

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**“MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE FERMENTACIÓN
DE GRANOS DE CACAO APLICANDO CONDUCTIVIDAD
ELÉCTRICA”**

Presentada por:

SILVIA LOURDES TELLO MELGAREJO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Lima - Perú

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**“MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE FERMENTACIÓN
DE GRANOS DE CACAO APLICANDO CONDUCTIVIDAD
ELÉCTRICA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

SILVIA LOURDES TELLO MELGAREJO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Beatriz Hatta Sakoda
PRESIDENTE

Dr. Milber Ureña Peralta
ASESOR

Ph.D. Gabriela Chire Fajardo
CO-ASESOR

Dra. Rosana Chirinos Gallardo
MIEMBRO

Dr. Edwin Baldeón Chamorro
MIEMBRO

RESUMEN

Con el objetivo de obtener un método para determinar directamente el índice de fermentación de granos de cacao a partir de la medición de la conductividad eléctrica del medio acuoso que los contiene, se ensayó con granos secos de cacao: CCN 51 e ICS 6, de las plantaciones de Uchiza, provincia de Tocache, departamento de San Martín (579 msnm). La recolección se realizó desde cero hasta el séptimo día de fermentación. Se determinaron las propiedades físicas y fisicoquímicas: dimensiones y relación largo/espesor (L/e) del grano, índice de grano, densidad real del grano, pH y acidez titulable, índice de fermentación (IF) y la composición proximal. Se midió la conductividad eléctrica (CE) del agua desionizada en agitación que contiene los granos de cacao cortados, a intervalos de 10 minutos, para determinar el tiempo de inmersión mínimo a partir del cual ya no existe variación significativa en sus valores ($p < 0.05$). Se aplicó regresión lineal para determinar la variación de la CE con el índice de fermentación. Los resultados demostraron que los granos de cacao CCN 51 e ICS 6 durante la fermentación, no presentaron variaciones significativas ($p < 0.05$) en la relación L/e, el pH decreció y la acidez total aumentó. Los granos de CCN 51 e ICS 6, alcanzaron un índice de fermentación de $84,31 \pm 1,77$ y $80,00 \pm 1,85$ por ciento, respectivamente. Para ambos varietales se obtuvieron modelos cinéticos asintóticos de tendencia positiva ($p < 0,05$) que relacionan la CE con el tiempo de inmersión, con los que se determinó que el tiempo de inmersión a partir del cual no hay variación significativa de la CE es 50 minutos ($p < 0.05$). La CE durante la fermentación aumentó para el cacao CCN 51 e ICS 6 de 25,28 a 112,38 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ y 24,63 a 111,38 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$, respectivamente; valores posteriores no representaron incrementos significativos en el tiempo ($p < 0,05$). Para ambos varietales se obtuvieron modelos matemáticos de tendencia positiva ($p < 0,05$) que relacionan la variación de la CE con respecto a la variación del índice de fermentación: $IF_{\text{CCN } 51} = (12,3481 - 331,989/CE_{\text{CCN } 51})^2$, con $r^2 = 93,06$ por ciento, e $IF_{\text{ICS } 6} = (-24,2498 + 7,18112 * \ln(CE_{\text{ICS } 6}))^2$, con $r^2 = 92,45$ por ciento.

Palabras claves: grado de fermentación grano de cacao, modelamiento, propiedades eléctricas, calidad del grano de cacao, conductividad eléctrica.

ABSTRACT

In order to obtain a method to directly determine the fermentation index of cocoa beans from the measurement of the electrical conductivity of the aqueous medium that contains them, it was tested with dried cocoa beans: CCN 51 and ICS 6, from the Uchiza plantations, province of Tocache, department of San Martín (579 meters above sea level). The collection was carried out from zero until the seventh day of fermentation. The physical and physicochemical properties were determined: dimensions and length/thickness ratio (L/t) of the grain, grain index, actual grain density, pH and titratable acidity, fermentation index (FI) and the proximate composition. The electrical conductivity (EC) of the deionized water under stirring containing the cut cocoa beans was measured, at intervals of 10 minutes, to determine the minimum immersion time after which there is no longer significant variation in their values ($p < 0.05$). Linear regression was applied to determine the variation of the EC with the fermentation index. The results showed that CCN 51 and ICS 6 cocoa beans during fermentation, did not show significant variations ($p < 0.05$) in the L/t ratio, the pH decreased and the total acidity increased. The CCN 51 and ICS 6 grains reached a fermentation index of 84.31 ± 1.77 and 80.00 ± 1.85 percent, respectively. For both varieties, asymptotic positive trend kinetic models ($p < 0.05$) were obtained that relate the EC to the immersion time, with which it was determined that the immersion time after which there is no significant variation of the EC is 50 minutes ($p < 0.05$). The EC during fermentation increased for CCN 51 and ICS 6 cocoa from 25.28 to 112.38 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ and 24.63 to 111.38 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$, respectively; subsequent values did not represent significant increases in time ($p < 0.05$). For both varieties, positive trend mathematical models ($p < 0.05$) were obtained that relate the variation of the EC with respect to the variation of the fermentation index: $FI_{\text{CCN 51}} = (12.3481 - 331.989/EC_{\text{CCN 51}})^2$, with $r^2 = 93.06$ percent, and $FI_{\text{ICS 6}} = (-24.2498 + 7.18112 * \ln (EC_{\text{ICS 6}}))^2$, with $r^2 = 92.45$ percent.

Keywords: cocoa bean fermentation degree, modeling, electrical properties, cocoa bean quality, electrical conductivity.