

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE LA SALMUERA Y
TIEMPO DE INMERSIÓN EN EL CONTENIDO DE CLORURO DE SODIO DEL
QUESO MOZZARELLA COLANTA

CRISTIAN CAMILO QUINTERO GONZALEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
PROGRAMA DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGIA E INGENIERIA
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
MEDELLIN

2018

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE LA SALMUERA Y
TIEMPO DE INMERSIÓN EN EL CONTENIDO DE CLORURO DE SODIO DEL
QUESO MOZZARELLA COLANTA

CRISTIAN CAMILO QUINTERO GONZALEZ

Trabajo de grado para optar por el título de
Especialista en Procesos de Alimentos y Biomateriales

Modalidad: Proyecto Aplicado

ASESORA:

Clemencia del Socorro Álava Viteri

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
PROGRAMA DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGIA E INGENIERIA
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES

MEDELLIN

2018

Nota de aceptación:

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Medellín, 15 de Mayo del 2019

Las opiniones y desarrollo de este trabajo de grado son responsabilidad del autor.
La Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de Universidad Nacional
Abierta y a Distancia UNAD verificara el cumplimiento de las condiciones requeridas
para su desarrollo.

DEDICATORIA

A mi esposa, a mi hijo quienes me acompañaron en este proceso y comprendieron todos los momentos que no pude compartir con ellos haciéndoles entender que todo lo que hago es con amor y pensando el fin de salir siempre y ofrecerles un mejor futuro para los tres.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres y a Dios porque por ellos me hice profesional universitario, porque por ellos se me dio la oportunidad de estudiar esta linda carrera que me ha motivado a seguir adelante y proponerme nuevas metas.

Agradecer al equipo de la Cooperativa Colanta quienes me guiaron constantemente durante la aplicación del proyecto y me dieron la confianza para realizar el trabajo de grado en sus instalaciones.

A la ingeniera Clemencia del Socorro Álava Viteri y al Ingeniero José Vicente Ortiz quienes con su profesionalismo y conocimiento me solucionaron todas las dudas e hicieron posible que este proyecto se hiciera realidad.

De una u otra manera agradecer a quienes hicieron posible el desarrollo de este trabajo con sus servicios y asesoría prestados

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	11
RESUMEN.....	12
INTRODUCCION	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACION.....	15
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
4. ANTECEDENTES	18
5. MARCO TEORICO	19
5.1 EL QUESO MOZZARELLA.....	19
5.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA, CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y ALMACENAMIENTO DEL QUESO MOZZARELLA	19
5.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO QUESO MOZZARELLA	21
5.2 PROCESO DE DIFUSIÓN DE LA SAL EN EL QUESO MOZZARELLA	22
5.3 VARIABLES QUE AFECTAN LA ABSORCIÓN DE LA SAL.	23
5.3.1 CONCENTRACIÓN SALINA:.....	23
5.3.2TIEMPO DE SALMUERA:.....	24
5.3.3 FORMA DEL QUESO:	24
5.3.4 TEMPERATURA DEL QUESO Y DE LA SALMUERA:	24
5.4 VENTAJAS DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	24
5.5 LEY DE FICK.....	25
6. METODOLOGIA	26
6.1 LUGAR DE TRABAJO.....	26

6.2 ETAPA 1. ELECCIÓN Y TOMA DE MUESTRAS DE PRODUCTO Y SALMUERA	26
6.2.1 IDENTIFICACIÓN DE DOS LOTES QUESO MOZZARELLA CON DIMENSIONES Y PESO CONSTANTE.....	26
6.2.2 ANÁLISIS DE °BAUME A LA SOLUCIÓN DE SALMUERA	27
6.3 ETAPA 2. ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE CLORURO DE SODIO DE LOS QUESO.	27
6.3.1 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE PORCENTAJE DE CLORURO INICIAL	27
6.3.2 TIEMPOS DE INMERSIÓN DE QUESO EN SALMUERA.....	28
6.3.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE PORCENTAJE DE CLORURO DE SODIO ...	28
6.4 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.....	29
6.5 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	29
7. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	31
8. CONCLUSIONES	44
9. RECOMENDACIONES	45
10. BIBLIOGRAFIA	46

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1 VARIABLES PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA	30
TABLA 2 ANÁLISIS DE CLORURO EN QUESO MOZZARELLA 2000 EN SALMUERA A 17°BAUME	31
TABLA 3 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONCENTRACIÓN DE 17° BAUMÉ COMPARANDO TIEMPOS DE INMERSIÓN EN LOS LATERALES DEL QUESO	32
TABLA 4 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONCENTRACIÓN DE 17° BAUMÉ COMPARANDO TIEMPOS DE INMERSIÓN EN EL CENTRO DEL QUESO	32
TABLA 5 ANÁLISIS DE CLORURO EN QUESO MOZZARELLA 2000 EN SALMUERA A 20°BAUME	36
TABLA 6 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONCENTRACIÓN DE 20° BAUMÉ COMPARANDO TIEMPOS DE INMERSIÓN EN LOS LATERALES DEL QUESO.	37
TABLA 7 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONCENTRACIÓN DE 20° BAUMÉ COMPARANDO TIEMPOS DE INMERSIÓN EN EL CENTRO DEL QUESO.	37
TABLA 8 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONCENTRACIÓN DE SALMUERA Y TIEMPOS DE INMERSIÓN EN EL CENTRO DEL QUESO.	40
TABLA 9 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONCENTRACIÓN DE SALMUERA Y TIEMPOS DE INMERSIÓN EN EL CENTRO DEL QUESO.	41

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. COMPORTAMIENTO % NACL LATERALES DEL QUESO EN INMERSIÓN DE SALMUERA A 17° BAUMÉ.....	34
FIGURA 2. COMPORTAMIENTO % NACL EN EL CENTRO DEL QUESO EN INMERSIÓN DE SALMUERA A 17° BAUMÉ.....	34
FIGURA 3.COMPORTAMIENTO % NACL LATERALES DEL QUESO EN INMERSIÓN DE SALMUERA A 20° BAUMÉ.....	38
FIGURA 4.COMPORTAMIENTO % NACL EN EL CENTRO DEL QUESO EN INMERSIÓN DE SALMUERA A 20° BAUMÉ.....	38

GLOSARIO

QUESO MOZZARELLA el queso Mozzarella es un Producto pasteurizado semiduro y semigraso que es hilado ya que pasa por un segundo tratamiento térmico después de su proceso de maduración y coagulación y cuando ya ha alcanzado sus características cuantitativas de PH y su prueba cualitativa de Hilo.

OSMODESHIDRATACIÓN proceso de extracción de humedad de alimentos, proceso ideal para la conservación de los alimentos, aumento de vida útil, mejoramiento de las características sensoriales.

DIFUSIÓN proceso donde se produce transferencia de masa a través de la humedad del alimento y la solución donde está sumergida.

SALMUERA solución de agua y cloruro de sodio en la cual es sumergido el queso para protegerlo de la acción de microorganismos indeseables, darle sensaciones olfativas y gustativas adecuadas y preparar al queso para la formación de una corteza que mantiene su forma más definida, generadora de la osmodeshidratación en el queso.

CLORURO DE SODIO compuesto químico inorgánico y mineral de color blanco, mejor conocido como la sal común y es utilizado como saborizante de alimentos y en algunos casos como conservante

PH es la medida de la acidez o alcalinidad de una solución, condiciona el crecimiento microbiano y por lo tanto la formación adecuada de la cuajada.

°BAUME son aquellos grados que hace referencia a la densidad de una muestra, el valor leído en un aerómetro es relacionado con la concentración de sal presente en dicha muestra.

TEMPERATURA medida física de las condiciones térmicas de un cuerpo, objeto, ambiente, sustancia, etc.

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el efecto de la concentración de la salmuera y el tiempo de inmersión en una solución de cloruro de sodio donde se seleccionaron dos lotes de queso Mozzarella por 2000 gramos, el primer lote se sumergió en solución de salmuera a una concentración de 17°Baume y el segundo lote en una solución de 20°Baume, ambas soluciones de salmuera se encontraban a una temperatura de 12°C. El tiempo de inmersión en salmuera de los diferentes lotes se varió desde dos horas hasta cuatro horas que inmediatamente se retiraron de salmuera se les realizó análisis de porcentaje de cloruro de sodio, se tomaron muestras cada 24 horas durante 3 días y se realizaron pruebas de porcentaje de cloruros de la superficie interna y externa del queso para analizar la homogeneidad del proceso de difusión del cloruro de sodio en los bloques de queso mozzarella, donde se encontró que en las superficies laterales de queso hay diferencias significativas en cuanto a la concentración de salmuera y en el centro del mismo en cuanto a los tiempos de inmersión del queso. Finalmente se concluyó que la variable con mayor influencia fue la concentración de °Baumé ya que la mayor transferencia de cloruro de sodio se da en las primeras horas de inmersión. Los valores de velocidad de difusión para el caso de concentración de salmuera de 17°Baume que se obtuvieron fueron de 0,175 cm²/h y para la concentración de 20°Baume fue de 0,182 cm²/h.

El proyecto sirve como base para que aquellas industrias que procesen derivados lácteos, en especial las que fabriquen queso tipo mozzarella tengan una idea de cómo determinar la concentración de cloruro de sodio en función del tiempo de inmersión del producto además beneficiara a futuros investigadores que estén enfocados en este tipo de estudio de procesos de osmódeshidratación.

ABSTRACT

In the present study, the effect of the brine concentration and the immersion time in a sodium chloride solution where two batches of Mozzarella cheese were selected by 2000 grams were evaluated, the first batch was dipped in the brine solution to a 17 ° Baume concentration and the second batch in a 20 ° Baume solution, both brine solutions are at a temperature of 12 ° C. The brine immersion time of the different batches was varied from two hours to four hours that you If the brine was removed, the percentage analysis of sodium chloride was carried out, samples were taken every 24 hours for 3 days and chloride percentage tests were carried out on the internal and external surfaces of the cheese to analyze the homogeneity of the diffusion process of

the Sodium chloride in the blocks of mozzarella cheese, where there are significant differences in the cheese lateral surfaces in terms of the brine ration concentration and in the center thereof in the times of immersion of the cheese. Finally, it was concluded that the variable with the greatest influence was the concentration of °Baumé and the greater transfer of sodium chloride in the first hours of immersion. The diffusion velocity values for the case of the brine concentration of 17 ° Bales that were obtained are 0,175 cm²/h and for the concentration of 20 ° Baume 0,182 cm²/h

The project serves as a basis for the industries that process dairy products, especially for the mozzarella type. in this type of study of osmodehydration processes.

INTRODUCCION

Durante el procesamiento del queso mozzarella, específicamente en la etapa de salado el cual se realiza sumergiendo los bloques de queso ya hilados y formados en soluciones de salmuera ocurre un proceso de difusión de cloruro de sodio y que es considerado un proceso lento y de difícil control, muchas industrias se han centrado en este fenómeno para establecer los parámetros óptimos para obtener un buen salado en quesos.

El salado en quesos ha sido tema de interés en muchos estudios dentro de la industria de derivados lácteos, la adición de cloruro de sodio de cierta manera influye sobre la calidad del producto final debido a que por procesos de osmódeshidratación se genera un desuerado en los bloques de queso que ayuda a su conservación y da características de sabor.

La evaluación del efecto de la concentración de la salmuera y tiempo de inmersión en el contenido de cloruro de sodio del queso mozzarella consiste en analizar los parámetros actuales del queso mozzarella respecto a factores que intervienen en el proceso de producción para mejorar la difusión del porcentaje de cloruro de sodio en el queso.

El propósito de este trabajo es orientar e informar a las personas que intervienen en el proceso sobre la importancia de mantener ciertas condiciones de concentración y tiempos de inmersión del producto en la salmuera; para que así se concienticen de la importancia de conservar estas características y ofrecer un producto con condiciones similares de calidad.

El estudio es importante para futuras investigaciones en la industria láctea ya que se pueden tener de referencias de datos de velocidades de difusión de cloruro de sodio en el queso, como también valores de temperatura de salmueras, concentración de salmuera y tiempos de inmersión óptimos para llevar a cabo un proceso de salado donde se cumpla con los requerimientos del cliente y las mismas exigencias internas de la organización.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA

Durante la elaboración de queso mozzarella específicamente en la etapa de salado ocurre un ingreso de cloruro de sodio hacia el centro del queso, que por diferencia de la presión osmótica entre la salmuera y el agua se genera un fenómeno de difusión de difícil control, cuando el producto es retirado de la solución de salmuera este proceso sigue generando un efecto en el tiempo, es allí donde se debe establecer en qué momento la sal logra distribuirse uniformemente en el queso y así determinar el valor óptimo de las variables como tiempo de inmersión del queso, la concentración y la temperatura de la salmuera para alcanzar los parámetros ideales de porcentaje de cloruro de sodio.

Estas variables generan que la concentración de cloruro se presente por capas en el queso lo que hace que su distribución sea compleja ya que se da de manera aleatoria en el bloque de queso donde la mayor concentración está en la superficie exterior y la menor en el centro de este y que se reparte en el tiempo hasta lograr un equilibrio en toda la superficie.

El salado en quesos es un tema de múltiples estudios dentro de la industria láctea debido a que la presencia del cloruro de sodio está directamente relacionada con la calidad, puesto que ayuda a completar el desuerado, disminuye la actividad microbiana y da sabor al producto final; además es una falencia que se ha encontrado en la industria a través de la experiencia, debido a que no establecen un procedimiento estándar para realizar el proceso de salado y que en muchas ocasiones se puede ver afectado el sabor de sus productos por no determinar adecuadamente las concentraciones, pH, temperaturas, tiempos de inmersión del producto en salmuera antes de ser refrigerado y porcionado sabiendo que el cloruro de sodio se va difundiendo a través de la longitud del queso.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es factible evaluar el efecto de la concentración y el tiempo de permanencia en salmuera para estandarizar la cantidad de cloruro de sodio en el queso mozzarella?

2. JUSTIFICACION

El procesamiento de queso mozzarella y su proceso de inmersión en salmuera esta directamente relacionado con la especialización de procesos de alimento y biomateriales, pues la técnica de salado se da a través de una transferencia de masa del alimento y la solución de salmuera ocurriendo así procesos de osmodeshidratación

que son ideales para la conservación de los alimentos, aumento de vida útil y mejoramiento de las características sensoriales.

Con el presente proyecto se busca que las industrias de derivados lácteos en Colombia en especial aquellas que procesan queso Mozzarella tengan una base para determinar la concentración de cloruro de sodio en función del tiempo y que se da a través de un proceso de difusión; donde la sal migra de la parte externa del queso hacia la parte interna antes de ser porcionado hasta de alcanzar la concentración de cloruro ideal sin afectar el mercado y las características sensoriales del producto.

Para la industria será un estudio de gran apoyo donde puedan consultar y tener una base para determinar las concentraciones de las salmueras y establecer el tiempo mínimo que debe permanecer sus productos en espera antes de las operaciones de porcionado y empacado, cumpliendo sus parámetros fisicoquímicos a tiempo sin riesgo de perder clientes; además de entregar un producto con buenas características sensoriales contribuyendo así a un consumo moderado de cloruro de sodio y fortaleciendo los métodos de salado en las industrias que se dediquen a la producción de queso mozzarella.

Con el presente estudio también se busca que las industrias optimicen sus métodos de salado donde contribuyan a la protección del medio ambiente y mejoren sus características organolépticas de sus productos además de conservar o mejora la vida útil de los mismos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto concentración de sal y tiempo de inmersión en el proceso de salazón del queso mozzarella con el fin de lograr una difusión del cloruro de sodio uniforme.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar el proceso de osmosis del queso mozzarella en una solución de salmuera para evidenciar la transferencia de cloruro de sodio hacia el producto.
- Encontrar la velocidad de difusión del cloruro de sodio en el queso Mozzarella en el tiempo a través de la concentración de cloruro para determinar la cantidad mínima de tiempo que se debe dejar el producto en salmuera.
- Evaluar el efecto de la concentración de sal en la salmuera, en la salazón del queso mozzarella
- Determinar la concentración de cloruro de sodio en queso mozzarella empleando el método de análisis por espectroscopia de infrarrojo cercano.

4. ANTECEDENTES

La Cooperativa COLANTA comenzó a tejer su historia el 19 de abril de 1964, cuando en el municipio de Don Matías, en el altiplano norte de Antioquia, se asociaron 60 campesinos productores de leche promovidos por la Secretaría de Agricultura del Departamento, en 1985 entra en funcionamiento la más moderna línea de pasteurización en Colombia en San Pedro de los Milagros con una capacidad para procesar 26000 l de leche/hora, hoy día con 3 pasteurizadores en el área de derivados lácteos y que suman una capacidad de 62000 l/h, en San Pedro de los Milagros se producen todos los derivados lácteos de la mejor calidad con una participación del 36% del mercado en Colombia, porque los quesos se elaboran con leche pasteurizada de la mejor calidad y tienen gran aceptación nacional e internacional.¹

En la cooperativa Colanta se han realizado diferentes estudios, donde se ve involucrado el proceso de salado húmedo del queso mozzarella. En tal sentido, practicantes del área de Ingeniería de Alimentos han realizado diferentes trabajos que aportan al presente proyecto.

Dentro de los diferentes estudios encontrados se resaltan:

En el año 2011 se documentó la línea del queso mozzarella con miras para la certificación en ISO 9001:2008 y dentro de esta se creó el instructivo de operación y aseo piletas de salmuera quesos hilados elaborado por el supervisor de línea encargado en su momento, donde de acuerdo a bibliografía para salado de queso mozzarella establecieron las concentraciones de las salmueras en Baumé y especificaron como se debía hacer el ajuste de sal si se encontraba por debajo de los parámetros²

En el año 2015 se realizó un estudio denominado velocidad de difusión de cloruros en queso mozzarella, un trabajo elaborado por el aprendiz universitario Diego Alonso Castro Cataño de ingeniería de alimentos que lo desarrolló con el fin de contribuir al mejoramiento del proceso de salado del queso mozzarella determinando la velocidad con la que se difundía la sal en el queso.³

¹Colanta (2018). <http://sabemas.colanta.com.co/home/mi-cooperativa/informacion-institucional/historia>

² Colanta (2011). Instructivo de operación y aseo piletas de salmuera línea de quesos hilados.

³ Castro, D. (2015). Velocidad de difusión de cloruros en queso mozzarella.

5. MARCO TEORICO

5.1 El queso Mozzarella

Los quesos de pasta hilada, de textura fibrosa y elástica, se originaron en Oriente Medio; en Italia alcanzaron su tecnificación y en EE. UU. ganaron popularidad. El queso Mozzarella es el más importante exponente de esta familia y representa el segundo segmento más importante en ventas en la industria quesera, después del queso Cheddar. En varios países de Latinoamérica se ha despertado un especial interés por la fabricación y comercialización de quesos de pasta hilada debido a su alto consumo, especialmente en la elaboración de comidas rápidas (Fox, P. and McSweeney, P). En los quesos de pasta hilada la masa primaria elaborada (cuajada), una vez que ha alcanzado la acidez necesaria, es sometida a una serie de procesos: calentamiento (con o sin agua), amasado, salado y estirado, para luego ser cortado, moldeado, enfriado y, finalmente, envasado y comercializado (Kindtest, P, Caric, M. and Milanovic, L.). La metodología de elaboración varía, dependiendo de la región de donde provenga, lo que permite que Latinoamérica tenga una interesante variedad de quesos de pasta hilada.

Es un queso fresco ácido, no madurado, de pasta semi-cocida e hilada, elaborado con leche de vaca entera y fresca (pH 6,7). Su contenido de humedad está entre 41% y 55% y de grasa entre 26% y 32%. Se lo puede ubicar entre los quesos semiblandos a semiduros de contenido medio a alto de grasa. Su superficie es brillante y no presenta corteza o cáscara. Su color característico va del blanco crema al ligeramente Amarillo (Ramírez, J., Osorio, M. and Stouvenel, A).

Según la resolución 2310 de 1986 de la Republica de Colombia define el queso como el producto obtenido por coagulación de leche. de la crema de leche, de la crema de suero, del suero de la mantequilla o de la mezcla de algunos o todos estos productos, por la acción del cuajo u otros coagulantes aprobados y el queso mozzarella es un Producto pasteurizado semiduro y semigraso, que después de su fabricación está listo para el consumo, es un producto hilado que pasa por un segundo tratamiento térmico después de su proceso de maduración y coagulación.

5.1.1 Composición química, características sensoriales y almacenamiento del queso Mozzarella.

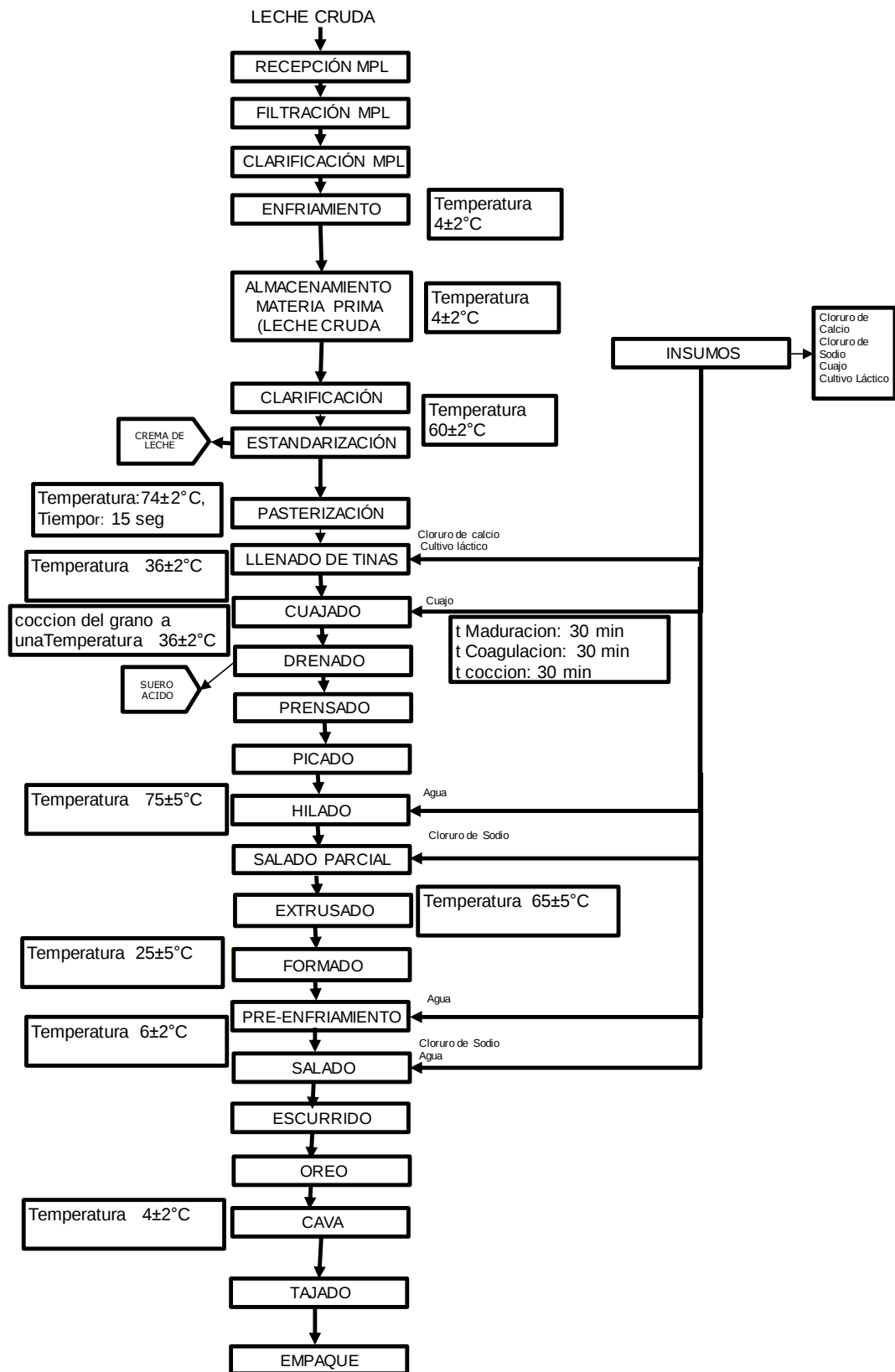
El queso mozzarella es procesado con leche pasteurizada, posteriormente en tina se adiciona cloruro de calcio al 10% con el fin de recuperar el calcio perdido en la pasteurización y fortalecer el proceso de coagulación, seguidamente se adiciona cultivo láctico termófilo al 1% con el fin de convertir la lactosa en ácido láctico y dar características de aroma ácido, consistencia firme y flexible en el producto final. Seguidamente se da lugar al proceso de coagulación donde se adiciona Cuajo que es

un conjunto de enzimas que actúa a través de la proteína de la leche para formar una masa que retiene en su interior suero de leche.

Terminado el proceso de coagulación la matriz de cuajo se somete a un proceso de desuerado, para después hilar el queso y someterlo a un proceso de salado en salmueras a concentraciones de 17 y 20°Baume.

El producto final es almacenado en cavas de refrigeración a temperaturas entre 2 y 6°C.

5.1.2 Diagrama de flujo Queso Mozzarella



5.2 Proceso de Difusión de la sal en el queso Mozzarella

El cloruro de sodio es un insumo que actúa como preservante en los alimentos y que además da sabor a estos, hace parte de la dieta diaria de las personas, se debe tener en cuenta que la adición de este a los alimentos afecta el pH del producto final y por consiguiente contribuye a inhibir el crecimiento de microorganismos y favorece los procesos de maduración. (Amiott, J. 1995)

Los quesos sumergidos en salmuera generan un proceso de difusión donde a través de transferencia de masa, el cloruro de sodio diluido con agua pasa de la capa exterior del queso hacia el interior del mismo a través de la red formada por las micelas de la proteína (caseína), un queso que tiene mas ojos y que tiene un contenido de humedad mas alto favorece el proceso de difusión, las moléculas de cloruro de sodio y agua transitan de acuerdo a las diferencias de concentración, es decir que el salado húmedo es mucho mas efectivo que el salado en seco para el caso de productos semiduros como lo es el queso mozzarella, un ejemplo de esto es el coeficiente de difusión en el queso con respecto al contenido de humedad ya que cuando se parte de un salado en seco la velocidad de difusión es de $0,2\text{cm}^2/\text{día}$ y en salmuera de $0,45\text{cm}^2/\text{día}$ a una temperatura de $12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Montenegro, M. 2010).

En el proceso de salado de queso específicamente en el queso mozzarella ocurre que la solución de salmuera ingresa a el producto y ocasiona una deshidratación en la parte externa debido a que del queso fluyen hacia la salmuera proteínas, lactosa, minerales y microorganismos del queso. (Geurts, P y Walstra, H. 1980)

El intercambio se produce en toda la superficie del queso, pero depende también de ciertas características del queso y la salmuera como lo son el tamaño, los componentes, la humedad de la cuajada, la concentración, temperatura, pH y el tiempo que permanecen el producto en la solución de salmuera.

El proceso de difusión de la sal se ha estudiado en múltiples ocasiones pero hasta ahora los investigadores no han quedado nada conformes debido que argumentan que el proceso de salado se produce por la variación de la concentración salina, queriendo decir que cuando se introduce un queso a salmuera se van formando capas donde se observa mayor deshidratación en el exterior efecto de la alta concentración de sal en esta superficie y en muchas ocasiones impidiendo que la sal se difunda homogéneamente en el centro del queso. (Geurts, P y Walstra, H. 1980)

El proceso de deshidratación osmótica ayuda a eliminar agua en el producto a través del contacto con una solución concentrada como es el caso de salmuera, almibares, entre otros (Zapata, J, 1998).

En los procesos de osmodeshidratación se requiere menor gasto de energía, además cuando el producto se va deshidratando se le va incorporando otros componentes que ayudan a dar mejor características sensoriales, quedando así un producto residual producto de la pérdida de humedad del producto que puede ser utilizado en la elaboración de jugos y bebidas. (Pereda, O. 1998).

La osmodeshidratación es un proceso donde hay intercambios de agua y solutos (Saputra, 2001), allí ocurren tres tipos de transferencia de masa:

- Pérdida de humedad del producto, que libera agua hacia la solución de salmuera.
- Transferencia de sal hacia el producto.
- Otros componentes del producto hacia la solución de salmuera. (Sablani y Rahman, 2003; van Nieuwenhuijzen *et al.*, 2001).

En el proceso de osmodeshidratación se caracteriza por generación de velocidades de transferencia de masa donde al inicio las velocidades son más altas hasta el punto de alcanzar un equilibrio donde la velocidad llega hasta cero. (Sablani y Rahman, 2003; Parjoko *et al.*, 1996; Shi y Le Maguer, 2002) (Sareban and Abbasi Souraki, 2016).

Las variables que afectan la transferencia durante procesos de osmodeshidratación son:

- Concentración
- Temperatura
- Tiempo de inmersión,
- La geometría (tamaño, forma y área superficial),
- La composición de la disolución
- El nivel de agitación,
- el pretratamiento del producto (Sablani y Rahman, 2003; Rastogi y Raghavarao, 1996; van Nieuwenhuijzen, 2001; Rastogi y Raghavarao, 2002).

5.3 Variables que afectan la absorción de la sal.

5.3.1 Concentración salina:

A Mayor concentración de sal más rápido será el proceso de difusión y más aún cuando el producto posee alta humedad ya que permite que se solubilice más fácilmente el soluto en este.

En concentraciones de salmuera mas bajas se corre el riesgo de que los productos se contaminen microbiológicamente en por esto que es importante determinar el tamaño

del queso considerando que para concentraciones bajas de salmuera es recomendable sumergir productos pequeños y muy húmedos.

5.3.2Tiempo de salmuera:

La mayor transferencia de sal se da en las primeras horas que se sumerge el queso, a concentraciones bajas el tiempo de inmersión será mayor y a concentraciones altas el tiempo disminuirá.

5.3.3 Forma del queso:

Es importante considerar la forma del queso ya que permite determinar el tiempo de inmersión en salmuera considerando que quesos de forma cilíndrica se salaran mas rápido que los quesos redondos y rectangulares.

5.3.4 Temperatura del queso y de la salmuera:

Las temperaturas altas favorecen la transferencia de sal hacia el queso, pero se debe considerar que a temperaturas altas se descompone el producto más rápido por el aumento de la flora microbiana es por esto que se recomienda temperaturas de salmuera entre 10 y 12 °C, temperaturas excesivamente bajas dificultan el proceso de difusión haciéndolo más lento. (Morris, H, Guinee, T, y Fox, P.1985).

5.4Ventajas de la deshidratación osmótica

- Los procesos de deshidratación osmótica generan productos con mejores características de color y textura (Azuara *et al.*, 2002; Saputra, 2001; Parjoko *et al.*, 1996) y aumentan la vida útil de los productos (Saputra, 2001)
- La osmodeshidratación gasta menos energía que otros tipos de proceso de secado, por lo que para la industria favorece los costos de producción (Sablani y Rahman, 2003; Madamba y Lopez, 2002).
- Durante el proceso de osmodeshidratación se pueden introducir otros componentes para saborizar, conservar y colorear los productos. (Sablani y Rahman, 2003).
- Los productos que pasan por procesos de osmodeshidratación sufren cambios en su textura que permiten mejor manipulación en los procesos posteriores como de refrigeración y empaque. (Tobback y Feys,1989).

5.5 Ley de Fick

Cuando se sala en salmuera el queso adquiere unas características de textura que permite que el producto tenga una forma adecuada, además de conservar esta durante un tiempo determinado cuando se somete a procesos posteriores de refrigeración, La Difusión de la sal en el queso se puede hallar por medio de la ley de Fick

La ecuación para esta ley es: $\frac{\Delta m}{\Delta t} = -DA \frac{\Delta C}{\Delta X}$

Donde:

Δt : Tiempo.

Δm : masa del soluto que se difunde a lo largo de la geometría del queso.

A: área de la sección transversal,

C: concentración del soluto (que se supone constante sobre cualquier sección transversal).

D: coeficiente de difusión.

$\frac{\Delta C}{\Delta x}$: gradiente de concentración (Gros, M. 1987).

6. METODOLOGIA

6.1 Lugar de Trabajo.

El estudio se realizó en la planta derivados lácteos san pedro donde se cuenta con la línea de proceso para la fabricación de queso mozzarella además del laboratorio fisicoquímico donde se realizaron los análisis de porcentaje de cloruro de sodio con un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) considerándose una investigación de tipo exploratoria, este análisis cuantitativo se realizó con un analizador multipropósito usando la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano que es un método instrumental que permite medir de forma rápida la composición de química, nutricional de una muestra.

El presente estudio se llevó a cabo en 2 etapas:

Etapa 1. Elección y toma de muestras de producto y salmuera

- Identificación de dos lotes de queso Mozzarella con dimensiones y peso constante.
- Análisis de °Baume a la solución de salmuera

Etapa 2. Análisis de los quesos

- Análisis cuantitativo de Porcentaje de cloruro Inicial
- Tiempos de inmersión de queso en salmuera
- Análisis cuantitativo de porcentaje de cloruro de sodio

6.2 Etapa 1. Elección y toma de muestras de producto y salmuera

6.2.1 Identificación de dos lotes queso Mozzarella con dimensiones y peso constante.

Se eligieron dos lotes de queso Mozzarella al azar cada uno de 230 unidades para hacer el muestreo donde después de su etapa de hilado y formado pesaron 2000 gr y sus dimensiones fueron de 28 cm de largo, 8 cm de alto y 8 cm de profundidad, se analizó el queso en las mismas condiciones y se determinó la velocidad de difusión.

Numero de muestra de cada lote:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

N = tamaño de la población= 230

Z = nivel de confianza, para un nivel de confianza del 85% Z= 1,44

p = probabilidad de éxito= 0,5

q = probabilidad de fracaso= 0,5

e = Error máximo permitido= 12,3%=0,123

$$n = \frac{230 \times 1,44^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,123^2 \times (230 - 1) + 1,44^2 \times 0,5 \times 0,5} = 29,93 \approx 30 \text{ muestras}$$

6.2.2 Análisis de °Baume a la solución de salmuera

Los lotes de queso fueron sometidos a un pretratamiento de adaptación y tratamiento en soluciones de salmuera a temperatura constante de 12°C así:

- Salmuera 1: proceso de acondicionamiento para los dos lotes analizados donde la concentración fue de 8°Baume.
- Salmuera 2: tratamiento para el lote numero 1 a una concentración de 17°Baume.
- Salmuera 2: tratamiento para el lote numero 2 a una concentración de 20°Baume.

6.3 Etapa 2. Análisis de porcentaje de cloruro de sodio de los quesos

6.3.1 Análisis cuantitativo de Porcentaje de cloruro.

Los lotes de queso después de su etapa de hilado, moldeado y antes del proceso de salazón se les midió la concentración de cloruros después de sumergirlos en salmuera por 2,3 y 4 horas donde se observó y se analizaron las diferencias de porcentaje de cloruro sodio del queso para las dos concentraciones de las soluciones de salmuera evaluadas evidenciando así la transferencia que se da de cloruro de sodio hacia el interior del queso.

6.3.2 Tiempos de inmersión de queso en salmuera

Los dos lotes de queso se sumergieron en las soluciones de salmuera con las diferentes concentraciones evaluadas de 17 y 20°Baume durante un periodo inicial de 2 horas donde se tomaron 10 muestras de queso. Seguidamente se tomaron otras 10 muestras cada 60 minutos es decir a las 3 horas de inmersión y hasta completar 4 horas de inmersión en salmuera para un total de 30 muestras recolectadas por lote. Una vez que fueron sacadas las muestras de la salmuera) fueron extraídas las muestras de queso de las soluciones de salmuera se le realizó una medición de cloruro de sodio por duplicado tanto en la superficie exterior como la interior del queso. Las demás muestras se almacenaron en refrigeración a una temperatura de $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ con el fin de medir la variación de la concentración de cloruros desde el exterior hasta su interior midiendo el porcentaje de cloruro de sodio por duplicado cada 24 horas hasta completar 96 horas en refrigeración.

6.3.3 Análisis cuantitativo de porcentaje de cloruro de sodio

Para las mediciones del porcentaje de cloruro de sodio se tomaron las muestras y se le realizaron cortes por todas las caras de la superficie externa (figura 1), se mezclaron y se realizó su medición de porcentaje de cloruro de sodio, posteriormente se cortó el sobrante de la muestra a la mitad (figura 2) y se tomó una muestra de cada mitad de aproximadamente 1,5 cm de Diámetro y 3 cm de profundidad (figura 3) y se realizó medición de porcentaje de cloruro de sodio. Este análisis se hizo con el fin de poder determinar cómo era el comportamiento de la transferencia de sal desde el exterior hacia el interior del queso en el tiempo, en un inicio la concentración de sal en el exterior fue mayor que en el centro.

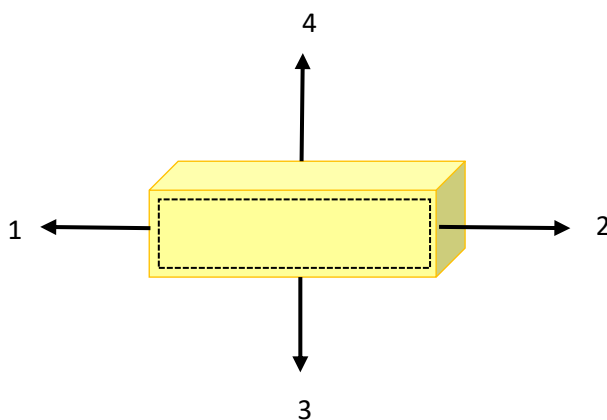


Figura 1. Cortes superficie externa



Figura 2. Corte a la mitad

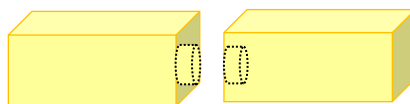


Figura 3. Cortes en el centro del queso

6.4 Análisis Fisicoquímicos

Porcentaje de cloruro de sodio: para estas mediciones se utilizó un analizador multipropósito marca Bruker que funciona basado en el método de análisis por espectroscopia de infrarrojo cercano, el laboratorio de derivados lácteos donde se realizan análisis fisicoquímicos es uno de los más activos durante todo el día, ya que por el pasan todos los productos ya sean en proceso o productos terminados, utilizando el analizador multipropósitos (MPA) marca Bruker que es un espectrómetro FT-NIR (del inglés Fourier Transformed-Near Infrared Reflectance) modelo MPA, con él que se prueba a través de distintos canales de medida donde se dispone la muestra de producto, arrojando a través de un software de espectroscopia (OPUS LAB) resultados para el porcentaje de materia seca, porcentaje de grasa y porcentaje cloruro de sodio para el caso de los quesos hilados, frescos y madurados; y porcentaje de humedad para el caso de las leches cultivadas, Este analizador ofrece muchas ventajas, dado que dispone de un diseño modular, puede ser fácilmente adaptado a las necesidades del laboratorio.

Concentración de salmuera (°Baume): esta medición se realizó a través de un aerómetro en grados Baumé.

Temperatura: Con el fin de verificar que la temperatura de la salmuera se mantuvo constante durante el experimento se utilizó un termómetro de punzón marca Cooper Atkins

Tiempo de inmersión del queso en salmuera: Se utilizó un cronometro digital Casio.

6.5 Tratamiento estadístico de los resultados experimentales

-Los resultados se analizaron mediante un ANOVA utilizando Excel donde se consideraron como variables de respuesta las descritas en la tabla 1 y que se compararon con los porcentajes de cloruro obtenidos en el queso para determinar si hay una influencia significativa de alguna de las variables.

Variable	Valores	Unidades
Concentración de salmuera	17 y 20	°Baume
tiempo en salmuera	1,2,3 y 4	Horas

Tabla 1. Variables para el análisis de varianza

-Para la evaluación el efecto de la concentración y el tiempo de inmersión en el proceso de salazón del queso mozzarella, se realizaron gráficas para observar el comportamiento del porcentaje de cloruro de sodio en los laterales y el centro del queso.

-Para el cálculo de la velocidad de Difusión (Coeficiente de difusión) del queso mozzarella se midieron las áreas de cada cara del queso, se estableció la relación de masa por unidad de tiempo y con estos valores se encontró una velocidad de difusión de forma experimental para este tipo de presentación de queso Mozzarella empleando la ley de Fick a través de la fórmula. (Salado de quesos 2012)

$$S = \frac{2\text{cm}^2 * C * A}{V * (D * t)^{1/2}}$$

Despejando D:

$$D = \frac{\left(\frac{2\text{cm}^2 * C * A}{V * S} \right)^2}{t}$$

Donde:

cm^2 : *unidad de medida centímetros cuadrados*

S: g de sal por 100 g de agua del queso.

C: concentración de la salmuera (g de sal por 100 g de agua).

A: superficie del queso (cm^2).

V: volumen del queso (cm^3).

T: tiempo de salado (horas).

D: coeficiente de difusión de la sal ($\text{cm}^2 / \text{hora}$).

7. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

En la siguiente tabla se presenta los resultados de los análisis cuantitativo realizados en campo en donde se expresa el porcentaje de cloruro de sodio inicial correspondiente a el valor de %NaCl en el queso a las 2,3 y 4 horas de inmersión en salmuera a una concentración de 17°Baume, posteriormente las muestras se almacenaron en refrigeración con el fin de que la difusión de la sal continuara y se analizaron los porcentajes de cloruro de sodio cada 24 horas hasta completar 96 horas, los porcentajes de NaCl están expresados en %p/p (g de NaCl/100g de producto).

Tabla 2 Análisis de cloruro en queso mozzarella 2000 en salmuera a 17°baume

Lote		23380203									
Tiempo (horas) →		2,3,4		24		48		72		96	
2 horas de salmuera	% NaCl Laterales	11:50	1,08	11:53	1,16	11:40	1,06	11:56	1,11	11:52	1,19
	% NaCl Centro		0,28		0,36		0,42		0,5		0,74
	% NaCl Laterales	11:53	1,35	11:56	1,48	11:43	1,71	11:59	1,38	11:55	1,34
	% NaCl Centro		0,38		0,39		0,48		0,65		0,65
3 horas de salmuera	% NaCl Laterales	12:32	1,55	12:30	0,97	12:35	1,04	12:31	1,08	12:36	1,6
	% NaCl Centro		0,42		0,64		0,69		0,6		0,71
	% NaCl Laterales	12:35	1,87	12:33	0,96	12:38	1,16	12:34	1,39	12:39	1,32
	% NaCl Centro		0,5		0,52		0,75		0,52		0,59
4 horas de salmuera	% NaCl Laterales	13:40	1,62	13:35	1,77	13:30	1,55	13:37	1,49	13:43	2
	% NaCl Centro		0,58		0,6		0,64		0,68		0,93
	% NaCl Laterales	13:43	1,1	13:38	2,02	13:33	2,22	13:40	1,84	13:46	1,47
	% NaCl Centro		0,5		0,64		0,68		0,69		0,69

En las tablas 3 y 4 se muestra el Análisis de Varianza utilizando Microsoft Excel para la salmuera con concentración de 17°Baume tanto en las superficies laterales como en el centro del queso, esto con el fin de evidenciar si existe diferencias significativas entre el tiempo de inmersión y el tiempo de almacenamiento para que suceda el proceso de difusión.

Tabla 3 Análisis de varianza para concentración de 17° Baumé comparando Tiempos de inmersión en los laterales del queso

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra (tiempo De Inmersión)	1,165146667	2	0,582573333	8,05475159	0,004207134	3,682320344
Columnas (tiempo de Refrigeración)	0,04562	4	0,011405	0,15768734	0,956451902	3,055568276
Interacción	1,07052	8	0,133815	1,85014748	0,144902336	2,640796883
Dentro del grupo	1,0849	15	0,072326667			

Tabla 4 Análisis de varianza para concentración de 17° Baumé comparando Tiempos de inmersión en el centro del queso

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra (tiempo De Inmersión)	0,161086667	2	0,080543333	15,33185279	0,000236538	3,682320344
Columnas (tiempo de Refrigeración)	0,254686667	4	0,063671667	12,12024112	0,000134503	3,055568276
Interacción	0,079213333	8	0,009901667	1,884835025	0,138056957	2,640796883
Dentro del grupo	0,0788	15	0,005253333			

Según los resultados experimentales se realizaron las gráficas 1 y 2 con el fin de observar el comportamiento de % NaCl en los diferentes tiempos de inmersión para una concentración de salmuera de 17°Baume.

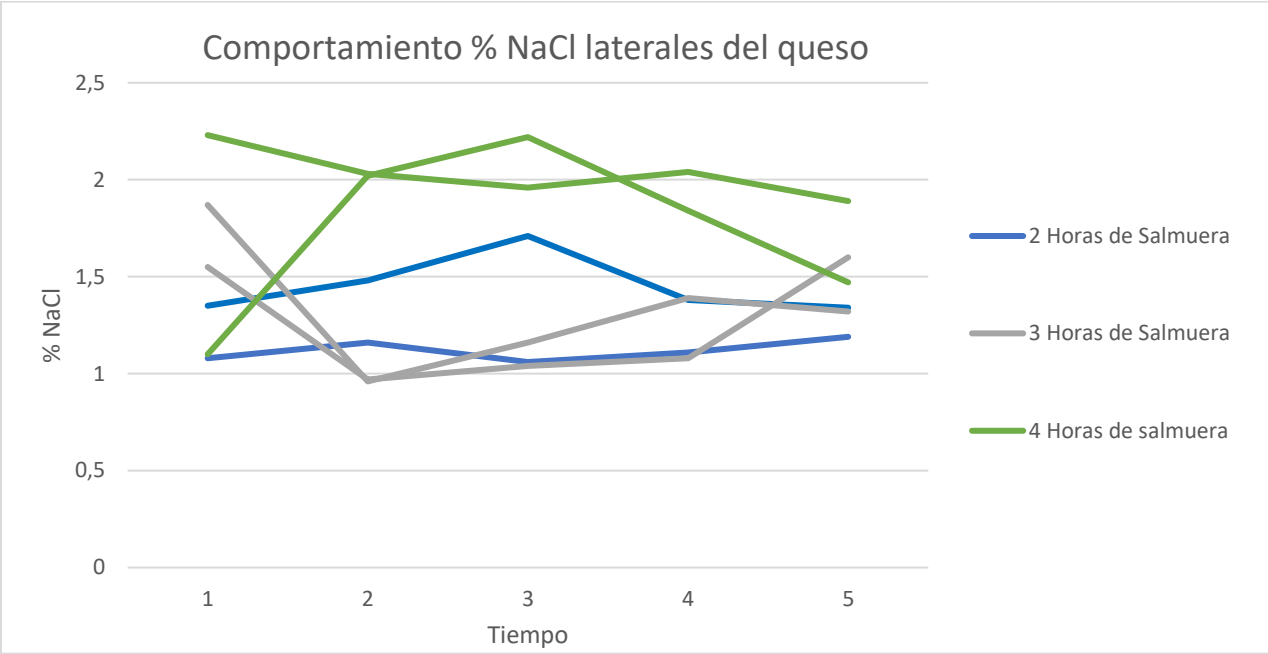


Figura 1. Comportamiento % NaCl laterales del queso en inmersión de salmuera a 17° Baumé.

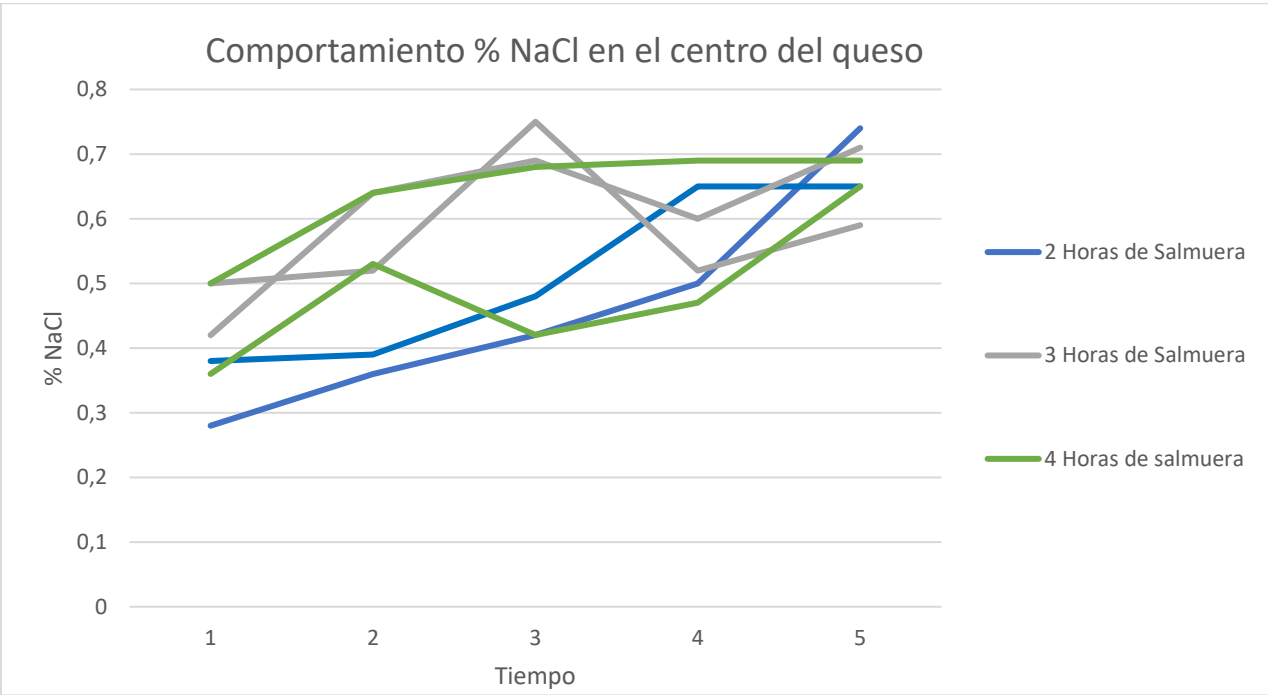


Figura 2. Comportamiento % NaCl en el centro del queso en inmersión de salmuera a 17° Baumé

Calculo Velocidad de difusión para una concentración de salmuera de 17°Baume y una temperatura de 12°C

$$D = \frac{\left(\frac{2\text{cm}^2 * C * A}{V * S} \right)^2}{t}$$

$$D = \frac{\left(\frac{2\text{cm}^2 * 17 * 28\text{cm} * 8\text{cm}}{28\text{cm} * 8\text{cm} * 8\text{cm} * 1,037} \right)^2}{96 \text{ horas}}$$

$$D = 0,175 \text{ cm}^2/\text{h}$$

Según las gráficas obtenidas de los porcentajes de cloruro de sodio del queso mozzarella en salmuera con concentración de 17°Baume se puede observar que en los laterales del queso hay mucha variación de % de NaCl en el tiempo, se esperaría que estos valores disminuyeran en el tiempo debido a la difusión de la sal hacia el centro del queso, mientras que en el interior del queso si se tiene una tendencia al aumento de estos valores en el tiempo.

Al respecto se esperaría que el cloruro de sodio en su proceso de difusión en la parte externa del queso fuera mayor y esto viene fundamentado por lo que dicen los autores Geurts, P y Walstra, H. donde en estudios que realizaron determinaron que desde el momento que se introduce un queso dentro de la salmuera comienza a generarse capas desde el exterior y hacia el interior, llegándose a encontrar mayor proporción de cloruro de sodio en las capas externas y nada de sal en la parte central del queso, una vez más en este estudio se puede confirmar esta afirmación que hacen los autores anteriormente mencionados ya que agrupando los diferentes tiempos de inmersión en salmuera se encontró que el porcentaje de cloruro de sodio en los laterales del queso en el presente estudio variaron desde 0,96 a 2,23% y en el centro del queso desde 0,36 a 0,75 %, lo que nos indica una vez más que este proceso es complejo y de difícil control.

En la siguiente tabla se presenta los resultados de los análisis cuantitativo realizados en campo en donde se expresa el porcentaje de cloruro de sodio inicial correspondiente a el valor de %NaCl en el queso a las 2,3 y 4 horas de inmersión en salmuera a una concentración de 20°Baume, seguidamente las muestras se almacenaron en refrigeración con el fin de que la difusión de la sal continuara desarrollándose y se analizaron los porcentajes de cloruro de sodio cada 24 horas hasta completar 96 horas, los porcentajes de NaCl están expresados en %p/p (g de NaCl/100g de producto).

Tabla 5 Análisis de cloruro en queso mozzarella 2000 en salmuera a 20°baume

Lote		24180241									
Tiempo (horas) →		2,3,4		24		48		72		96	
2 horas de salmuera	% NaCl Laterales	11:05	1,83	11:07	1,84	11:03	1,41	11:01	1,13	11:00	1,62
	% NaCl Centro		0,36		0,45		0,48		0,49		0,74
	% NaCl Laterales	11:08	1,04	11:10	1,47	11:06	1,85	11:04	1,75	11:03	1,21
	% NaCl Centro		0,26		0,38		0,43		0,56		0,66
3 horas de salmuera	% NaCl Laterales	12:00	1,86	12:02	1,53	12:10	1,71	12:02	1,78	12:02	1,99
	% NaCl Centro		0,36		0,63		0,59		0,64		0,65
	% NaCl Laterales	12:03	1,87	12:05	2,26	12:13	2,05	12:05	2,05	12:05	1,51
	% NaCl Centro		0,44		0,62		0,57		0,62		0,73
4 horas de salmuera	% NaCl Laterales	13:03	2,23	13:04	2,03	13:15	1,96	13:00	2,04	13:10	1,89
	% NaCl Centro		0,36		0,53		0,42		0,47		0,65
	% NaCl Laterales	13:06	2,49	13:07	2,27	13:18	1,8	13:03	2,05	13:10	2,07
	% NaCl Centro		0,39		0,47		0,5		0,65		1,01

En las tablas 6 y 7 se muestra el Análisis de Varianza utilizando Microsoft Excel para la salmuera con concentración de 20°Baume tanto en las superficies laterales como en el centro del queso, esto con el fin de evidenciar si existe diferencias significativas entre el tiempo de inmersión y el tiempo de almacenamiento para que suceda el proceso de difusión.

Tabla 6 Análisis de varianza para concentración de 20° Baumé comparando Tiempos de inmersión en los laterales del queso.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra (tiempo De Inmersión)	1,638746667	2	0,819373333	9,302955758	0,002358125	3,682320344
Columnas (tiempo de Refrigeración)	0,13688	4	0,03422	0,388525149	0,813556619	3,055568276
Interacción	0,27532	8	0,034415	0,390739129	0,908909594	2,640796883
Dentro del grupo	1,32115	15	0,088076667			

Tabla 7 Análisis de varianza para concentración de 20° Baumé comparando Tiempos de inmersión en el centro del queso.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra (tiempo De Inmersión)	0,05504	2	0,02752	3,834649327	0,045175068	3,682320344
Columnas (tiempo de Refrigeración)	0,451246667	4	0,112811667	15,71922898	3,04538E-05	3,055568276
Interacción	0,054093333	8	0,006761667	0,942173711	0,512044453	2,640796883
Dentro del grupo	0,10765	15	0,007176667			

Según los resultados experimentales se realizaron las gráficas 3 y 4 con el fin de observar el comportamiento de % NaCl en los diferentes tiempos de inmersión para una concentración de salmuera de 20°Baume.

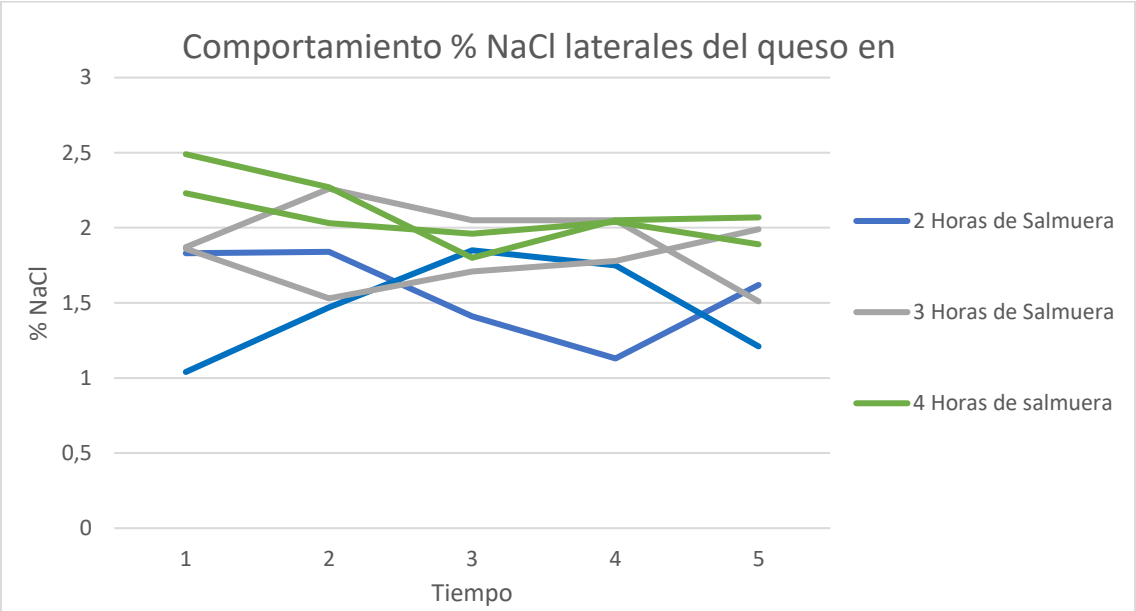


Figura 3.Comportamiento % NaCl laterales del queso en inmersión de salmuera a 20° Baumé.

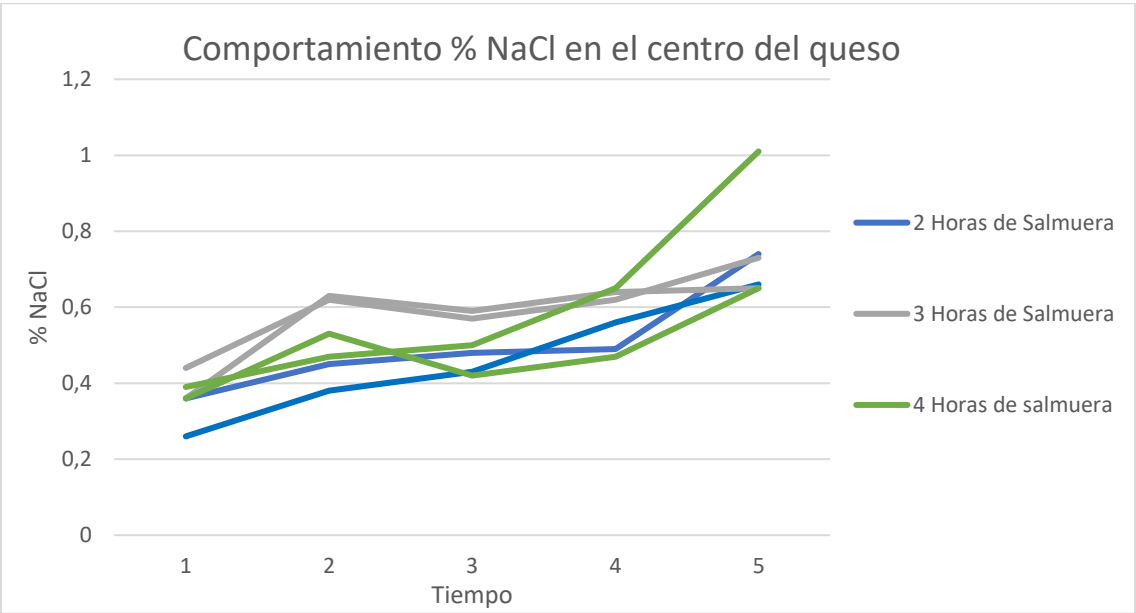


Figura 4.Comportamiento % NaCl en el centro del queso en inmersión de salmuera a 20° Baumé

Calculo Velocidad de difusión para una concentración de salmuera de 20°Baume y una temperatura de 12°C

$$D = \frac{\left(\frac{2\text{cm}^2 * C * A}{V * S} \right)^2}{t}$$

$$D = \frac{\left(\frac{2\text{cm}^2 * 20 * 28 * 8}{28 * 8 * 8 * 1,195} \right)^2}{96 \text{ horas}}$$

$$D = 0,182\text{cm}^2/\text{h}$$

Se puede observar que las gráficas obtenidas de los porcentajes de cloruro de sodio del queso mozzarella en salmuera con concentración de 20°Baume tiene un comportamiento similar a los valores de quesos sumergidos en salmuera de 17°Baume donde no se tiene una tendencia específica ascendente o descendente, pero en este caso si se observó que se tuvo un máximo de este valor de 1,01% NaCl para un tiempo de inmersión de 4 horas es decir que a mayor concentración de °Baumé de la solución de salmuera más intenso será el proceso de intercambio de sólidos entre el queso y la solución de salmuera así como lo dicen los autores Morris, H, Guinee, T, y Fox, P, Pero que mayor tiempo de inmersión la difusión de cloruro de sodio es más lenta y se valida por lo que dicen los autores anteriormente mencionados donde demostraron que la mayor tasa de salado se produce en las primeras horas que se sumerge el queso en salmuera, luego la pérdida de humedad próximo a la corteza y la movilidad de sal dentro del queso es más lenta.

En las tablas 8 y 9 se muestra el ANOVA para las variables estudiadas en el proyecto referente a la concentración de salmuera y los tiempos de inmersión del queso mozzarella en salmuera con el fin de determinar si se tiene más influencia de una variable que de otra:

Tabla 8 Análisis de varianza para concentración de salmuera y tiempos de inmersión en el centro del queso.

Tiempo de inmersión	17°Baume	20°Baume
2 horas de salmuera	1,08	1,83
	1,35	1,04
3 horas de salmuera	1,55	1,86
	1,87	1,87
4 horas de salmuera	1,62	2,23
	1,1	2,49

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra (Tiempo de Inmersión)	0,67385	2	0,336925	3,55437363	0,09588931	5,14325285
Columnas (Concentración Salmuera)	0,630208333	1	0,630208333	6,64835165	0,04185716	5,987377607
Interacción	0,442216667	2	0,221108333	2,33257143	0,17805481	5,14325285
Dentro del grupo	0,56875	6	0,094791667			

Tabla 9 Análisis de varianza para concentración de salmuera y tiempos de inmersión en los laterales del queso.

Tiempo de inmersión	17°Baume	20°Baume
2 horas de salmuera	0,28	0,36
	0,38	0,26
3 horas de salmuera	0,42	0,36
	0,5	0,44
4 horas de salmuera	0,58	0,36
	0,5	0,39

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra (Tiempo de Inmersión)	0,04235	2	0,021175	6,33665835	0,033173352	5,14325285
Columnas (Concentración Salmuera)	0,020008333	1	0,020008333	5,98753117	0,049997869	5,987377607
Interacción	0,011216667	2	0,005608333	1,67830424	0,263692866	5,14325285
Dentro del grupo	0,02005	6	0,003341667			

De acuerdo con el análisis de dispersión de datos para las variables estudiadas de tiempo de inmersión y concentración de salmuera donde los datos experimentales estudiados fueron los porcentajes de cloruros tomados inmediatamente después de extraer los quesos de salmuera se obtiene que:

Para las superficies laterales de queso se tienen diferencias significativas en cuanto a la concentración de salmuera, ya que analizando los valores obtenidos de % NaCl en la superficie externa es directamente proporcional al aumento de la concentración es decir a mayor concentración mayor % de NaCl en las partes laterales del producto, por lo tanto si solo nos importara la concentración de sal en la superficie del queso es más importante aumentar los °Baumé de la salmuera y observar en el tiempo como se da la difusión de sal hacia el centro del queso aunque se debe tener en cuenta que a mayor tiempo de inmersión en salmuera se va tener mayor tiempo de vida útil en el producto final.

Para los datos experimentales de % NaCl obtenidos en el centro del queso se tienen diferencias significativas en cuanto los tiempos de inmersión del queso; es decir que a mayor tiempo de inmersión del producto en salmuera mejor va a ocurrir el proceso de difusión de la sal hacia el interior del queso pero considerando la concentración de salmuera, es decir cuando se tiene una concentración baja de °Baumé (en este caso 17°) y el tiempo de inmersión es mayor el proceso de difusión es mejor; mientras que cuando se tiene una concentración de °Baumé más alta (en este caso 20°) el tiempo de inmersión no se ve tan afectado ya que el porcentaje de cloruro de sodio tiende alcanzar un mismo valor; es decir que se pueden minimizar tiempos de inmersión en salmuera aumentando la concentración de °Baumé.

Lo anterior es consecuente con lo que dicen los autores Morris, H, Guinee, T, y Fox, P respecto a que mayor concentración de °Baumé de la solución de salmuera más intenso será el proceso de intercambio y que la mayor tasa de salado se produce en las primeras horas que se sumerge el queso en salmuera.

La velocidad de difusión para las dos concentraciones de salmuera de 17 y 20°Baume y una temperatura de 12°C tiene un comportamiento donde a mayor concentración de salmuera mayor es la velocidad de difusión de cloruro de sodio hacia el centro del queso y la mayor transferencia de sal en la parte externa del queso se da en las primeras horas de salmuera.

De acuerdo a el análisis de varianza donde las variables de estudio fueron la concentración de salmuera y el tiempo de inmersión se encontró que la variable con mayor influencia es la concentración de °Baumé en el proceso de salazón de queso mozzarella, debido a que el valor de F tanto para el centro del queso como para los laterales es mayor o igual a el valor crítico para F, lo que indica una dependencia de esta de la concentración de la salmuera y esto está fundamentado en lo que han establecido algunos autores como Morris, H, Guinee, T, y Fox, P donde indican que el mayor porcentaje de difusión de sal en el queso se da en las primeras horas de inmersión; es decir que es más relevante la concentración de salmuera para que el proceso de salazón sea más efectivo además que se puede minimizaran los tiempos de inmersión.

Se encuentra que hay diferencias estadísticamente significativas para el %NaCl en el queso a través del tiempo de almacenamiento porque aunque los quesos no estén ya inmersos en soluciones de salmuera el cloruro de sodio se sigue difundiendo hacia el centro del queso en el tiempo de refrigeración y disminuye en la superficie externa (Lateral) de este, esto da pie para pensar que las primeras horas de inmersión en solución de salmuera son fundamentales para adquirir el porcentaje de cloruro de sodio en la parte externa y darle el tiempo pertinente en refrigeración donde no se vea afectada la vida útil del producto pero adquiera una salazón más homogénea en toda la geometría del queso.

Las figuras 2 y 4 son una prueba de que la difusión de la sal independientemente de su tiempo de inmersión y a través del tiempo de almacenamiento llega a un punto donde el porcentaje de cloruro de sodio tiende a estabilizarse, es decir que dejar que la sal se siga difundiendo en el tiempo después de salir de salmuera es importante para el proceso de salazón de queso mozzarella.

En cuanto el tiempo de inmersión y la velocidad de difusión de sal en el queso mozzarella se puede decir que básicamente la velocidad está dada por la concentración de °Baumé que se tenga en la salmuera y el tiempo se determina de acuerdo a la concentración, es decir que a mayor concentración menor es el tiempo de inmersión y a menor concentración mayor debe ser el tiempo de inmersión del queso.

8. CONCLUSIONES

Según los estudios realizados sobre el proceso de difusión de la sal en queso se observa que no hay una distribución homogénea en las zonas laterales del queso en el tiempo, es decir que la sal se va distribuyendo de forma aleatoria en la superficie externa del queso, cuando se observan las gráficas de comportamiento de %NaCl en los laterales se nota como hay mucha variación en los datos e inclusive en el mismo tiempo de inmersión en salmuera.

Según las gráficas de comportamiento de % NaCl en el centro del queso se puede observar como el cloruro de sodio va aumentando en el tiempo, aunque la tendencia es a incrementar se tienen puntos con descensos de % de cloruro de sodio en el queso lo que una vez más explica que el proceso de difusión de sal es un proceso de difícil control.

En este estudio y de acuerdo a los antecedentes, se resalta que la mayor tasa de difusión de cloruro de sodio en el queso mozzarella se da en las primeras horas de inmersión en salmuera; por lo que es más relevante la concentración de salmuera que el tiempo de inmersión

Una concentración de °Baumé combinado con el tiempo de inmersión del producto favorece el proceso de difusión de la sal en el centro del queso, en el presente estudio se encontró una relación directamente proporcional entre la concentración de salmuera y la velocidad de difusión, es decir; al aumentar la concentración de salmuera aumentaba la velocidad de difusión y la forma rectangular del queso favoreció este proceso de difusión confirmando teorías de autores como Morris, H, Guinee, T, y Fox, P.1985.

Para contribuir al cuidado del medio ambiente se define que la salmuera se debe cambiar cada 6 meses o cuando la microbiología lo amerite, igualmente se deben realizar tratamientos químicos dentro de los límites permitidos para mantenerla libre de microorganismos y evitar que esta se deba desechar con más frecuencia.

9. RECOMENDACIONES

Según lo observado en la velocidad de difusión de cloruros en el queso mozzarella, el proceso es lento y por lo tanto se recomienda darle un tiempo de refrigeración adecuado después del tiempo de inmersión en salmuera para que el proceso de difusión siga actuando hasta que se logre estabilizar el porcentaje de cloruro de sodio en el queso.

Se recomienda que para próximos estudios se profundice más en el tema de tiempo de refrigeración después del proceso de salazón de queso mozzarella con el fin de que se establezcan condiciones ideales de almacenamiento para que el proceso de difusión del cloruro de sodio sea efectivo y que no se vea afectada la vida útil del producto, además de contribuir a la optimización de costos de almacenamiento pensando igualmente en la calidad del producto conservando sus características sensoriales ideales.

Considerando que el proceso de salazón del queso mozzarella es un proceso complejo donde se deben controlar muchas variables, para próximos estudios se recomienda variar las temperaturas de las salmueras para así establecer valores óptimos donde la dilución de la sal en el agua sea efectiva además donde se identifique la mejor condición para difundir la sal hacia el interior del queso y que no se afecte la textura de este.

A nivel industrial es indispensable que se cuenten con sistemas de mezcla donde se garantice que la sal se diluya fácilmente en el agua, en el caso de preparación de salmueras de grandes volúmenes se evidencia que cuando no se cuentan con sistemas de mezcla adecuados y al estar adicionando sal para mantener la concentración de °Baumé esta se concentra en la parte inferior por diferencias de densidades cuando se adiciona directo sin antes tener una mezcla por el ejemplo en un triblender o sistemas de agitación con aire.

10. BIBLIOGRAFIA.

- Amiott, J., (1995), *Ciencia y Tecnología de la leche*. Principios y aplicaciones, Zaragoza, España: Editorial Acribia
- Azuara, E., Beristain, C. y Gutiérrez, G. (2002). Osmotic dehydration of apples by immersion in concentrated sucrose/maltodextrin solutions: Journal of Food Processing Preservation
- Condori, (2010), *Queseria Rural*. Puno, Perú: Editorial Lucero Juliaca.
- Fox, P. and McSweeney, P. (2004) Cheese: An Overview. Chapter in Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol.1,3rd ed. P.L.H. McSweeney, ed., Elsevier Science/ Academic Press, London. Pp. 1-18
- Geurts, P y Walstra, H. (1980), Transporte de sal y agua durante el salado del queso. 2. Las cantidades de sal tomadas y de la humedad perdida. Holanda.
- Grabowski, S., Marcotte, M., Poirier, M. y Kudra, T. (2002). Drying Characteristics of osmotically pretreated cranberries – energy and quality aspects: Drying Technology
- Gros, M. (1987) Determinación del coeficiente de difusión aparente de cloruro de sodio en los alimentos modelo y queso. Propiedades físicas de los alimentos, Elsevier, Londres.
- Guinee, T.P. 2007. How does NaCl affect cheese composition In: P.L. McSweeney, editor, Cheese problems solved. Woodhead Publishing Limited, and CRC Press LLC, Cambridge, GBR. p. 90-91.
- Harinoso, S, Jeanson, S y Aly, S. (2010) *Determinación de los coeficientes de difusión de pequeños solutos en el queso: una revisión*. Tecnología Dairy Science.
- Jonson, M y Paulus, K., (2005) *La Operación de Salado del Queso*. Naucalpan de Juarez, Mexico: Mundo lacteo y carnico.
- Kindstest, P, Caric, M. and Milanovic, L. (2004) Pasta-filata Cheese. Chapter in Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol.2, 3rd ed. P.L.H. McSweeney, ed., Elsevier Science/ Academic Press, London. Pp. 251-277

- Lucey, J.A., M.E. Johnson, and D.S. Horne. 2003. Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *J. Dairy Sci.* 86:2725-2743. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73869-7
- Madamba, P. y Lopez, R. (2002). Optimization of the osmotic dehydration of mango: slices. *Drying Technology*
- Montenegro, M. (2010). Sustitución parcial de sal (cloruro de sodio, NaCl) por cloruro de potasio y/o magnesio (KCl y/o MgCl₂) en queso Gauda semidescremado.
- Morris, H, Guinee, T, y Fox, P. (1985) La difusión de la sal en el queso Cheddar. *Journal of Dairy Science*.
- Nieuwenhuijzen, N., Zareifard, M. y Ramaswamy, H. (2001). Osmotic drying kinetics of cylindrical apple slices of different sizes. *Drying Technology*
- Panades, G. (1996). Pulse vacuum osmotic dehydration of guava. Medellín, Colombia: Universidad Nacional
- Parjoko, K., Rahman, M. y Buckle, K. (1996). Osmotic Dehydration kinetics of pineapple wedges using palm sugar: *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technolgie*
- Pereda, O, (1998) *componentes de los alimentos y procesos*. Madrid, España: Síntesis.
- Ramírez-navas, J. S., Osorio-londoño, M., Stouvenel, A. R. De, Ingeniería, E. De, Universidad, D. A., Universitaria, C., & Quesillo, E. (2010). El Quesillo: un queso colombiano de pasta hilada, 63–67.
- Rastogi, N. y Raghavarao, K. (1996). Kinetics of Osmotic Dehydration under Vacuum: *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technolgy*
- Rastogi, N. y Raghavarao, K. (2002). Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer: *Trends in Food Science and Technology*.
- Resolución 2310. (1986), Ministerio de Salud. República de Colombia
- Sablani, S. y Rahman, M. (2003). Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango: *Food Research International*.

- Salado de quesos. (2012). Instituto Nacional de tecnología industrial (INTI), ministerio de producción, secretaria de industria, comercio de la pequeña y mediana empresa, Argentina.
- Saputra, D. (2001). *Osmotic dehydration of pineapple*: Drying Technology
- Shi, J. y Maguer, M. (2002). Osmotic dehydration of foods: mass transfer and modeling aspects: Food Reviews Internatinal
- Sareban, M., & Abbasi Souraki, B. (2016). Anisotropic diffusion during osmotic dehydration of celery stalks in salt solution. *Food and Bioproducts Processing*, 98, 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.01.005>
- Tobback, P. y Feys, M. (1989). Process for the production of fruit or vegetable chips: European Patent No.0339175.
- Zapata, J. (1998). Determinación de parámetros cinéticos del alcohol etílico como agente osmodeshidratante. Medellín, Colombia: Universidad Nacional