

# RANGOS DE CONTROL DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN CAVAS DE MADURACIÓN DE QUESOS

## RANGES OF CONTROL OF RELATIVE HUMIDITY AND TEMPERATURE IN CHAMBERS OF MATURATION OF CHEESES

### CLASSES DE CONTROLE DE UMIDADE RELATIVA E TEMPERATURA EM CAVAS DE MADURAÇÃO DE QUEIJOS:

DEYANIRA MUÑOZ MUÑOZ<sup>1</sup>, JORGE LUIS ROSERO MUÑOZ<sup>2</sup>,  
GERARDO CABRERA CIFUENTES<sup>3</sup>

#### PALABRAS CLAVES:

Cavas de Maduración, Condiciones de Maduración, Diseño de rangos de control, Control de humedad y temperatura.

#### KEY WORDS:

Chambers of Maturation, Conditions Maturation, designs, Control of humidity, control of temperature.

#### PALAVRAS CHAVES:

#### RESUMEN

*La humedad relativa y la temperatura en el interior de las cavas maduración del proceso de fabricación de quesos, son de interés a controlar por que determinan las características finales del producto. Las investigaciones se enfocan al control de estas dos variables en los rangos de diseño y operación recomendados, que permitan plantear sistemas de reducción de humedad más eficientes, que utilicen controles automáticos, semiautomáticos, manuales y artesanales. La metodología para establecer el rango de control fue: Se realizó un diseño completamente aleatorizado de efectos fijos. Se tomó como unidad experimental (Ue), la cava de maduración de queso, Se establecieron 4 tratamientos con 17 repeticiones para operar la cava: mecheros y extractores encendidos; mecheros encendidos; extractores encendidos; mecheros y extractores apagados. Las variables de respuesta de interés en este estudio fueron la humedad relativa y la temperatura. Se tomo como referente de comparación los rangos de diseños recomendados en cavas de maduración: HR: 85 a 90% y T: 12 a 16 °C. El estudio se realizó en 12 días. En la sistematización de los datos se utilizó el paquete estadístico Social Packet Statistic Sciences (SPSS) versión libre 11.5.*

*Los rangos de control encontrados para operar la cava de maduración de quesos fueron 93 a 100 % para humedad relativa (HR) y 11 a 16 °C para la temperatura (T), los cuales corresponde al tratamiento cuatro del diseño experimental. El limite superior de 100 % HR y 16 °C de T, se definió como*

---

Recibido para evaluación: 10 de Febreo de 2010, Aprobado para publicación Marzo 15 de 2010

1 Msc., Universidad del Cauca. Departamento de Agroindustria. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, Popayán.

2 Ing., Universidad del Cauca. Departamento de Agroindustria. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, Popayán.

3 Msc., Universidad del Valle. Departamento de Agroindustria. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, Popayán.

Correspondencia: demunoz@unicauca.edu.co

la condición más crítica del proceso a ser controlada, en comparación con las recomendadas por diseño (HR= 85 %, T= 12 °C ) y las reportadas por otros investigadores (HR= 80 a 90 % HR, T= 12 °C.). Mientras los valores que están fuera del rango definieron el proceso no controlado.

## ABSTRACT

*The relative humidity and temperature inside in the Chambers of Maturation cheese making process are of interest to control that determine the final characteristics of the product. The investigations focus on the control of these two variables in the ranges recommended design and operation, enabling raise moisture reduction systems more efficient, using automatic controls, semi-automatic, manual and craft. The methodology to establish the control range was: A completely randomized design of fixed effects. Was taken as the experimental unit (Ue), the chamber of maturation were 4 treatments with 17 repetitions to operate the Chamber: lighters and extractor lit, lit lighters, extractor lit, cigarette lighters and extractor off. The response variables of interest in this study were the relative humidity and temperature. Was taken as reference for comparison of designs ranges recommended the Chamber of Maturation: HR: 85-90% and T: 12-16 °C. The study was conducted in 12 days. The systematization of the data, using the statistical package Packet Statistic Social Sciences (SPSS) free version 11.5. Control ranges were found to operate the Chamber of Maturation of cheese were 93-100% for relative humidity (HR) and 11-16 ° C for temperature (T), which corresponds to the four treatment experimental design. The upper limit of 100% HR and T: 16 °C, was identified as the most critical condition of the process to be controlled, compared with those recommended by design (HR = 85%, T = 12 ° C) and those reported by other researchers (HR = 80-90%, T = 12 ° C.). While the values are outside the range defined like not controlled process*

## RESUMO

*A umidade relativa e temperatura no interior das cavas de maturação do processo de fabricação de queijos são de interesse a controlar por que determinam as características finais do produto. As investigações se enfocam ao controle destas variáveis nas classes de desenho e operação recomendados, que permitam expor sistemas de redução de umidade mais eficientes, que empreguem controles automáticos, semi-automáticos, manuais e artesanais. A metodologia para estabelecer a categoria do controle foi: realizou-se um desenho completo aleatorizado de efeitos fixos. Tomou-se como unidade experimental (Ue), a cava de maturação de queijo. Se estabeleceram 4 tratamentos com 17 repetições para operar a cava: bico de gás e extratores acesos; bicos de gás acesos; extratores acesos; bico de gás e extratores apagados. As variáveis de resposta de interesse neste estudo foram a umidade relativa e a temperatura. Tomou-se como referente de comparação as categorias de desenho recomendados em cavas de maturação: HR: 85 a 90% e T:12 a 16° C . O estudo se realizou em 12 dias. Na sistematização dos dados se empregou o pacote estatístico Social Packet Statistic Sciences (SPSS) versão livre 11.5. As categorias de controle encontradas para operar a cava de maturação de queijos foram 93 a 100% para umidade relativa (HR) e 11ª 16° C para temperatura (T), os quais correspondem ao tratamento quatro do desenho experimental. O limite superior de 100% HR e 16° C definiu-se como a condição mais crítica do processo a ser controlada, em comparação com as recomendadas pelo desenho (HR=85%, T=12° C) e as reportadas pelos outros investigadores (HR=80 a 90% HR, T= 12° C.). No entanto os valores que estão fora das categorias definiram o processo não controlado.*

## INTRODUCCIÓN

La etapa de maduración en la producción de quesos a cualquier escala, es considerada la de mayor interés para evitar inconvenientes como reacciones incomple-

tas, alta actividad microbiana y producto contaminado que afecta la calidad final. El control del proceso, debe iniciar por conocer las variables que lo afectan, conocer los rangos de operación, generalmente estos se llevan en forma lenta, uniforme en toda la masa y sin

afectar el tamaño. Al completar la fase de maduración el producto es empacado en bolsas de polietileno de alta densidad y almacenados en el cuarto frío para su posterior comercialización [1].

El proceso de fabricación de quesos a escala industrial en países desarrollados es tecnificado y reglamentado por las normas internacionales, por lo tanto la fase de maduración posee controles de las variables de operación. Mientras que en otros en vía de desarrollo como Colombia y en regiones apartadas es decir el sector rural se hacen producciones de mediana y pequeña escala, sin todos los controles y garantías que ameritan un proceso alimenticio [2] [3].

En este trabajo se evaluó el comportamiento de las variables humedad relativa y temperatura, se definieron los rangos y se confrontaron con las condiciones de diseño, con el propósito de controlar la fase de maduración de quesos en forma adecuada. Los valores inferiores y superiores a los rangos de operación se interpretaron como proceso de maduración no controlado.

## ETAPA DE MADURACIÓN DE QUESOS

En las cavas de maduración generalmente son controladas tres variables la temperatura en toda la cámara, la humedad relativa del ambiente y la velocidad del aire en circulación. Sólo se presenta un periodo de maduración en unas condiciones determinadas, sin embargo en algunos quesos se distinguen dos fases de maduración (cuadro 1), mientras en algunas variedades tienen tres o más fases de maduración [2] [4].

**Cuadro 1.** Condiciones típicas de maduración

Tipo de Queso	PRIMERA FASE		
	T (°C)	t(días)	HR (%)
Roquefort	8-10	18-25	-
Emmental	10-15	10-14	90
Manchego	12-14	10-14	85-90
SEGUNDA FASE			
Roquefort	5-10	Cuevas	95
Emmental	20-24	3/4- 3/2	80-85
Manchego	5-12	1 a 6	70-85

Fuente: Madrid, 1999

La literatura reporta que cuanto más baja sea la temperatura mas se favorecen las reacciones químicas y las transformaciones provocadas por las bacterias y otros organismos presentes en la masa y superficie del queso. Durante la primera fase de maduración, el queso está más húmedo. Para evitar la pérdida excesiva de humedad en los quesos que están madurando, las cámaras o espacios naturales deben tener una humedad relativa alta alrededor del 90 % [1] [2].

## SISTEMAS DE CONTROL DE HUMEDAD

El control de humedad en las cavas de maduración es una actividad que comúnmente se lleva a cabo en el proceso de elaboración de quesos. En plantas pequeñas se controla mediante métodos artesanales como la utilización de mecheros o antorcha, cuando la humedad relativa del aire es alta. En plantas con un desarrollo tecnológico mas completo tienen instalaciones mecánicas de almacenamiento y maduración de quesos o tienen incorporados sistemas mecánicos que controlan automáticamente las variables en el proceso (temperatura, humedad y aireación) de forma similar a las que utilizan otras empresas como los frigoríficos para el control de la humedad, tales como los sistemas convencionales de acondicionamiento de aire, microcámaras de maduración, sistemas de condensación, deshumidificación y sistemas de ventilación [2], [5], [6].

## MÉTODO

Con el fin de conocer las características del aire que ingresa a la cava de maduración, se tomaron datos de temperatura y humedad relativa, durante cinco días a cada hora desde las 9 a.m. hasta las 6 p.m. y se calculó el promedio de los datos. Para evaluar el comportamiento de la temperatura (T) y la humedad relativa (HR) durante el proceso de maduración en el interior de la cava de maduración de queso sandwichero. Primero se determinó el intervalo de operación, con los valores máximos y mínimos de las variables, tomando 150 datos, que se registraron cada hora durante 15 días, desde las 9 a.m. hasta las 5 p.m.

Se realizó un diseño completamente aleatorizado de efectos fijos. Se tomó como unidad experimental (Ue), la cava de maduración de queso, considerando que

es una etapa fija y uniforme del proceso. El factor de estudio fue la condición de operación en la cual se afecta la T y HR dentro de la cava. Se establecieron 4 condiciones para operar la cava:

C1: mecheros y extractores encendidos C2: mecheros encendidos

C3: extractores encendidos

C4: mecheros y extractores apagados.

Éstas fueron los 4 tratamientos asignados a la Ue. Se realizaron 17 repeticiones para comparar y observar la variabilidad de los tratamientos. Las variables de respuesta de interés en este estudio fueron la humedad relativa y la temperatura. Los valores obtenidos del comportamiento de estas variables fueron comparados con los rangos de diseños recomendados en cavas de maduración: HR: 85 a 90% y T: 12 a 16 °C [7], [8].

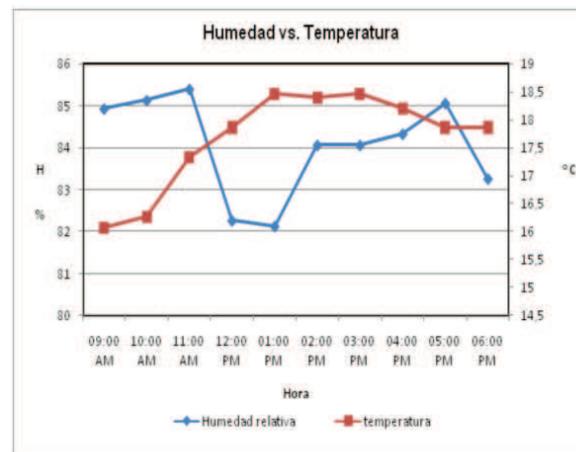
La fase experimental consistió: dentro de la cava de maduración se ubicó el higrómetro con el cual se realizaron las mediciones de humedad relativa y temperatura, se operó la cava de acuerdo con la condición a estudiar, la operación para la reducción de humedad se realizó por cuatro horas, las mediciones se hicieron después de la primera hora por duplicado durante el proceso de maduración resultando seis observaciones en un día. El mismo procedimiento se hizo por 3 días para cada tratamiento, el estudio se realizó en 12 días.

Con la información obtenida se construyeron gráficos del comportamiento de estas variables. En la sistematización de los datos se utilizó el paquete estadístico Social Packet Statistic Sciences (SPSS) versión libre 11.5, el cual permitió establecer los rangos de operación de las variables humedad relativa y temperatura del aire con los valores máximos y mínimos en la cava de maduración, acordes a las condiciones de diseño y de operación

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Efectuando el promedio de las mediciones de las variables de interés, Las características del aire de entrada a la cava son HR (64.5%) y T (17.4°C). La figura 1 muestra el comportamiento de la humedad relativa y temperatura en la cava de maduración, en ella se observa en las tres primeras horas de la tarde, la tendencia de la primera variable a disminuir en un 3%, mientras la segunda a mantenerse alrededor de 18.5°C.

Figura1. Humedad relativa y temperatura en la cava de maduración



Sin embargo a medida que avanza la tarde la tendencia es mantener un comportamiento similar. Indicando que las condiciones ambientales exteriores afectan el interior de la cámara.

Dentro de ella se obtuvo un valor máximo alrededor de 85.3% a la temperatura de 17.5 °C, el cual no supera el límite superior (90%), recomendado por las condiciones de diseño.

La disminución de HR, indica un control inadecuado de alguna fuente de calor en el proceso de maduración, mientras el aumento de la temperatura por encima del límite superior recomendado (12°C) en las condiciones de diseño, muestran la necesidad de implementar un sistema de deshumidificación como el uso de extractores y la renovación de aire dentro de las cavas de maduración

Mediante estadígrafos descriptivos del procesamiento de datos se obtuvieron para queso sandwichero madurados en cava, rangos de 71 a 98% para humedad relativa y para la temperatura de 15 a 21°C. Mostrando que estos rangos para un proceso de maduración son amplios, contienen los de diseño, y son similares a los obtenidos por Bon en 1998 en la investigación, de su tesis doctoral "Modelización y Optimización de Cámaras de Maduración" donde diseñó e implementó una microcámara con un sistema de control de humedad relativa y temperatura en cavas a escala piloto [9].

Del diseño experimental y del análisis de varianza ANOVA, para las variables de respuesta, con el nivel de significación de  $\alpha=0.05$ , se obtiene que el promedio

de humedad relativa y tem-peratura son diferentes según el control o tratamiento que se aplique.

Los rangos de operación de las variables humedad relativa y tem-peratura obtenidos para cada condición del diseño experimental se resumen en el cuadro 2. Los tratamientos 1 y 3 registran valores de HR dentro el rango de diseño recomendado para cavas, mientras los tratamientos 3 y 4, no presentan diferencia significativa en la variable temperatura. El valor más crítico para la humedad relativa se encuentra en la condición cuatro (C4) del diseño experimental. [7], [9].

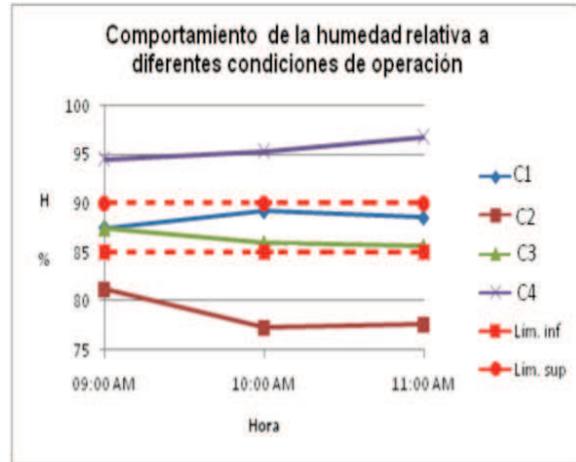
En las figura 2 se muestra el comportamiento de la humedad relativa a través del tiempo, para las diferentes condiciones de operación en el proceso de maduración en cava. Se observa que las condiciones uno y tres están dentro de los límites dados por las condiciones de diseño (85-90 %).

En la figura 3 se muestra el comportamiento de la temperatura a través del tiempo, en las diferentes condiciones de operación de la cava de maduración, se observa que todas las condiciones se encuentran fuera de las condiciones de diseño (12 – 14 °C). Sin embargo las condiciones tres y cuatro se encuentran muy cercanas al límite superior, significando que pueden ser consideradas como condiciones de operación.

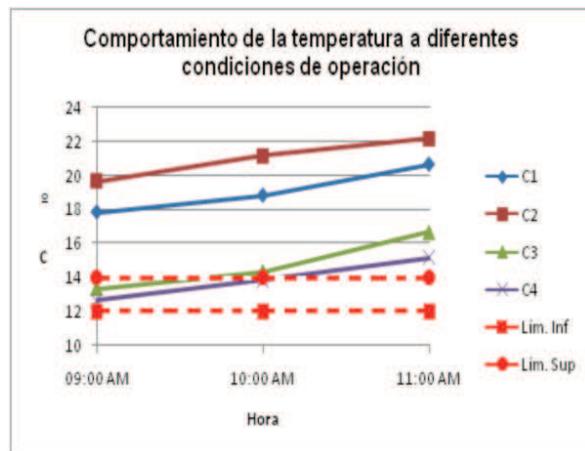
**Cuadro 2.** Rangos de operación para el proceso de maduración en cava

Variable	Condición de diseño			
Humedad Relativa (%)	85 – 90			
Temperatura (°C)	12 – 16			
Variable	Condiciones experimentales			
	C1	C2	C3	C4
Humedad Relativa (%)	85 – 90	74 – 83	85 – 90	93 – 100
Temperatura (°C)	17 – 22	18 – 23	13 – 18	11 – 16

**Figura 2.** Gráfico de control de humedad relativa



**Figura3.** Gráfico de control de tem-peratura



## CONCLUSIONES

Las variables de mayor interés a controlar en la fase de maduración de quesos son la humedad relativa y la temperatura. Se concluye que el control de estas variables es mejor cuando se opera la cava con los extractores funcionando, como mejor condición de operación en los rangos de 85- 90% de HR y 13-18 °C de T en cava.

Las condiciones más críticas del proceso de maduración, se presenta en los rangos de 93 – 100 % HR y 11 – 16 °C de T cava, las cuales deberán ser llevadas a las de diseño [10], es decir hasta 85 % HR y 12 °C o a las condiciones propuestas por Bon de 80 – 90 % HR y 12 °C.

Existe una relación inversa entre la temperatura y la humedad relativa, por lo tanto será una consideración

a aplicar en el diseño de los controles de las variables o en los sistemas de reducción de humedad, que proporcione las condiciones apropiadas en la cava y las calidades finales el producto.

## REFERENCIAS

- [1] DURAN, Felipe. Manual del Inge-niero de Alimen-tos. Microbiología de los Alimentos, Tecnología de Alimentos. Editorial Grupo Latino.1 ed. 2006. p 76-79, 284-296.
- [2] HERMIDA BUN, José. Fundamen-tos de inge-niería de procesos agroali-mentarios: Principios Fundamentales del Diseño de Procesos. España: Mun-diprensa, 2000. p 13-15 y 27 ISBN 84-7114-913-3
- [3] OSHA. Occupational Safety and Heal-th Administra-tion Hot Enviroments Job Health Hazard Series. 1976.
- [4] MADRID, Vicente. Tecnología Que-sera. Cámaras de Almacenamiento y Maduración. Ediciones Mun-di Prensa. 2 ed. 1999. p 86-87, 92-93, 163-171.
- [5] Ventilación industrial, [en línea]. "lugar de publi-cación desconocido", s.f. 2006 [citado 16 de Octubre, 2008]. Disponible en Internet: <http://www.cli-matecnica.com>.
- [6] REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL. MYCOM, Maye-kawa de México. Con-densador. México, sf. p 103 – 112.
- [7] DÍAZ CADAVID, Abel. Diseño estadístico de expe-rimentos: La estadís-tica en la experimentación. 3 ed. Mede-llín: Universidad de Antioquia, 1999. p 4-23
- [8] ROSERO, Jorge L., Sistema de reducción de humedad en la etapa de maduración de quesos, Trabajo de Grado, Universidad del Cauca, febrero 2009.
- [9] BON, J. A. Contribución al estudio de la gestión integral de cámaras de maduración: aplicación a la maduración del Queso Mahón D. O. Doctoral dissertation. UPV., 1998
- [10] DESHUMIDIFICADORES Manlle-unse S.A., [en línea]. "lugar de publi-cación desconocido", 2008 [citado 22 de noviembre, 2008]. Disponible en Inter-net: <http://www.mettman-n.com>