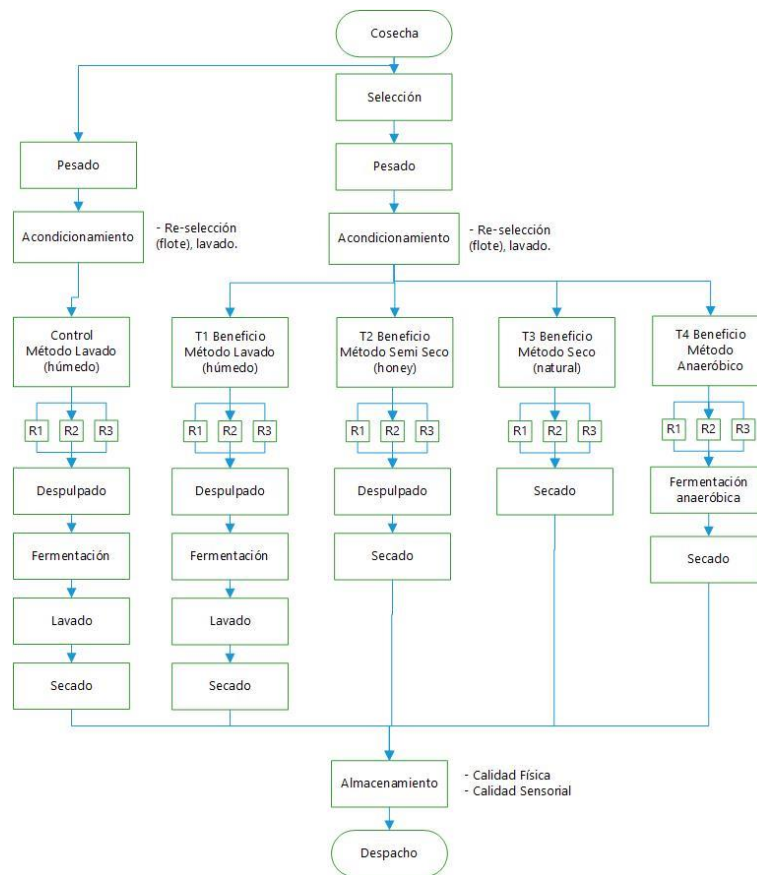


Figura 1. Metodología aplicada para el beneficio de café variedad Catimor

El método de beneficio lavado fue usado también para la muestra de control (método tradicional), el tiempo de fermentación fue por 15 horas, el secado se realizó por 10 días. El beneficio honey se realizó secando las muestras posterior al despulpado, el tiempo de secado fue de 15 días. El método beneficio natural se realizó secando las muestras después del acondicionamiento, el tiempo de secado fue de 23 días. El método anaeróbico se realizó, fermentando la muestra en un recipiente de 15 litros cerrado herméticamente, el tiempo de secado fue de 23 días. En todos los métodos de beneficio el secado se realizó hasta llegar a la humedad recomendada de 10 a 12% (Anokye-Bempah et al., 2022). El secado se realizó en un secador solar con tarimas de madera y malla, a condiciones de temperatura entre 15 a 40 °C, humedad relativa 29 a 91 %, el almacenamiento se realizó

bajo sombra en bolsas zipblock, a condiciones ambientales de 12 a 18 °C y 39.8 a 58 % de humedad relativa, estos parámetros fueron obtenidos con un data logger (TempU03, TZONE, Taiwán).

Calidad física y sensorial

Para el análisis físico se consideraron los parámetros: humedad, granulometría y rendimiento, en la Figura 2 se resume la metodología utilizada en la investigación, el análisis de calidad sensorial se realizó en los laboratorios de control de calidad de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia CECOVASA LTDA (acreditado como SCA Premier Training Campuses), y de la empresa comercializadora de café CANDELARIA, los análisis fueron realizados por dos catadores profesionales con certificación internacional Q Arabica Grader otorgado por el Coffee Quality Institute (CQI), se utilizó la metodología (SCA, 2003) usada como estándar internacional que considera 10 atributos (fragancia, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, equilibrio, uniformidad, taza limpia, dulzor, puntaje del catador), y el puntaje total.



Figura 2. Resumen de la metodología de investigación



Rentabilidad

Para determinar la rentabilidad de los métodos de beneficio de café, se realizó de acuerdo a los precios de acopio por quintal de café pergamino (campana cafetalera 2021 – 2022), que la central de cooperativas CECOVASA LTDA paga al productor de café, esta organización opera desde el año 1970, y es el principal exportador de café en la región de estudio.

Diseño estadístico y análisis de datos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones, utilizando el análisis de varianza (ANOVA), para la comparación de tratamientos se utilizó la metodología de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia $P \leq 0.05$, los datos fueron analizados con el software R 4.2.2 y RStudio Desktop 2022.12.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad física

Los valores de humedad se encuentran dentro del rango de 10 a 12% recomendado para un óptimo almacenamiento (Anokye-Bempah et al., 2022; ITC, 2022; SCA, 2003), en la Tabla 2 se detalla los atributos físicos del café variedad Catimor sometido a cuatro métodos de beneficio. Respecto a la granulometría, el tamaño de grano para todos los tratamientos cumplen con los criterios de exportación que coinciden con los valores de Guevara-Sánchez et al. (2019) y ITC (2022), que indican que los granos de café exportables son de tamaño superior a la malla N° 14 – 5.60 mm de diámetro (INACAL, 2021), atribuible a la cosecha selectiva, los resultados de la muestra control presentan menor porcentaje de grano exportable, posiblemente porque esta fue cosechada sin

cosecha selectiva, es decir se procesaron granos sobre maduros, maduros, pintones, y verdes, coincidiendo con investigaciones que concluyen que los estados de madurez influyen en las propiedades físicas (Buitrago-Osorio et al., 2022; Rincon-Jimenez et al., 2021).

Tabla 2

Calidad física de café variedad Catimor sometidos a cuatro métodos de beneficio

Atributo	Método de Beneficio				
	Control*	Lavado	Honey	Natural	Anaeróbico
Humedad	10,00%	10,50%	10,80%	11,00%	11,40%
Granulometría (N° malla)	14 (9%), 15 (91%)	14 (3%), 15 (97%)	14 (5%), 15 (95%)	14 (4%), 15 (96%)	14 (3%), 15 (97%)

*Cosechado sin cosecha selectiva

El rendimiento de los tratamientos (Figura 3) presenta diferencia significativa ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey, agrupándose en dos grupos con rendimientos similares, pero diferentes entre grupos: método de beneficio (control, lavado, honey) y (natural y anaeróbico), esto es atribuible a la similitud de procesos de cada grupo, dado que en los métodos de beneficio natural y anaeróbico el beneficio, secado y almacenamiento se realiza con el fruto del café entero sin la remoción de la cascara y mucilago a diferencia de los métodos lavado y honey. Los valores de rendimiento del método de beneficio lavado coincide con los resultados de investigaciones realizadas en la área de estudio (Mamani & Condori, 2019; Jarata, 2015), también se asemejan con valores reportados por Alomia & Untiveros (2021) en Satipo (80.83%) y Julca-Otiniano et al. (2018) en Chachamayo (73.62%), el rendimiento del método de beneficio honey y natural coinciden con los resultados de Alomia & Untiveros (2021), 75.19% y 47.33% respectivamente, respecto a los rendimientos de los métodos anaeróbico y natural son similares ya que la cereza de café se mantiene intacta hasta el momento de procesamiento para obtención de café verde, donde cascara, mucilago y pergamino se descartan.

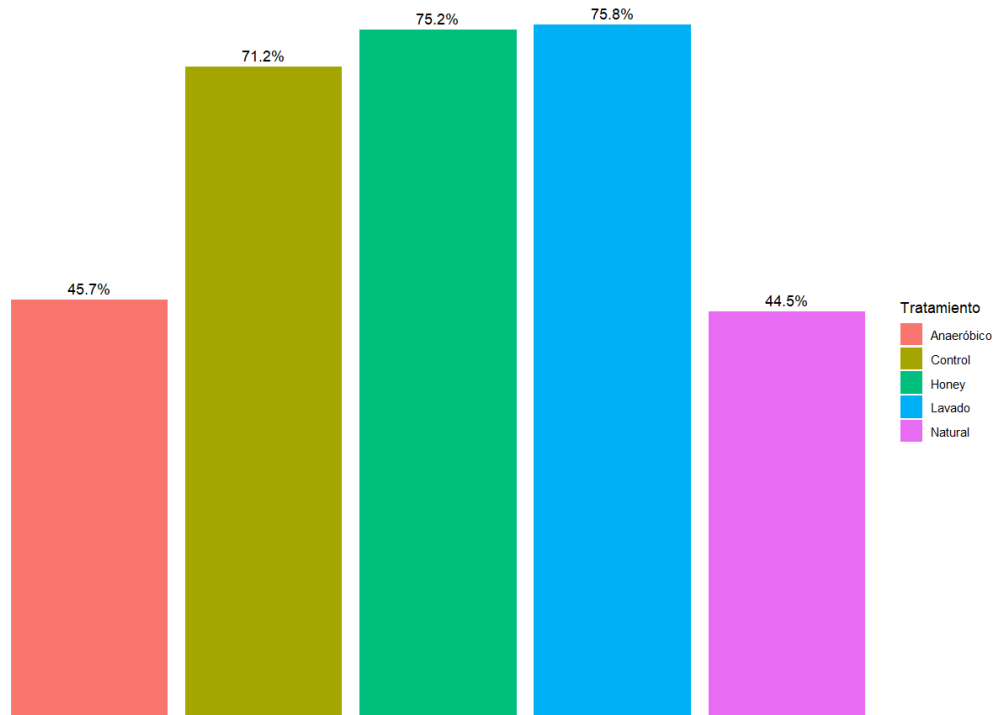


Figura 3. Rendimiento de métodos de beneficio de café variedad Catimor

Calidad sensorial

Los resultados de la calidad sensorial se presentan en la Tabla 3, estos indican que existe diferencia significativa entre los métodos de beneficio ($p < 0.05$), los atributos de calidad sensorial fragancia y cuerpo son diferentes para cada tratamiento afirmando que el método de procesamiento influye en los atributos organolépticos propuesto por Várady et al. (2022) y Worku et al. (2018), los atributos (sabor, sabor residual, acidez, equilibrio, uniformidad, taza limpia, dulzor y puntaje catador) no presentan diferencias significativas, esto se atribuye a que los tratamientos se realizaron a una sola variedad de café. El efecto del método de beneficio lavado mejora la calidad sensorial en mayor medida que el método honey en la variedad Catimor, por generar mayores valores de sabor y apreciación del catador, los atributos de calidad sensorial de mayor valor se obtuvieron con los métodos de beneficio anaeróbico y natural, ya que el beneficio, secado y almacenamiento en ambos métodos se realiza con el cerezo de café intacto, existiendo

migración de moléculas simples y complejas al grano de café, esto estaría atribuido a la mejora de la calidad sensorial.

Tabla 3

Atributos de calidad sensorial por método de beneficio de café Catimor

Atributo	Método de Beneficio				
	Control*	Lavado	Honey	Natural	Anaeróbico
Francia/Aroma	7,63	7,88	7,75	8,25	8,50
Sabor/Flavor	7,50	7,88	7,63	8,13	8,38
Sabor residual/Aftertaste	7,38	7,50	7,38	7,75	8,25
Acidez/Acidity	7,38	7,75	7,63	7,88	8,25
Cuerpo/Body	7,50	7,63	7,50	7,88	8,00
Equilibrio/Balance	7,63	7,63	7,50	8,13	8,00
Uniformidad/Uniformity	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Taza Limpia/Clean Cup	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Dulzor/Sweetness	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Puntaje catador/Overall	7,50	7,75	7,50	7,75	8,00

* Cosechado sin cosecha selectiva

El puntaje total de los atributos de calidad de sensorial, descripción y clasificación se presentan en la Tabla 4, los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) confirmando que existen diferencias entre métodos de beneficio (Várady et al., 2022; Tassew et al., 2021; Alomia & Untiveros, 2021), la prueba estadística agrupa los métodos de beneficio en tres grupos: (control, lavado, honey), (lavado, honey, natural), y (natural, anaeróbico), atribuible a la similitud de procesos y puntaje total entre grupos, coincidiendo con lo propuesto por Rodriguez et al. (2020) que indica que no hay diferencia química ni sensorial entre los métodos lavado y honey, el método de beneficio natural en comparación con el método lavado y honey presenta valores superiores coincidiendo con los resultados de Dharmaputra et al. (2021) y Tassew et al. (2022).

Tabla 4

Puntaje total, clasificación y descripción de métodos de beneficio de café

Catimor

Método de Beneficio	Puntaje	Calidad - Clasificación	Descripción
Control*	82,50	Muy Bueno - Especialidad	Chocolate, cebada, panela, plátano verde, final áspero astringente, acidez cítrica media, cuerpo jugoso
Lavado	84,00	Muy Bueno - Especialidad	Chocolate dulce, manzanilla, melaza, caramelo, final corto suave, acidez cítrica media, cuerpo jugoso terso
Honey	82,88	Muy Bueno - Especialidad	Caramelo, miel, chocolate, cereal, caña seca, acidez cítrica suave, cuerpo terso
Natural	85,75	Excelente - Especialidad	Vino tinto, uva, malta, final corto dulce, caramelo de manzana, coñac, acidez cítrica media, cuerpo cremoso y duradero
Anaeróbico	87,38	Excelente - Especialidad	Piña, albaricoque, granada, manzana roja, vino dulce, caramelo, mantequilla, pasas negras, moras, capulí, acidez acética, fosfórica, efervescente, cuerpo cremoso y duradero

* Cosechado sin cosecha selectiva

En el método de beneficio de control (tradicional en la zona de producción) se encontraron descriptores a cebada, plátano verde, astringencia, que disminuyen su calidad sensorial (Paredes-Espinosa et al., 2022), esto se atribuye a que la cosecha se realiza sin cosecha selectiva, realizando el beneficio de frutos inmaduros y pintones que generan estos descriptores.

El método de beneficio anaeróbico presenta mayor puntaje, destacando descriptores frutales, frutos secos, frutos rojos, acidez acética, fosfórica, y efervescencia coincidiendo con los valores obtenidos por Jimenez et al. (2023) y Diaz (2020), presentando mayor complejidad (Figura 4), clasificándose según el estándar internacional SCA como un café de especialidad de calidad excelente, al igual que el método de beneficio natural. El

incremento significativo de puntaje total de los métodos anaeróbico y natural son atribuidos a los metabolitos que generan descriptores sensoriales complejos, resultantes de la presencia de microorganismos (bacterias y levaduras principalmente) durante el proceso de la fermentación y migración de moléculas durante la fermentación y secado.

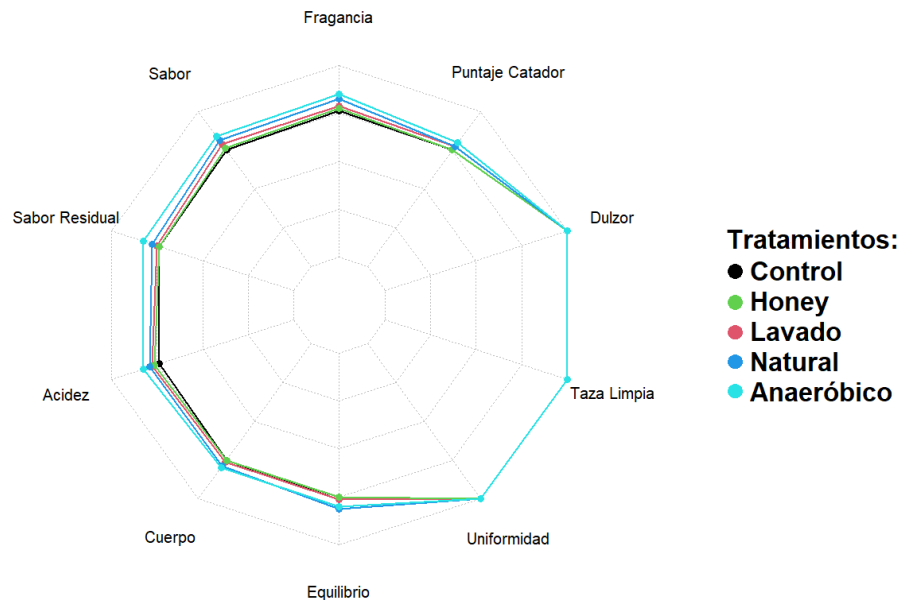


Figura 4. Diagrama sensorial por método de beneficio de café Catimor

Los resultados indican que existen diferencias significativas entre los métodos de beneficio de café y la muestra control. El método lavado y honey tienen mejor calidad física que los métodos natural y anaeróbico, pero contrastan en la calidad sensorial donde estos últimos métodos presentan valores superiores a los métodos lavado y honey. Estas diferencias están atribuidas principalmente a la cosecha selectiva, los procesos de cada método de beneficio, en especial la fermentación y secado, la migración de sustancias químicas simples y complejas al grano de café, y los metabolitos resultantes de la actividad metabólica de los microorganismos presentes durante estos procesos, finalmente el método anaeróbico presenta los valores sensoriales más altos superiores por la complejidad de atributos sensoriales que genera, atribuidos a metabolitos generados por



microorganismos que se desarrollan en ausencia de oxígeno en el proceso de fermentación.

Rentabilidad

La rentabilidad para los productores de café está relacionada con la calidad (Silva et al., 2014), en la zona de producción se prioriza la calidad sensorial, a diferencia de otras regiones donde también se toma en cuenta la calidad física, es por esto que valdría la pena realizar el beneficio de café con los métodos anaeróbico y natural, ya que de acuerdo a los precios de acopio, el productor obtendría por quintal de café pergamino de 46 kilogramos los siguientes ingresos por método de beneficio como mínimo: S/ 600 (control), S/ 750 (lavado), S/ 600 (honey), S/ 850 (natural), S/ 950 (anaeróbico), siendo este último tratamiento el más rentable, seguido del método de beneficio natural.

CONCLUSIONES

Existe diferencia significativa entre los métodos de beneficio: lavado, honey, natural y anaeróbico en la calidad física y sensorial, el método lavado y honey presentan calidad física similar pero superiores a los métodos de beneficio natural y anaeróbico. Los métodos de beneficio lavado, natural y anaeróbico mejoran la calidad sensorial de café variedad Catimor, el método de beneficio honey no es recomendable para el beneficio de café variedad Catimor, a pesar de los rendimientos físicos menores de los métodos natural y anaeróbico, se recomienda utilizar estos métodos de beneficio por el incremento significativo de calidad sensorial, por lo tanto, son más rentables, este incremento se atribuye a la cosecha selectiva, presencia e interacción de moléculas y metabolitos durante los procesos de fermentación y secado, y los tipos de microorganismos presentes, al método de beneficio anaeróbico se le atribuye la mayor complejidad de calidad sensorial respecto a otros métodos por el desarrollo de microorganismos en ausencia de oxígeno



durante el proceso de fermentación, constituyendo junto al método de beneficio natural una alternativa para los productores de café con el fin de generar mayores ingresos y hacer el cultivo de café más rentable. También existen métodos de beneficio como honey rojo, honey negro, fermentación láctica, fermentación mállica, fermentación carbónica que podrían mejorar la calidad física y sensorial del café, debiéndose estudiar también los componentes orgánicos y volátiles relacionados.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CITEcafé y cultivos asociados, CECOVASA, la empresa comercializadora de café CANDELARIA y al joven productor cafetalero Percy Cari por las facilidades brindadas para la ejecución de la investigación, finalmente a los catadores Q Grader Arábica Miguel Conco y Jhonatan Betancur por sus apreciaciones y recomendaciones sobre las muestras de café estudiadas, que enriquecieron la investigación.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

RNVA redactó el manuscrito y realizó el experimento, GILM supervisó el experimento y co-work el manuscrito, y GILM revisión y aprobó la versión final del trabajo, RNVA llevó a cabo todos los análisis estadísticos.



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Ricardo Naved Valenzuela Antezana
, identificado con DNI 70766914 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agroindustrial
, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Efecto de los métodos de beneficio de café catimor (lavado, honey, natural, anaeróbico) sobre la calidad física y sensorial en alta montaña, Perú"

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mio; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 06 de Junio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Ricardo Nahuel Valenzuela Antezana
identificado con DNI 70766814 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agroindustrial
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"Efecto de los métodos de beneficio de café Catimor (lavado, honey natural, anaeróbico) sobre la calidad física y sensorial en Alta Inambari, PERÚ"
Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 06 de junio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella