



ber de mis hijos
á mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO EN ALIMENTOS
Programa de Posgrado en Ciencias y Tecnología de Alimentos

**Estudio de la Redistribución de Agua en Masas Congeladas: Efecto en las
Propiedades Fisicoquímicas y de Panificación**

TESIS

Como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

Presenta:

Marta Irene Silvas García

Hermosillo, Sonora

Febrero de 2015

RESUMEN

La velocidad de congelación y el tiempo de almacenamiento de la masa provocan una redistribución de agua y conduce a la disminución de la actividad de la levadura, dañan a la red de gluten y al almidón; que de alguna forma se verá reflejado en la calidad del pan. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la velocidad de congelación y tiempo de almacenamiento sobre la redistribución de agua, los cambios fermentativos, proteicos, reológicos y del almidón de masas congeladas, y la calidad del pan. Se prepararon y congelaron masas a una velocidad lenta ($-0.14^{\circ}\text{C}/\text{min}$) o rápida ($-1.75^{\circ}\text{C}/\text{min}$). Las masas, se almacenaron a -20°C durante 56 días. Cada 14 días se tomaron muestras de masas, se descongelaron, fermentaron y con parte de ellas se realizaron las diferentes evaluaciones y con otra parte se elaboró pan. A la masa congelada se le determinó la cantidad de agua libre y unida mediante termogravimetría, la entalpía de fusión de los cristales de hielo con calorimetría de barrido diferencial, además se calculó la cantidad de agua congelable. A la masa descongelada se le determinó el potencial de fermentación, la solubilidad de las proteínas por cromatografía líquida de exclusión molecular, la extensibilidad por el método de Kieffer; y la viscoelasticidad por el método dinámico. En masas liofilizadas, se evaluó la cantidad de almidón dañado por métodos enzimáticos, las propiedades de la pasta de masa liofilizada en un viscoamilógrafo rápido (RVA, por sus siglas en inglés), las propiedades de gelatinización por calorimetría diferencial barrido, y la microestructura se observó con un microscopio electrónico. Además, al pan elaborado, se le evaluó el volumen específico y la textura mediante el análisis de perfil de textura (TPA, por sus siglas en inglés). Para todas las evaluaciones se utilizó un diseño de experimento factorial de 2×5 , siendo los factores la velocidad de congelación con 2 niveles (lenta $-0.14^{\circ}\text{C}/\text{min}$ o rápida $-1.75^{\circ}\text{C}/\text{min}$) y el tiempo de almacenamiento con 5 niveles (0, 14, 28, 42 o 56 días). A todos los datos obtenidos de las diferentes determinaciones se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de 95%. Independientemente de la velocidad de congelación, los resultados indicaron que durante el tiempo de almacenamiento de la masa incrementaron significativamente ($p < 0.05$) la cantidad de agua libre, entalpía de fusión y cantidad de agua congelable. La velocidad de congelación y el tiempo de almacenamiento afectaron muy significativamente ($p < 0.01$), las propiedades fermentativas, proteicas y viscoelásticas de la

congelable. La velocidad de congelación y el tiempo de almacenamiento afectaron muy significativamente ($p < 0.01$), las propiedades fermentativas, proteicas y viscoelásticas de la masa, además del volumen y la textura del pan. La interacción de la velocidad de congelación y el tiempo de almacenamiento afectó muy significativamente ($p < 0.01$) en la masa, la retención de CO_2 , la proteína polimérica insoluble, su extensibilidad, el ángulo de fase en la viscoelasticidad, y en pan los parámetros de textura obtenidos con el TPA. La producción y retención de CO_2 en la masa disminuyó con el tiempo de almacenamiento, pero el efecto fue menor en masas congeladas obtenidas por velocidad de congelación rápida que con velocidad de congelación lenta. La extensibilidad de la masa disminuyó con el tiempo de almacenamiento, pero el efecto fue menor con la velocidad de congelación lenta. Las proteínas de gluten se solubilizaron con el tiempo de almacenamiento, pero el efecto fue menor para la velocidad de congelación rápida. El ángulo δ (viscoelasticidad) aumentó con el tiempo de almacenamiento, pero fue mayor con la velocidad de congelación lenta, lo que indica que aumentó la contribución de la parte viscosa de la masa. El volumen específico del pan disminuyó con el tiempo de almacenamiento, pero el efecto fue menor con la velocidad de congelación lenta. La textura del pan fue mejor con la velocidad de congelación lenta. El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto significativo sobre los cambios en el almidón. El almidón dañado tuvo un incremento significativo ($p < 0.05$) mayor para la masa congelada a una velocidad lenta que para la masa congelada a una velocidad rápida. El pico máximo de viscosidad tuvo un descenso significativo ($p < 0.05$) mayor para la velocidad de congelación lenta que para la velocidad de congelación rápida. La entalpía de gelatinización del almidón tuvo un incremento significativo ($p < 0.05$), y fue menor para la velocidad de congelación lenta que para la velocidad de congelación rápida. Durante el tiempo de almacenamiento, los gránulos de almidón se separaron de la matriz de gluten. La redistribución de agua en masas congeladas para pan, durante el proceso de congelación y el almacenamiento, afectaron las propiedades fisicoquímicas y de panificación. Independientemente de la velocidad de congelación, el tiempo de almacenamiento fue principal factor que afectó la redistribución de agua y a las propiedades fisicoquímicas de la masa y la calidad de panificación. El aumento en la cantidad de agua libre, entalpía y agua congelable, es evidencia clara de que la migración de agua después de formarse los cristales independientemente de la velocidad de congelación, y esta continúa durante el almacenamiento. La redistribución de agua, provoca la caída en el pH,

disminución en la retención de CO₂, la depolimerización de las proteínas del gluten, aumenta la contribución viscosa en la masa y la disminución en la extensibilidad, además de modificación de las propiedades y microestructura del almidón. En el pan provoca una disminución del volumen y un aumento en la firmeza de la miga. Estos cambios son más pronunciados cuando la masa se congeló a una velocidad rápida. Por otro lado, la velocidad de congelación lenta y periodos cortos (28 días) de almacenamiento mantienen la mejor calidad de pan.