



Ciencia, Docencia y Tecnología
ISSN: 0327-5566
ISSN: 1851-1716
cdyt@uner.edu.ar
Universidad Nacional de Entre Ríos
Argentina

Aplicación de un recubrimiento de almidón de maíz con aceite esencial de orégano en masa de pizza precocida

Muchiutti, Gabriela Silvina
Barrios, Ludmila Genraldine
Cámara, Nancy Genoveva
Pancrazio, Gastón Ignacio
Larrosa, Virginia Judit

Aplicación de un recubrimiento de almidón de maíz con aceite esencial de orégano en masa de pizza precocida

Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. 34, núm. 69, pp. 1-19, 2023

Universidad Nacional de Entre Ríos

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14576193011>

DOI: <https://doi.org/10.33255/3469/1627>

Investigación

Aplicación de un recubrimiento de almidón de maíz con aceite esencial de orégano en masa de pizza precocida

Gabriela Silvina Muchiutti

Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

gabriela.muchiutti@uner.edu.ar

Ludmila Genraldine Barrios

Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

Nancy Genoveva Cámara

Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

Gastón Ignacio Pancrazio

Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

Virginia Judit Larrosa

Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. 34,
núm. 69, pp. 1-19, 2023

Universidad Nacional de Entre Ríos

Recepción: 08 Mayo 2023

Aprobación: 23 Agosto 2023

Publicación: 28 Septiembre 2023

DOI: [https://doi.org/
10.33255/3469/1627](https://doi.org/10.33255/3469/1627)

Resumen: Este estudio evaluó el efecto de un recubrimiento de almidón de maíz con aceite esencial de orégano en masa de pizza precocida (MPP) en el envejecimiento de la miga durante su almacenamiento. Se experimentó la técnica de inmersión, mediante un diseño bifactorial (30-60 segundos de inmersión y 60-120 minutos de secado). Se analizó la influencia sobre el peso, el volumen, el color, la firmeza y el contenido de humedad y se seleccionó el mejor proceso, que fue el de los tiempos de inmersión de 60 segundos y secado de 120 minutos. Además, se estudiaron cuatro condiciones de envasado, muestras recubiertas y no recubiertas, colocadas o no en bolsas de polipropileno, durante un almacenamiento de siete días a 25 °C, analizando las mismas variables. Las masas recubiertas tuvieron valores mayores de a^* , L^* y humedad que la muestra sin recubrir. La MPP recubierta consiguió mantener su peso, su contenido de humedad fue superior al 20 %, y la firmeza mostró valores constantes, siendo inferior a la de las otras muestras. El valor del parámetro L^* fue superior a 64 en todas las condiciones estudiadas. El análisis sensorial concluyó que el PPD recubierto tuvo una excelente aceptación por parte de los consumidores evaluados, sin alterar las características sensoriales. Se concluye que los recubrimientos con aceite esencial de orégano ofrecen una nueva posibilidad de uso en la industria panadera.

Palabras clave: masa de pizza precocida, recubrimiento, aceite esencial de orégano, calidad global, almacenamiento.

Resumo: Este estudo avaliou o efeito de uma cobertura de amido de milho com óleo essencial de orégano em massa de pizza pré-assada (MPP) no envelhecimento do miolo durante seu armazenamento. Foi experimentada a técnica de imersão, utilizando um desenho de dois fatores (30-60 segundos de imersão e 60-120 minutos de secagem). Foi analisada a influência no peso, volume, cor, firmeza e teor de umidade e foi selecionado o melhor processo, que teve os tempos de imersão de 60 segundos e secagem de 120 minutos. Além disso, foram estudadas quatro condições de embalagem, amostras revestidas e não revestidas, acondicionadas ou não em sacos de polipropileno, durante sete dias de armazenamento a 25 °C, analisando as mesmas variáveis. As massas revestidas apresentaram maiores valores de a^* , L^* e umidade que a amostra não revestida. A MPP revestida conseguiu manter seu peso, seu teor de umidade foi superior a 20 %, e a firmeza apresentou valores constantes, sendo inferior às das outras amostras. O valor do parâmetro L^* foi superior a 64 em todas as condições estudadas. A análise sensorial concluiu que o PPD revestido teve excelente aceitação pelos consumidores avaliados, sem alterar as

características sensoriais. Conclui-se que as coberturas com óleo essencial de orégano oferecem uma nova possibilidade de uso na indústria de panificação.

Palavras-chave: massa de pizza pré-assada, cobertura, óleo essencial de orégano, qualidade global, armazenamento.

Introducción

Los productos de panadería son muy importantes en la dieta mundial. Estos productos se envasan en bolsas de polipropileno y se mantienen a temperatura de refrigeración durante su venta en panaderías y supermercados. Se considera masa de pizza precocida a la masa ligeramente horneada preparada con harina de trigo, agua y levadura (Pagani et al., 2014), pintada o no con salsa de tomate, que se utiliza como base para preparar una pizza. Esta masa de pizza precocida envasada se termina en casa, añadiendo diferentes ingredientes en la superficie (tomate, queso, orégano deshidratado, entre otros), completándose su cocción mediante el horneado final.

Sin embargo, durante el almacenamiento pueden producirse una serie de cambios físicos tras el prehorneado, lo que suelen implicar la redistribución de la humedad entre el almidón y el gluten, la retrogradación del almidón, el aumento de la dureza y la pérdida de sabor y aromas (HE, 1990), lo que afecta negativamente a la calidad de la masa de pizza precocida y ocasiona el rechazo de los consumidores, con la consecuente pérdida económica. Para retardar el envejecimiento de los alimentos de panadería, se han estudiado las aplicaciones de algunos aditivos alimentarios como son aislado de proteína de soya, aislado de proteína de suero, goma guar, lauril sulfato de sodio, manitol, amilopectina de retrogradación lenta (Fu et al., 2015; Ding et al., 2019; Hayes et al., 2020).

Los recubrimientos comestibles han recibido recientemente una atención creciente en el sector del envasado de alimentos debido a su capacidad protectora frente al ambiente externo y a sus características de biodegradabilidad. Estos mejoran las propiedades mecánicas, las barreras contra la humedad y los gases, la acción microbiana, la percepción sensorial y aumentan la vida útil de los productos alimentarios (Shahidi y Hossain, 2020). La aplicación de estos recubrimientos comestibles en productos de panadería para reducir la pérdida de humedad y garantizar una mayor vida útil está siendo estudiada actualmente por distintos autores (Ferreira Saraiva et al., 2016; Nallan Chakravartula et al., 2019a; Nallan Chakravartula et al., 2019b).

Un recubrimiento es una película que se coloca sobre la superficie del alimento (Ribeiro-Santos et al., 2017), y puede estar compuesto principalmente por proteínas, polisacáridos y lípidos, ya sea de forma individual o combinada (Hassan et al., 2018). El almidón de maíz se utiliza en el desarrollo de recubrimientos alimentarios debido a sus excelentes propiedades, su bajo costo y su disponibilidad (Jiménez et al., 2012; Tarique et al., 2021; Vianna et al., 2021). Sin embargo, los recubrimientos a base de almidón tienen la desventaja de ser hidrofílicos, además de tener una alta solubilidad y pobres propiedades de tracción (Shah et al., 2016). La adición de plastificantes mejora las propiedades mecánicas de las películas de almidón, pero aumenta la hidrofiliidad y favorece la permeabilidad al vapor de agua de las películas. Ghasemlou et al. (2013) sugieren que

este inconveniente puede mejorarse con la adición de otros componentes como aceites esenciales.

La aplicación de aceites esenciales como conservantes, antioxidantes y antimicrobianos en diferentes alimentos se ha informado ampliamente (Christaki, et al., 2021; Gutiérrez et al., 2009; Govaris et al., 2010; Hussain, et al. 2021; Mahmoud et al., 2006). Sin embargo, cuando los aceites esenciales se añaden directamente a la matriz alimentaria, se degradan con rapidez debido a su composición volátil e inestable y a factores externos como la luz, el oxígeno y la temperatura. Para mejorar su estabilidad, en la actualidad se han desarrollado métodos como encapsulaciones o películas comestibles (Fernández-López y Viuda-Martos, 2018; Kavas et al., 2015).

Existen limitados trabajos sobre el desarrollo del recubrimiento, su aplicación y su comportamiento en productos de panadería. Por ello, este estudio tuvo como objetivo investigar el efecto de un recubrimiento de almidón de maíz con aceite esencial de orégano sobre masa de pizza precocida (MPP), con el fin de analizar sus efectos sobre el envejecimiento de la miga durante el período de almacenamiento.

Material y métodos

Materiales

El aceite esencial de orégano fue obtenido por hidrodestilación de la variedad conocida como *Origanum majorana* deshidratado, adquirido en un mercado local. El almidón de maíz grado alimenticio se obtuvo de Droguería Saporiti S.A. (Buenos Aires, Argentina). El Tween 80 (polisorbato 80) y el glicerol se adquirieron de la empresa Sigma Aldrich Co. (Darmstadt, Alemania). La harina de trigo, sal, sacarosa, levadura en polvo y el aceite de girasol fueron adquiridos en el mercado local.

Preparación de la formulación formadora del recubrimiento

Las películas se produjeron por el método de casting según Corsico et al. (2014) con algunas modificaciones. El recubrimiento se formuló con un 5 % de almidón de maíz (p/p), un 2 % de glicerol (p/p) y un 1 % (en relación con el contenido de sólidos) de aceite esencial de orégano (AEO). Se agitó una solución de AEO con Tween-80 (polisorbato 80) durante 30 minutos hasta su emulsión. En primer lugar, el 80 % del agua junto con el almidón se calentó a 75 °C durante 10 minutos con agitación a 3,5 rpm. A continuación, se añadió el 20 % del agua restante y se continuó con agitación por 9 minutos. La solución se enfrió a 35 °C y se añadió la emulsión de AEO. A continuación, se añadió glicerol y se siguió agitando durante 5 minutos. Terminado este tiempo, la solución se volcó en placas de Petri estériles de 15 cm de diámetro. Se secaron a 45 °C durante 2 horas en un horno de convección natural (modelo SL30SDB, San-Jor, Argentina). Una vez transcurrido el período de secado, se despegaron

y se colocaron en desecadores a 25 °C y humedad relativa del 52 % durante 48 horas. Pasado este lapso, se envolvieron en papel aluminio y se almacenaron hasta su análisis.

Antes de proceder a su aplicación sobre la masa de pizza precocida, se investigó las propiedades funcionales del recubrimiento.

Caracterización de la formulación formadora del revestimiento

Se evaluó el recubrimiento en términos de espesor, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua (WVP) y transparencia.

El espesor se midió con un micrómetro digital portátil (IP65 Mitutoyo, Kawasaki, Japón) y se determinó mediante la media aritmética de diez mediciones en posiciones aleatorias de la muestra de recubrimiento.

Solubilidad en agua: las películas se cortaron en cuadrados de 3 cm² y se secaron en un horno de convección natural (Modelo SL30SDB, San-Jor, Argentina) a 100 °C durante 24 horas para medir el porcentaje de peso seco inicial. Posteriormente, las películas se sumergieron en 50 mL de agua destilada durante 24 horas a 25 °C. Las películas se secaron en las mismas condiciones para determinar el peso seco final. La solubilidad (S) en agua se determinó mediante la siguiente ecuación:

(1)

donde P_i es el peso seco final (g); y P_f es el peso seco inicial (g).

La permeabilidad al vapor de agua (PVA) se determinó mediante un método gravimétrico modificado basado en la norma ASTM E96-80 (ASTM, 2016). Para la prueba, se cortaron círculos del recubrimiento de 3,5 cm de diámetro. Se adaptaron a celdas de permeación, las que contenían sílice (0 % HR), y fueron colocadas dentro del desecador con agua destilada (100 % HR). Las celdas de permeación se almacenaron a 25 °C, y el peso de cada una de ellas se midió cada 24 horas hasta alcanzar un peso constante. La PVA se calculó mediante la ecuación (g/Pa.s.m)

(2)

donde TTVA es la tasa de transmisión de vapor de agua (coeficiente angular de la línea generada con datos sobre la cantidad de agua absorbida en función del tiempo, $\Delta w/\Delta t \cdot A$, g/s m²) y A es la superficie de la película (m²); ΔP es la diferencia de presión parcial (3169 Pa, a 25 °C), e es el espesor de la película (m), R2 es la humedad relativa del desecador (100 %) y R1 es la humedad relativa dentro de la celda (0 %).

La transparencia de los recubrimientos se determinó cortando piezas rectangulares que se colocaron directamente en la celda de prueba de un espectrofotómetro UV-Vis (modelo 6405, JENWAY, Argentina). Se utilizó aire como referencia. Se obtuvo un espectro en el rango de 300 nm a 700 nm para cada uno de los recubrimientos. Las mediciones se realizaron por triplicado. La transparencia a 600 nm (ABS600) se obtuvo mediante la siguiente ecuación

(3)

donde Abs600 es el valor de absorbancia a 600 nm y E es el espesor del recubrimiento (mm).

Preparación de la masa de pizzas precocidas

La MPP se preparó con la siguiente fórmula: harina de trigo (53 %), sal (1 %), sacarosa (0,5 %), levadura en polvo (1 %), aceite vegetal (7 %) y agua desmineralizada (37,5 %).

La levadura, el azúcar y el agua (18 °C) se mezclaron y se dejaron reposar hasta que se formó una espuma. Simultáneamente, la harina de trigo y la sal se premezclaron durante 1 minuto en una multiprocesadora (LILIANA AM333, Argentina). Se añadió la mezcla de levadura, azúcar y agua, y se continuó con la mezcla durante un minuto más. Con el procesador aún en marcha, se añadió el aceite en forma de hilo. Por último, se añadió el resto del agua y se mezcló durante 5 minutos más hasta obtener una masa lisa y blanda. La masa resultante se fermentó durante 30 minutos a 25 °C en un horno ah doc. A continuación, la masa se dividió en bollos de igual tamaño, que se laminaron utilizando un rodillo hasta conseguir círculos de 5-7 mm de grosor. Posteriormente, se cocieron en un horno doméstico durante 10 minutos a 220 °C. Terminado el proceso de cocción, se enfriaron durante una hora a temperatura ambiente. Para el estudio se prepararon pequeñas muestras de 10 cm de diámetro.

Para la aplicación del recubrimiento comestible sobre la masa de pizza precocida se utilizó la técnica de inmersión, mediante la cual el recubrimiento se forma directamente sobre las superficies del producto. En la aplicación del recubrimiento, los tiempos de inmersión (TI) y secado (TS) fueron las variables estudiadas según un diseño factorial de dos niveles (Tabla 1) para determinar su influencia en el peso, la humedad de la miga, el volumen, el color y la firmeza. En primer lugar, las muestras se sumergieron en la solución del recubrimiento, después se escurrieron y se colocaron en rejillas para secarlas mediante una corriente de aire caliente a 45 °C. Como control se utilizó una muestra sin recubrimiento.

Tabla 1. Parámetros para el diseño factorial del proceso de inmersión (P= proceso)

P: proceso; TI: Tiempo de inmersión; TS: Tiempo de secado

Caracterización de las muestras de masa de pizzas precocinadas recubiertas y sin recubrir

Se cuantificó el peso de las muestras de masa de pizzas precocidas recubiertas y sin recubrir utilizando una balanza analítica (modelo XR205A, PRECISA, Argentina).

El volumen específico de las muestras fue determinado a los 60 minutos de retiradas del horno, por el método de desplazamiento de semillas.

El contenido de humedad de la miga se determinó según el método de horno de aire AACC 44-19 (AACC, 1999a) por triplicado.

El color se midió en la superficie de la masa de las pizzas precocidas pasadas las 24 horas desde la inmersión, utilizando un colorímetro

HUNTER Lab (Minolta, Estados Unidos). Los valores de color se expresaron en luminosidad (L^*), enrojecimiento (a^*) y amarillez (b^*). La diferencia total de color (ΔE) en comparación con el color de las prepizzas no recubiertas se calculó del siguiente modo:

(4)

donde ΔL^* es la diferencia de valores L^* entre las pizzas precocidas recubiertas y sin recubrir; Δa^* es la diferencia de valores a^* entre la masa de pizzas precocidas recubiertas y sin recubrir y Δb^* es la diferencia de valores b^* entre la masa de pizzas precocidas recubiertas y sin recubrir.

La firmeza de la miga de la masa de las pizzas precocidas recubiertas y sin recubrir se midió utilizando el texturómetro Instron 3342 (Massachusetts, Estados Unidos) mediante ensayos de compresión (Kiumarsi et al., 2019; Protonotariou et al., 2020). Las pruebas se realizaron según el método AACC 74-09.01 (AACC, 1999b), que consistió en comprimir piezas de 0,60 mm de grosor en el centro de la plataforma del analizador de textura utilizando una sonda cilíndrica de 1,6 mm de diámetro. Las condiciones de trabajo fueron: velocidad de 50 mm/min para la prueba, 40 % de compresión y 50 N de fuerza. El valor de firmeza de la miga se expresó en N de fuerza.

Estudio de almacenamiento

Una vez encontradas las variables óptimas de aplicación del recubrimiento, se procedió a estudiar el almacenamiento de las muestras en diferentes condiciones para evaluar el potencial del recubrimiento en masas de pizza precocidas. Para el almacenamiento de las pruebas se utilizaron bolsas de polipropileno herméticamente cerradas.

Las condiciones (C) estudiadas fueron: recubierto sin envase (C1), recubierto con envase (C2), sin recubrir sin envase (C3) y sin recubrir con envase (C4). La condición C4 simula el envasado utilizado en la masa de pizza precocinada disponible en el mercado. El almacenamiento se realizó a 25 °C y 46 % de humedad relativa en un horno (HCP 108, Memmert, Alemania). Las variables simulan las condiciones extremas del producto en las cuales se realiza la venta de este tipo de producto. Se analizó el peso, el volumen, el contenido de humedad de la miga, la firmeza y el color durante siete días de cada muestra de cada condición.

Análisis sensorial

En este estudio se aplicó la prueba de la escala hedónica para evaluar los atributos sensoriales y la aceptabilidad de las muestras de masa de pizza precocida recubierta y sin recubrir. El análisis sensorial se organizó en cabinas sensoriales con un panel no entrenado de 70 personas (33 mujeres y 37 hombres) de 23 a 60 años, pertenecientes a la Facultad de Bromatología, en la ciudad de Gualguaychú, Entre Ríos, Argentina. Los panelistas fueron informados de la naturaleza de los experimentos sin revelar la identidad de las muestras y se les pidió que las calificaran en atributos sensoriales de color, sabor, textura, apariencia y aceptabilidad general, utilizando la escala hedónica de

nueve puntos, donde nueve (9) denota «me gusta mucho» y uno (1) «me disgusta mucho». Las muestras se prepararon un día antes de la prueba y se mantuvieron refrigeradas. Los panelistas disponían de agua para enjuagarse la boca entre muestra y muestra.

La frescura de un producto percibida por el consumidor está directamente relacionada con su contenido de agua. Durante el período de almacenamiento, el agua pasa de la miga a la corteza y se libera al medio ambiente, provocando cambios considerables en el peso y en la humedad del producto. La eficacia de los recubrimientos comestibles puede determinarse por los cambios en el contenido de humedad y la textura horneada que están fuertemente correlacionados con la aceptación sensorial.

Las figuras 3a y 3b muestran la masa de pizza precocida sin y con recubrimiento, donde se puede observar que el color de las muestras recubiertas es muy similar al de las muestras sin recubrimiento. El color es una de las propiedades críticas que pueden influir en la aceptación de los productos alimentarios por parte del consumidor.

Figura 3. Masa de pizza precocinada (a) sin recubrir y (b) recubierta mediante proceso P4

Los consumidores evaluaron el color, el sabor, la textura, la apariencia y la aceptabilidad general de las MPP sin recubrimiento y recubierto. La Tabla 5 muestra los valores promedios obtenidos para cada atributo. En cuanto a la evaluación de los resultados, se observó que no había diferencias significativas entre las muestras ($p > 0,05$), lo que indica que el recubrimiento no afectó a estos atributos de la masa de pizza precocida.

Tabla 5. Puntuaciones sensoriales de la masa de pizzas precocidas recubiertas y sin recubrir

Se observó que el porcentaje de panelistas que puntuaron valores superiores a cinco fue superior al 50 % para todos los atributos, considerando que un valor superior a cinco significa que al consumidor le gustan las características puntuadas. Por otra parte, se observó que el mayor porcentaje de respuestas de los calificadores alcanzó los 8 puntos para cada atributo (Fig. 4). Los resultados indican que la masa de pizza precocida tiene una gran aceptación entre los consumidores evaluados, siendo un resultado alentador y prometedor para los fabricantes y productores de este tipo de productos. La alta satisfacción del consumidor con los atributos evaluados sugiere que la masa de pizza precocida cumple con las expectativas y preferencias de los consumidores seleccionados.

Figura 4. Porcentaje de respuestas de los evaluadores que lograron 8 puntos por cada atributo

- Color ▪ Sabor ▪ Textura ▪ Apariencia ▪ Aceptabilidad general

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron en medias con sus respectivos errores estándar. Los datos generados a partir de todos los análisis y evaluaciones sensoriales se sometieron a un análisis estadístico de la varianza (ANOVA) utilizando la versión 2017 de Infostat. Sus

medias se compararon mediante una prueba de Fischer, con un nivel de significación del 0,05 %. Todos los parámetros se midieron por triplicado.

Resultados y discusión

Caracterización del revestimiento

El espesor del recubrimiento fue de $0,131 \pm 0,058$ mm, un valor coherente con los obtenidos para recubrimientos con aceites esenciales (Li et al., 2019; Sedlaříková et al., 2019). La permeabilidad al vapor de agua calculada fue de $7,77E-11 \pm 5,21E-12$ g/Pa.s.m², el cual está dentro del rango esperado para este tipo de muestra (Jiménez et al., 2012), y la solubilidad, de $44,7 \pm 0,55$ %, valor mayor al de los recubrimientos sin aceite esencial, lo que podría deberse a la naturaleza hidrófoba del aceite esencial (Saricaoglu y Turhan, 2020; Choo et al., 2021). El valor de transparencia del recubrimiento fue de $2,13 \pm 0,06$, lo que indica una alta transparencia, la que podría ser beneficiosa para el envasado de alimentos ya que permite a los consumidores ver claramente el producto (Saricaoglu y Turhan, 2020).

Influencia de los tiempos de recubrimiento y secado por inmersión en las características de la masa de pizzas precocinadas

En el proceso de secado por recubrimiento debe conseguirse una capa continua que elimine el disolvente del recubrimiento y evite la deshidratación interna del alimento. Las variables peso, humedad de la miga, color y firmeza se vieron afectadas por los tiempos de inmersión y secado (Tabla 2). El volumen no mostró diferencias significativas entre las muestras recubiertas, y tampoco respecto a la muestra de control. El peso se vio afectado por el procesado de recubrimiento. Se observa que las piezas tratadas en los procesos P2 y P4 no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) respecto a la muestra sin recubrir. Las muestras recubiertas tuvieron una humedad superior a la del control, es decir, el proceso de recubrimiento influyó significativamente en los valores finales de humedad. Entre las muestras recubiertas se observó que las piezas tratadas en los procesos P2 y P4 no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) y también tuvieron el menor contenido de humedad. Por lo tanto, se puede deducir que la aplicación del recubrimiento requiere un control de las condiciones para mantener la integridad física de los productos. En relación con la firmeza de la miga, se pudo observar que tanto el tiempo de inmersión como el tiempo de secado ejercieron una influencia significativa. Es importante destacar que la masa de pizza precocida tratada con el proceso P3 presentó una menor firmeza en comparación con otras muestras recubiertas. Además, estas muestras tratadas con el proceso P3 también exhibieron el mayor contenido de humedad entre todas las variantes analizadas. Este valor puede estar relacionado con el hecho de que la masa pudo haber absorbido parte

del recubrimiento, lo que demuestra que el tiempo de secado utilizado fue insuficiente para eliminar el disolvente del recubrimiento.

Tabla 2. Resultados de peso, humedad de la miga, color y firmeza para cada proceso

P: proceso; TI: Tiempo de inmersión; TS: Tiempo de secado. Media \pm DE; letras diferentes en la misma columna indican una diferencia estadística significativa entre las muestras ($p < 0.05$)

Los parámetros de color de la masa de pizza precocinada recubierta se vieron afectados en función del proceso utilizado para aplicar el recubrimiento (Tabla 3). Los parámetros L^* y a^* fueron superiores a los de la masa de pizza precocida de control, y el parámetro b^* estuvo dentro del intervalo. Los valores de L^* oscilaron entre $71,3 \pm 0,51$ y $74,3 \pm 0,67$, obteniéndose valores superiores para las masas precocidas elaboradas mediante los procesos P2 y P3. A su vez, se observó que, independientemente del tiempo de secado, el aumento del tiempo de inmersión de las muestras provocó un incremento significativo ($p < 0,05$) en los valores de los parámetros a^* y b^* . Se pudo deducir que la aplicación del recubrimiento al producto provocaría un mayor grado de brillo y enrojecimiento en las muestras, pudiendo ser este efecto una limitación para su aplicación. El valor ΔE muestra el cambio de color total de las piezas recubiertas. Como puede observarse, aunque el valor ΔE fue similar en las muestras P1, P3 y P4, en las muestras recubierta por el proceso P2 fue significativamente superior. Aunque no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en P1, P3 y P4, con estos resultados no podemos concluir si el recubrimiento causó un igual cambio de color en las muestras.

Tabla 3. Resultados de parámetros de color y ΔE para cada proceso

P: proceso; TI: Tiempo de inmersión; TS: Tiempo de secado. Media \pm SEM; letras diferentes en la misma columna indican una diferencia estadística significativa entre las muestras ($p < 0.05$)

Análisis del almacenamiento

Para evaluar el potencial uso del recubrimiento durante el almacenamiento se seleccionó el proceso P4 (TI: 60 sec.; TS: 120 min.) ya que presentaba valores cercanos a la muestra control en cuanto a peso, humedad y la firmeza. En cuanto al color, presentaba el menor valor ΔE .

Las diferentes condiciones de envasado influyeron en la pérdida de peso de la masa de las pizzas precocinadas (Fig. 1a). La masa de pizzas precocinadas recubierta y con envase de polipropileno (C2) mantuvo su peso durante el almacenamiento. Por el contrario, la pérdida de peso en la masa de pizzas precocidas almacenada en las condiciones sin recubrimiento y sin envase de polipropileno (C3) fue significativa ($p > 0,05$) a través del tiempo. En general, se observó que en la MPP recubierta la pérdida de peso fue menor que en la MPP sin recubrir. Este cambio de peso estuvo relacionado con los cambios en el contenido acuoso de las muestras durante el almacenamiento, como se muestra en la Figura 1b. Las masas precocidas envasadas en bolsas de polipropileno (C2 y C4) mantuvieron un contenido de humedad

superior al 20 %, siendo la muestra recubierta (C2) la que tuvo un valor constante y superior. Según Azerdo et al. (2022), los recubrimientos con aceites esenciales pueden reducir la migración de agua, lo que ayudaría a tener una corteza crujiente. Por el contrario, las masas de pizza precocinadas almacenadas sin bolsas de polipropileno (C1 y C3) mostraron una importante disminución del contenido de humedad a lo largo de los siete días. En este estudio, las muestras recubiertas con el envasado lograron mantener su humedad sin cambios durante el tiempo de almacenamiento estudiado, lo que aumentaría su vida útil en el mercado en comparación con la muestra envasada sin recubrir.

Figura 1. Cambios durante el almacenamiento de las propiedades peso (a), humedad (b) y firmeza (c)

C1 (--): recubierta sin envase de propileno; C2 (--): recubierta con envase de propileno; C3 (-▲-) sin recubrir sin envase de propileno; C4 (--): sin recubrir con envase de propileno.

La firmeza de la miga de la masa de las pizzas precocinadas está correlacionada con la aceptación del consumidor. Los resultados mostraron que la firmeza de la miga de masa de pizzas precocinadas indicó que las muestras recubiertas con envase de polipropileno (C2) presentaron los valores más bajos y se mantuvieron constantes en el período de almacenamiento (Fig. 1c). Por otro lado, demostró que la masa de pizzas precocinadas recubiertas sin envase de polipropileno (C1) tuvo un aumento significativo de la firmeza después de los cinco días de almacenamiento. Al mismo tiempo, se observó un aumento de la firmeza relacionado con una disminución del contenido de agua en las condiciones de almacenamiento para las condiciones C1, C3 y C4 de la masa de pizzas precocinadas (He, 1990; Vodovotz, 1996), mientras que la muestra de la condición de almacenamiento C2 exhibe una relación positiva entre la firmeza y el contenido de humedad, que se confirma mediante la correlación de Pearson (Tabla 4). La formación de enlaces cruzados entre el almidón y las proteínas del gluten es la causa del endurecimiento en este tipo de producto (He y Hosoney, 1990). Al perder contenido acuoso, la formación de estas uniones es más rápida y, por tanto, aumenta la firmeza. La aplicación de un revestimiento superficial reduciría la migración de agua y el ritmo de formación de uniones, manteniendo al mismo tiempo una firmeza constante durante el período analizado.

Tabla 4. Correlación de Pearson

Color

El aspecto del producto suele ser un factor atractivo para los consumidores. Los valores de las coordenadas L^* y b^* para masas de pizzas precocinadas almacenadas durante siete días se muestran en la Figura 2 a,b. Se encontraron diferencias significativas entre condiciones y entre días de almacenamiento mediante ANOVA (no mostrado). El parámetro de color más utilizado e informado para analizar el color de la corteza de los productos horneados en coordenadas CIELab es L^* , ya que está relacionado con el brillo de la

corteza (Broyart et al., 1998; Purlis y Salvadori, 2009). El valor del parámetro L^* fue superior a 64 en todas las condiciones estudiadas (Fig. 3a). La luminosidad disminuyó hasta el día 3 de almacenamiento en las muestras recubiertas sin (C1) y con (C2) envase de polipropileno y luego se mantuvo constante hasta el final. Por otro lado, en las MPP sin recubrimiento sin (C3) y con envase de polipropileno (C4), los valores aumentaron hasta el día 5 y no hubo cambios hasta el día 7. El valor de L^* se relaciona con el brillo de la corteza, y aunque el recubrimiento pudo tener algún impacto en este aspecto, los cambios durante el almacenamiento no fueron lo suficientemente marcados como para establecer una diferencia significativa entre las masas de pizza precocidas recubiertas y las no recubiertas. Las MPP recubiertas sin (C1) y con envase de polipropileno (C2), presentaron valores de b^* más elevados que las MPP sin recubrir sin (C3) y con envase de polipropileno (C4). A su vez, se observó que el recubrimiento provocó un aumento significativo del parámetro b^* (Fig.2b). Los cambios en los parámetros de L^* y b^* pueden estar relacionados con reacciones de oxidación o autooxidación sufridas por el aceite esencial de orégano contenido en el recubrimiento (Córscico et al., 2014). Los resultados sugieren que el recubrimiento con aceite esencial de orégano influyó en el aspecto del producto, aumentando la tonalidad amarilla de la corteza de las masas de pizzas precocidas.

Figura 2. Cambios durante el almacenamiento de los parámetros de color L^* (a) y b^* (b)

C1 (---): recubierta sin envase de propileno; C2 (---): recubierta con envase de propileno; C3 (-▲-) sin recubrir sin envase de propileno; C4 (---) sin recubrir con envase de propileno.

Conclusión

Este trabajo da cuenta de diversos aspectos significativos en relación con el uso de un recubrimiento aplicado en un alimento, como es la masa de pizza precocida. Aunque no se logró demostrar la viabilidad de eliminar por completo el envase tradicional, se observaron beneficios significativos, como una mayor estabilidad en el contenido de humedad y un valor de firmeza más favorable en comparación con la muestra envasada sin recubrimiento. En términos de experiencia sensorial, se pudo constatar que los consumidores mostraron una total aceptación del producto, lo que representa una perspectiva prometedora para su comercialización. No obstante, es necesario realizar más estudios para mejorar la viabilidad del procesamiento a gran escala, lo que se convierte en un desafío para investigaciones futuras. El éxito en este aspecto podría abrir oportunidades para una innovadora y competitiva oferta de masa de pizza precocida en el mercado.

Referencias bibliográficas

- AACC International (1999a). Method 44-15.02. Moisture and Air-Oven Methods and Method 46-30.01. Crude Protein, in: Approved Methods of Analysis, 11th edn., AACC International, St. Paul, MN, USA
- AACC International (1999b). Method 74-09. Bread firmness by Universal Testing Machine, in: Approved Methods of Analysis, 11th edn., AACC International, St. Paul, MN, USA
- Azeredo, H.M.; Otoni, C.G. y Mattoso, L.H.C. (2022). Edible films and coatings–Not just packaging materials. *Current Research in Food Science*, 5, 1590-1595.
- Broyart, B., Trystram, G. y Duquenoy, A. (1998). Predicting colour kinetics during cracker baking. *Journal of Food Engineering*, 35(3), 351-368.
- Christaki, S., Moschakis, T., Kyriakoudi, A., Biliaderis, C.G. y Mourtzinis, I. (2021). Recent advances in plant essential oils and extracts: Delivery systems and potential uses as preservatives and antioxidants in cheese. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 264-278.
- Choo, K.W.; Lin, M. y Mustapha, A. (2021). Chitosan/acetylated starch composite films incorporated with essential oils: Physicochemical and antimicrobial properties. *Food Bioscience*, 43, 101287.
- Córsico, F.A.; Larrosa, V.J.; López Noviello, L.H. Altamirano, A.; Naef, A.; Alfaro, C.; Garzón, C. G.; Lound, L. H. (2014). Oregano essential oils: Antimicrobial activity and its application to films based on corn starch and glycerol. *Academia Publishing; Academia Journal of Microbiology Research*; 2; 2; 12-2014; 43-53
- Ding, S., Peng, B., Li, Y., Yang, J. (2019). Evaluation of specific volume, texture, thermal features, water mobility, and inhibitory effect of staling in wheat bread affected by maltitol. *Food Chem*, 283, 123-130.
- Fernández-López, J. y Viuda-Martos, M. (2018). Introduction to the Special Issue: Application of Essential Oils in Food Systems. *Foods*, 7(4), 56. Basilea, Suiza.
- Ferreira Saraiva, L.E.; Naponucena, L. de O.M.; Da Silva Santos, V. et al. (2016). Development and application of edible film of active potato starch to extend mini panettone shelf life. *LWT*, 73, 311-319.
- Fu z, Chen J, Luo SJ, Liu CM, Liu W. (2015). Effect of food additives on starch retrogradation: A review. *Starch – Stärke*, 67(1-2), 69-78.
- Ghasemlou, M.; Aliheidari, N.; Fahmi, R. et al. (2013). Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. *Carbohydrate Polymers*, 98(1), 1117-1126.
- Govaris, A.; Solomakos, N.; Pexara, A. et al. (2010). The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against *Salmonella Enteritidis* in minced sheep meat during refrigerated

- storage. *International Journal of Food Microbiology*, 137(2), 175-180.
- Gutiérrez, L.; Sánchez, C. y Batlle, R. et al. (2009). New antimicrobial active package for bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 20(2), 92-99.
- He, H. y Hosney, R.C. (1990). Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. *Cereal Chemistry*, 67(6), 603-605.
- Hassan, B.; Chatha, S.A.S.; Hussain, A.I. et al. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1095-1107.
- Hayes, A.M.R.; Okoniewska, M.; Martinez, M.M. et al. (2020). Investigating the potential of slow-retrograding starches to reduce staling in soft savory bread and sweet cake model systems. *Food Res Int.*, 138(Pt A): 109745.
- Hussain, M.A.; Sumon, T.A.; Mazumder, S.K. et al. (2021). Essential oils and chitosan as alternatives to chemical preservatives for fish and fisheries products: A review. *Food Control*, 129, 108244.
- Jiménez, A.; Fabra, M.J., Talens, P. et al. (2012). Effect of re-crystallization on tensile, optical and water vapour barrier properties of corn starch films containing fatty acids. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 302-310.
- Kavas, G.; Kavas, N. y Saygili, D. (2015). The Effects of Thyme and Clove Essential Oil Fortified Edible Films on the Physical, Chemical and Microbiological Characteristics of Kashar Cheese. *Journal of Food Quality*, 38(6), 405-412.
- Kiumarsi, M.; Shahbazi, M.; Yeganehzad, S. et al. (2019). Relation between structural, mechanical and sensory properties of gluten-free bread as affected by modified dietary fibers. *Food Chemistry*, 277, 664-673.
- Li, Z., Lin, S., An, S., Liu, L., Hu, Y., Wan, L. (2019). Preparation, characterization and anti-aflatoxigenic activity of chitosan packaging films incorporated with turmeric essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131, 420-434.
- Mahmoud, B.S.M.; Yamazaki, K.; Miyashita, K. et al. (2006). A new technology for fish preservation by combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds. *Food Chemistry*, 99(4), 656-662.
- Nallan Chakravartula, S.S.; Cevoli, C.; Balestra, F. et al. (2019a). Evaluation of drying of edible coating on bread using NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 240, 29-37.
- Nallan Chakravartula, S.S.; Cevoli, C.; Balestra, F. et al. (2019b). Evaluation of the effect of edible coating on mini-buns during storage by using NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 263, 46-52.

- Pagani, M. A., Lucisano, M., y Mariotti, M. (2014). Italian bakery products. In *Bakery Products Science and Technology* (eds. Zhou, W. & Hui, Y. H.), 685–721. Wiley, New York.
- Protonotariou, S.; Stergiou, P.; Christaki, M. et al. (2020). Physical properties and sensory evaluation of bread containing micronized whole wheat flour. *Food Chem*, 318, 126497.
- Purlis, E. y Salvadori, V.O. (2009). Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42(7), 865-870.
- Ribeiro-Santos, R.; Andrade, M.; Ramos de Melo, N. et al. (2017). Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 132-140.
- Sarıcaoglu, F.T. y Turhan, S. (2020). Physicochemical, antioxidant and antimicrobial properties of mechanically deboned chicken meat protein films enriched with various essential oils. *Food Packaging and Shelf Life*, 25, 100527.
- Sedlaříková, J.; Janalíková, M.; Rudolf, O.; Pavlačková, J.; Egner, P.; Peer, P.; Varaďová, V. y Krejčí, J. (2019). Chitosan/thyme oil systems as affected by stabilizing agent: Physical and antimicrobial properties. *Coatings*, 9(3), 165.
- Shah, N.; Mewada, R.K. y Mehta, T. (2016). Crosslinking of starch and its effect on viscosity behaviour. *Reviews in Chemical Engineering*, 32(2), 265-270.
- Shahidi, F. y Hossain, A. (2020). Preservation of aquatic food using edible films and coatings containing essential oils: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. Epub ahead of print 20200827. DOI: 10.1080/10408398.2020.1812048. 1-40.
- Tarique, J.; Sapuan, S.M. y Khalina, A. (2021). Effect of glycerol plasticizer loading on the physical, mechanical, thermal, and barrier properties of arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch biopolymers. *Scientific Reports*, 11(1), 13900.
- Vianna, T.C.; Marinho, C.O.; Marangoni Júnior, L. et al. (2021). Essential oils as additives in active starch-based food packaging films: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182, 1803-1819.
- Vodovotz, Y.; Hallberg, L. y Chinachoti, P. (1996). Effect of Aging and Drying on Thermomechanical Properties of White Bread as Characterized by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) and Differential Scanning Calorimetry (DSC). *Cereal Chemistry*, 73, 264-270.