

OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO

OPTIMIZATION IN THE CHEESE MAKING PROCESS TO IMPROVE THE YIELD

Torres Avellan Diego ¹, Meza Cisneros Josueth ^{2*}, Intriago Mendoza Fernando ³

Red Yajurveda, Instituto Superior Tecnológico Quinindé, Quinindé, Esmeraldas^{123 1,2,3*} Código Postal 080401, josuethmeza@gmail.com

Resumen: Se evaluó el rendimiento del queso elaborado en la microempresa Agroindustria la Marimba, bajo el efecto de la temperatura de cuajado, tiempo de cuajado y diámetro de corte, se consideraron como factores a dos niveles alto y bajo; en temperatura (35 y 37°C); en tiempo de cuajado (40 y 50 minutos) y en diámetro de corte (1 y 2 cm). Se calculó el rendimiento (%) en relación del peso obtenido en cada corrida. Se empleó un diseño 2k, para el análisis de los datos, se utilizó ANOVA, Metodología de superficie de respuesta de primer orden al 5% de significación. Los resultados demostraron que los factores: temperatura de cuajado, tiempo de cuajado y diámetro de corte de la cuajada, fueron significativos p-valor < 0,05, sin embargo, la interacción no fue significativa en el rendimiento, p-valor >0,05. El tratamiento óptimo fue la corrida 8 (37°C, 50min, 2cm) obteniendo un rendimiento del 16,88%.

Palabras clave: Optimización, Rendimiento, Queso

Summary: The cheese yield elaborated in the micro-enterprise Agroindustry la Marimba was evaluated, under the effect of the curdling temperature, curdling time and cut diameter, were considered as two factors at high and low levels; for temperature (35 and 37 ° C); for curing time (40 and 50 minutes) and for cutting diameter (1 and 2 cm). The yield (%) was calculated in relation to the weight obtained in each run. A 2k design was used, for the analysis of the data, ANOVA was used, first range response surface methodology at 5% significance. The results showed that the factors: curdling temperature, curd time and curd cut diameter, were significant p-value <0.05, however, the interaction was not significant in yield, p-value > 0,05. The optimal treatment was run 8 (37 ° C, 50min, 2cm) obtaining a yield of 16.88%.

Keywords: optimization, yield, Cheese.

INTRODUCCIÓN

La industria de los lácteos posee en la actualidad un auge importante dentro del desarrollo del país. La elaboración de productos lácteos tanto a nivel nacional como internacional ha adquirido una importancia económica y social de singular importancia. Desde la antigüedad hasta nuestros días el consumo de este tipo de productos experimentó cambios desde el punto de vista tecnológico que permitió extender su consumo a prácticamente todas las clases sociales (Iza y Muilema, 2011).

Agroindustrias la Marimba inicia su etapa de construcción el 1 de abril del 2014 y casi dos meses después inicia actividades de producción, inicia como una empresa unipersonal, con una

Artículo No. 11. No. 12, Vol. VI, Año 6, 2019. Revista de divulgación y tecnología de la Red Internacional de Investigadores de Ingeniería Industrial <REDI4>

producción de 200 litros diarios de leche fresca de vaca. En la actualidad se procesan 1000 litros de leche diarios dedicada a satisfacer las necesidades de consumo de los clientes, brindando productos lácteos como; yogur, dulce de leche y queso. El queso es considerado como una de las formas más antiguas para conservar los componentes nutritivos de la leche Rodríguez, (2009), su producción a gran escala llegó con la Revolución Industrial y sus variedades en el mundo es muy extensa (Romero y Mesters, 2004). Este producto ha jugado y juega un papel importante en la nutrición humana (Rodríguez, Caldas y Ogeerally, 2009) y su práctica en torno a la elaboración han sufrido importantes cambios, pasando de ser un arte empírico a una tecnología industrial con bases científicas (Ramírez y Vélez, 2012).

La optimización del proceso de producción es una tarea indispensable que debe ser resuelta en la planificación estratégica de cada empresa industrial Jablonsky & Skocdopolova, (2017). En la industria láctea, especialmente en la elaboración de queso la pérdida de humedad y temperatura de cuajado afectan principalmente a su textura, atributos sensoriales y rendimiento (Ochoa *et al*, 2013).

En el campo de la administración, la planificación estratégica implica la formulación e implementación de los principales objetivos e iniciativas tomadas por la alta dirección de una organización en nombre de los propietarios, en función de la consideración de los recursos y una evaluación de los entornos internos y externos en los que opera la organización. (Scott, 2013)

La planificación estratégica proporciona orientación general a una empresa e implica especificar los objetivos de la organización, desarrollar políticas y planes para alcanzar esos objetivos y luego asignar recursos para implementar los planes. Los académicos y los gerentes en ejercicio han desarrollado numerosos modelos y marcos para ayudar en la toma de decisiones estratégicas en el contexto de entornos complejos y dinámicas competitivas. (Scott, 2013). A menudo los modelos de gestión estratégica no son de carácter estático, sino que más bien constituyen un ciclo de retroalimentación, el cual sirve para realizar el monitoreo de la ejecución e informar la próxima ronda de planificación.

En otro orden de ideas Valencia, (2007 citado por Flores *et al*, 2010), expone que existen factores que afectan al rendimiento en la fabricación de quesos, entre ellos están; la composición de la leche, en especial el porcentaje de proteínas y grasas, pérdidas en el corte, rapidez del corte y el tamaño de los granos de la cuajada Ochoa *et al*, (2013), así como la intensidad de la agitación realizada inmediatamente después del corte, que tienen influencia en las pérdidas de grasa y proteínas en el suero (Sbodio y Revelli, 2012).

Villegas *et al*, (2017), indica por su parte que el rendimiento quesero está determinado por las propiedades de coagulación de la leche y las propiedades del cuajo. Generalmente las propiedades del cuajo dependen de la estructura de las caseínas, las cuales se determinan por pruebas de tiempo de la coagulación enzimática, resistencia de la cuajada al corte o a la compresión, tiempo de endurecimiento de la cuajada y capacidad de desuerado o sinéresis (Vásquez, *et al*, 2014). Tornadijo *et al*, (1998) indican que la coagulación enzimática de la leche es una etapa fundamental en la elaboración de queso, este proceso se ve afectado por la temperatura de pasteurización de la leche, el porcentaje de calcio, proteínas, acidez y temperatura de adición de cuajo. Por esta razón el objetivo de la investigación es optimizar el rendimiento del queso en Agroindustrias la Marimba la cual tiene un promedio de producción anual de 219000 litros de leche destinados para elaboración de quesos con un rendimiento histórico de 15,97 %.

METODOLOGÍA**1.1 Diseño experimental**

El diseño experimental que se aplicó en la investigación fue un Factorial 2^k en DCA. Se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) y Optimización mediante superficie de respuesta.

Tabla 1. Factores en Estudio del ensayo experimental

Factores	Códigos	Niveles
Temperatura de cuajado	A	a1 35°C
		a2 37°C
Tiempo de cuajado	B	b1 40 minutos
		b2 50 minutos
Diámetro de Corte	C	c1(1cm)
		c2 (2cm)

De la combinación de los factores y niveles mencionados en la tabla 1, se obtuvieron los siguientes tratamientos:

T=1 temperatura de cuajado 35°C, 40min y 1 cm de corte, t2= temperatura de cuajado 35°C, 40 min y 2 cm de corte, t3= 35°C, 50min y 1 cm de corte, t4= 35°C, 50 min y 2cm de corte, t5= 37°C, 40min y 1cm de corte, t6= 37°C, 40min y 2cm de corte, t7= 37°C, 50min y 1 cm de corte, t8= 37°C, 50 min y 2cm de corte.

2.2. Manejo del experimento

Esta investigación se llevó a cabo en Agroindustria la Marimba. Quinindé, Km 1 vía venado. Para su desarrollo se receiptó la materia prima (40litros de leche) y el resto de ingredientes necesarios para la elaboración del producto, siguiendo la formulación establecida de la siguiente manera: 90% de leche, 10% de sal y cuajo.

Se realizó un proceso de filtrado para asegurar que no pase ningún cuerpo extraño, luego se estabilizó la temperatura para cuajado a dos niveles a 35 y 37 °C, el cuajo fue adicionado a la leche, dejándola reposar a 40 y 50 minutos para cada uno de los niveles. Pasado ese tiempo y por medio de una lira se realizó el corte, este transformó la masa de cuajada en granos de un tamaño de 1 y 2 cm respectivamente.

Se dejó en reposo por 15 minutos, para luego seguir con el proceso de desuerado; en el primer desuerado se retira una parte del suero excedente, luego se hizo un proceso de escaldado mezclando los granos de cuajada con agua y sal a 65°C, de este modo la cuajada fue batida hasta obtener una consistencia deseada. En el segundo desuerado se retiró el resto de suero existente, a partir de eso se adicionó el resto de sal necesaria para darle el sabor característico, se realizó un proceso de moldeado y luego un desmoldado, un empaquetado y almacenado (4°C).

2.3 Métodos y técnicas de evaluación

Se determinó el rendimiento del queso con el pesado de cada una de las piezas del producto elaborado, diariamente durante 4 días. A partir de la información recaudada los resultados fueron analizados a través del programa Statgraphics versión XVI. Aplicando un análisis de varianza (ANOVA), y optimización de respuesta.

RESULTADOS

En relación al rendimiento se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a cada corrida experimental, así como de sus interacciones, los resultados se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Efectos estimados en rendimiento (Kg)

Efecto	Estimado	Int. Confianza	V.I.F.
Promedio	16,1187	+/- 0,0794138	
A: temperatura de cuajado	0,9075	+/- 0,158828	1,0
B: tiempo de cuajado	0,2325	+/- 0,158828	1,0
C: diámetro de corte	0,3225	+/- 0,158828	1,0
AB	0,0125	+/- 0,158828	1,0
AC	-0,0275	+/- 0,158828	1,0
BC	0,0675	+/- 0,158828	1,0

Intervalos de confianza del 95,0 de confianza (intervalos) basados en el error total con 1 g.l. ($t = 12,7062$)

En la tabla 2 se presentan las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. Igualmente se muestran los intervalos de confianza del 95,0% para los estimados. Se nota también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 1,0.

Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1 tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de varianza para rendimiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: temperatura de cuajado	1,64711	1	1,64711	5270,76	0,0088
B: tiempo de cuajado	0,108113	1	0,108113	345,96	0,0342
C: diametro de corte	0,208013	1	0,208013	665,64	0,0247
Ab	0,0003125	1	0,0003125	1,00	0,5000

Ac	0,0015125	1	0,0015125	4,84	0,2716
Bc	0,0091125	1	0,0091125	29,16	0,1166
Error total	0,0003125	1	0,0003125		
Total (corr.)	1,97449	7			

R-cuadrada = 99,9842 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99,8892 porciento

Error estándar del est. = 0,0176777

Error absoluto medio = 0,00625

Estadístico Durbin-Watson = 2,5

Auto correlación residual de Lag 1 = -0,375

La corrida de optimización de rendimiento demostró que la variable A= temperatura de cuajado, B= tiempo de cuajado y C= diámetro de corte de cuajada, fueron significativos ya que su p valor es menor a 0,05 en las tres variables, pero la interacción entre ellas no fue significativa en el análisis de la variable respuesta, debido a que sus p valores fueron mayores a 0,05; esto se puede evidenciar en la tabla 4

Se determinó que la temperatura de cuajado ideal para optimizar el rendimiento es de 37 °C, como se observa en el cuadro 5 Esto concuerda con Borbonet, *et al*, (2015 citado por Vinueza, 2015) en donde exponen que las albúminas y lactoglobulinas presentes en la leche empiezan a precipitarse por acción térmica, por este motivo a temperaturas más altas se obtendrá mayores rendimientos debido a una elevada aglomeración de esta proteína durante el proceso. Por el contrario, Crespo, (2016) indica que la temperatura de cuajado para la elaboración de queso de cabra no afecta directamente en el rendimiento del mismo.

Tabla 4. Optimización de la respuesta

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura de cuajado	35,0	37,0	37,0
Tiempo de cuajado	40,0	50,0	50,0
Diámetro de corte	1,0	2,0	2,0

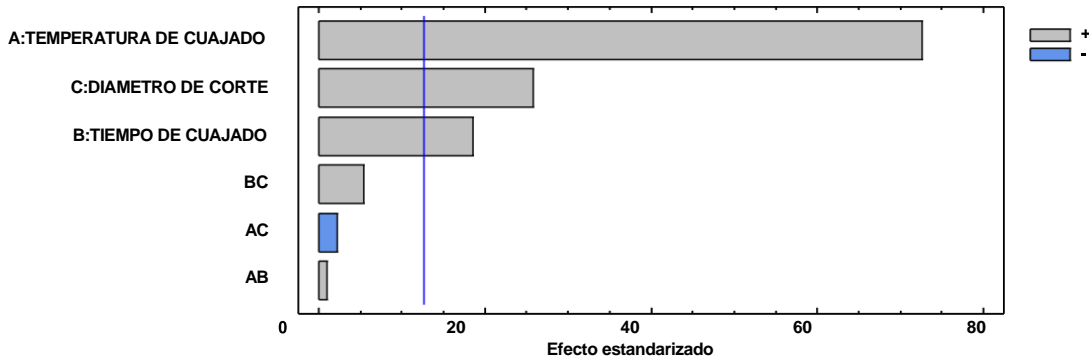
Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza RENDIMIENTO sobre la región indicada.

El tiempo de cuajado óptimo obtenido en la investigación fue de 50 min. lo que difiere con el estudio de Ibañez, (2015). Donde determina que la coagulación termina a los 35 min de agregada la enzima.

El diámetro de corte ideal para la cuajada fue de 2 cm² lo cual está dentro de los rangos que determina Escobar *et al*, (2014), en estudios anteriores donde determina que el tamaño óptimo

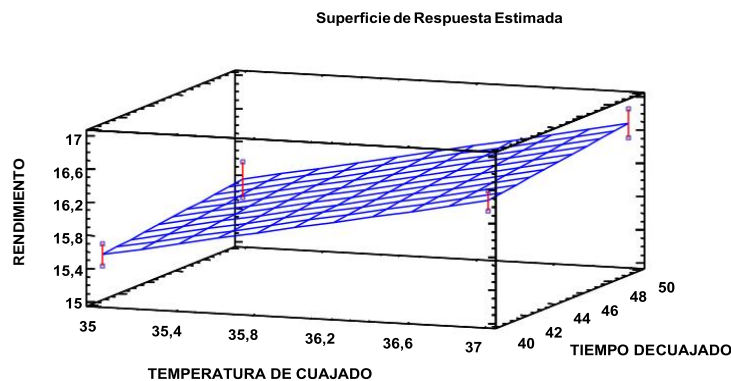
para el corte de la cuajada es de 1 a 3 cm, interviniendo este en la calidad del queso relacionado con la actividad acuosa e índice de retención de líquidos.

Figura 1. Diagrama de Pareto.



La figura 2 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza rendimiento sobre la región indicada, con los parámetros óptimos determinados se obtiene un rendimiento de 16,87 % esto comparándolo con el rendimiento actual acumulado de la empresa que es de 15,97 % nos representa obtener 1972 kg de queso adicional al año, a un valor promedio de 3,20\$ / kg representara aumentar la utilidad anual de la empresa en un 5,64%.

Figura 2. Superficie respuesta



CONCLUSIONES

La planificación estratégica es un proceso de gestión organizacional formalizado y documentado que se utiliza para analizar su situación actual, establecer prioridades y concentrar los recursos y la energía para lograr y mantener la ventaja competitiva de una organización de allí la importancia para la microempresa Agroindustria la Marimba, tener la estadística asociada a los proceso de elaboración de sus queso de los resultados obtenido se tiene que la temperatura y tiempo de cuajado en conjunto al diámetro de corte afectan directamente al rendimiento del queso, donde la temperatura de cuajado es la que tiene una influencia en la variable respuesta, elemento a tener cuenta para lograr la optimización en el proceso de la elaboración del queso.

Es importante señalar que la microempresa Agroindustria la Marimba entienden la importancia de la planificación estratégica y debe enfocar su tiempo y dinero en elaborar el plan estratégico para manejar estas tres variables, haciendo revisión sistemática de dicho plan para lograr la mayor optimización del proceso de elaboración del queso en pro de mejorar su competitividad por esto desde la publicación de estos resultados adopto trabajar con los parámetros del tratamiento óptimo encontrado en la investigación que fue la corrida 8 (37°C, 50min, 2cm) obteniendo un rendimiento del 16,88%.

REFERENCIAS

- Alex, Scott. 2013 Planificación Estratégica. EDINBURGH Business School Modulo 1
- Escobar, D; Pelaggio, R; Grille, L. 2014 Efecto del perfil de caseínas, recuento de células somáticas y composición de la leche en el rendimiento del queso Dambo. INNOTECH.31(9), p 7
- Flores, O; Juárez, A; Rodríguez, A; León, M; Martínez, G; Pérez, L; Mares, E. Estandarización y optimización de un proceso de elaboración artesanal de queso provolone ahumado. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1(1), p. 733. MX.
- Ibañez, A. 2015. Evaluación del tiempo de cuajado en las características organolépticas del queso fresco. Tesis. Ingeniero Agropecuario industrial. UPS. Cuenca. EC. p 78.
- Iza, S y Muilema, G. 2011. Proyecto de factibilidad para la creación de una Empresa láctea en la parroquia toacaso cantón, Latacunga, provincia de Cotopaxi. Tesis. Ing Comercial. UTC. Latacunga. EC. p 30.
- Jaclonosky, J y Skocdopolova, V. (2017). Análisis y Optimización del proceso de producción en una empresa procesadora de leche. Información Tecnológica. 28(4), p. 40. CL.
- Ochoa, A; Hernández, J; López, E; García, H. 2013. Rendimiento, firmeza y aceptación sensorial de queso panela adicionado con estabilizantes. 29(3), p. 277. MX.
- Rodríguez, J. 2009. Efecto de la variación en la acidez y temperatura sobre el rendimiento y la calidad de queso tipo panela y chihuahua. Tesis. Ing en ciencia y tecnología de alimentos. UAAAN. Buenavista-Salttillo-Coahuila.MX. p 12.
- Sbodio, O y Revelli, G. 2012. Coagulación de la leche. Desarrollo de un dispositivo para el "monitoreo"online del proceso. Avances en la Argentina. Revista de investigaciones agropecuarias. 38(3), p 236- 246. AR.

Artículo No. 11. No. 12, Vol. VI, Año 6, 2019. Revista de divulgación y tecnología de la Red Internacional de Investigadores de Ingeniería Industrial <REDI4>

- Vásquez, J; Novoa, C; Carulla, J. 2014. Efecto del recuento de células somáticas sobre la aptitud quesera de la leche y la calidad fisicoquímica y sensorial del queso campesino. Rev. med. vet. Zoot. 61(2), p 171-185. CO.
- Rodríguez, C; Caldas, L; Oregally, P. 2009. Calidad sanitaria en queso artesanal tipo “telita”. Upata, estado Bolívar, Venezuela. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología. 29(1), 98-102.
- Romero del Castillo y Mesters, J. 2004. Productos lácteos Tecnología. UPC ed. Barcelona. p 32. ES.
- Tornadijo, M; Marra, A; García, M; Prieto, B; Carballo, J. 1998. La calidad de la leche destinada a la fabricación de queso: calidad química. Cienc. Tecnol. Aliment. 2(2), p 81. MX.
- Vinueza, S. 2015. Influencia de la temperatura de pasteurización, coagulación y de cloruro de calcio en el rendimiento de queso fresco elaborado a partir de leche de vaca. Tesis. Ing. Agroindustrial. UTN. Ibarra. EC. p 95.