

## **Influencia de la adición de harina de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.), variedad Kent y ácido ascórbico sobre las características tecnológicas del pan de molde**

César Moreno Rojo<sup>1</sup>, Luz-María Páucar Menacho<sup>2</sup>

### **Resumen**

**Objetivo.** Estudiar la influencia de la adición de harina de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.), variedad Kent y ácido ascórbico sobre las características tecnológicas del pan de molde. **Materiales y método.** Para las formulaciones se utilizó un delineamiento factorial completo 2<sup>2</sup>, se evaluaron las características físico-químicas (volumen específico, proteínas, grasas, cenizas, humedad, color de corteza y miga del pan) y propiedades sensoriales (n=30 panelistas). **Resultados.** El ácido ascórbico no presenta influencia estadísticamente significativa, mientras que al adicionar harina de cáscara de mango HCM (5-15%) se obtienen volúmenes específicos menores a 4.6 ml/g. Así mismo la fibra dietética de HCM influyen en la calidad, evidenciándose en la intención de compra de las formulaciones 3 (6.5% de HCM y 88 ppm de ácido ascórbico), 5 (5% de HCM y 60 ppm ácido ascórbico) y 11 (10% de HCM y 60 ppm de ácido ascórbico). **Conclusión.** La adición de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico tienen influencia sobre las características tecnológicas y aceptabilidad del público al pan de molde.

*Palabras clave:* Pan de molde, harina de cascara de mango, fibra dietética, ácido ascórbico.

## **Influence of the addition of mango peanut meal (*Mangifera indica* L.), Kent variety and ascorbic acid on the technological characteristics of mold bread**

### **Abstract**

**Objective.** To study the influence of the addition of mango peanut meal (*Mangifera indica* L.), Kent variety and ascorbic acid on the technological characteristics of the mold bread. **Materials and method.** For the formulations, a complete factorial design was used 2<sup>2</sup>, physical-chemical characteristics (specific volume, proteins, fats, ash, moisture, bark color and bread crumb) and sensorial properties were evaluated (n=30 panelists). **Results.** Ascorbic acid does not have a statistically significant influence, while adding mango peel HCM (5-15%) gives specific volumes lower than 4.6 ml / g. The HCM dietary fiber also had an influence on quality, evidencing the intention to purchase formulations 3 (6.5% HCM and 88 ppm ascorbic acid), 5 (5% HCM and 60 ppm ascorbic acid) and 11 (10% HCM and 60 ppm Ascorbic Acid). **Conclusion.** The addition of mango peel flour and ascorbic acid have influence on the technological characteristics and acceptability of the public to mold bread.

*Keywords:* Mold bread, mango pear meal, dietary fiber, ascorbic acid.

## **Influência da adição de farinha de casca de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Kent e ácido ascórbico nas características tecnológicas de pão**

### **Resumo**

**Objetivo.** Para estudar a influência da adição de farinha de casca de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Kent e ácido ascórbico nas características tecnológicas do pão. **Materiais e método.** um esquema fatorial completo 2<sup>2</sup> foi usado para formulações, foram avaliadas as propriedades sensoriais (n = 30 painelistas) características físico-químicas (volume específico, proteína, gordura, cinzas, umidade, cor e miolo de pão crosta) e. **Resultados.** O ácido ascórbico não houve influência significativa, enquanto adicionando alça HCM farinha de casca (5-15%) volumes específicos inferiores a 4,6 ml / g são obtidos. Também dietética influência fibra de HCM da qualidade, demonstrando a intenção de comprar Formulações 3 (6,5% do HCM e 88 ppm de ácido ascórbico), 5 (5% do HCM e 60 ppm de ácido ascórbico) e 11 ( 10% de CMH e 60 ppm de ácido ascórbico). **Conclusão.** A adição de farinha de casca de manga e ácido ascórbico tem influência sobre as características técnicas e aceitação pública do pão.

*Palavras-chave:* Pão de forma, farinha de casca de manga, fibra dietética, ácido ascórbico.

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo. Chimbote, Perú. [cemoro67@yahoo.es](mailto:cemoro67@yahoo.es)

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Chimbote, Perú.

Recibido: 05/12/2016 Aceptado: 15/12/2016

## Introducción

Moro es un distrito de la provincia del Santa, rico en diversidad de frutos. Cuenta con un total de 100 Ha cultivadas con mango Kent, siendo su rendimiento de 15 TM/Ha.

“Agroindustria La Morina S. A.”, es una empresa joven, impulsada por la Asociación Caminemos Unidos (ACU), que inicia sus actividades el año 2008. Está dedicada a la producción y comercialización de néctares y mermeladas de frutas, para lo cual cuenta con maquinaria e infraestructura moderna de acuerdo con las normas de Buenas Prácticas de Manufactura, lo cual permite elaborar productos de calidad. La planta está diseñado para una producción de 2.4 TM/día de néctar de mango, siendo necesario para ello un total de 1.5 TM de mango Kent. Producto de este proceso se obtiene 1050 Kg de pulpa (70%), 150 Kg de cáscara (10%) y 300 Kg de pepa (20%), los cuales son destinados para la elaboración de compost y utilizados en los sembríos diversos de la asociación. Por tanto es necesario evaluar posibilidades de aprovechamiento integral del mango, específicamente de la cascara, para la obtención de Fibra Dietética (FD) alterna a los cereales, principalmente el salvado de trigo, que ha sido el típico ingrediente en alimentos enriquecidos con este componente, pero que al estudiar sus propiedades, se han encontrado deficiencias en cuanto al balance entre la fracción soluble e insoluble, predominando esta última; por lo que se ha recurrido al empleo de FD proveniente de otras fuentes, entre ellas leguminosas, frutas y verduras; en ellas el balance mejora, llegando a considerarse buenas fuentes, pues se sabe que en términos de beneficio a la salud, un contenido de fibra soluble de 30% a 50% y de insoluble de 70 a 50% se considera bueno (Grigelmo-Miguel 1999), y las frutas y verduras cumplen con este requisito.

Los objetivos que se persiguieron con el trabajo de investigación fueron: Obtener y caracterizar fisicoquímicamente la harina de cascara de mango; Elaborar el pan de molde usando harina de cascara de mango y ácido ascórbico, usando el DCCR; Evaluar las características tecnológicas del pan de molde obtenido; y, Evaluar sensorialmente el color, sabor, textura, apariencia general y la intención de compra para el pan de molde.

En la investigación sobre la utilización de subproductos agroindustriales como fuente de fibra para productos cárnicos se concluye que podría ser de gran utilidad ya que el valor económico de los residuos agroindustriales es bajo, no posee casi lípidos y podrían ser una buena fuente de fibra y de minerales, además de que debido a la cantidad de polifenoles presentes podrían ser utilizados como antioxidantes y prebióticos. La incorporación de estas fibras en productos cárnicos podría además ser de gran interés para mejorar la textura, aumentar el rendimiento y darle un valor agregado al producto a bajo costo (Chávez-Zepeda y col, 2009).

El aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables fue investigado aplicando hidrólisis ácida a tres concentraciones diferentes de ácido sulfúrico diluido. También, se aplicó hidrólisis enzimática con dos tipos de enzimas comerciales a diferentes concentraciones en las condiciones de trabajo estándar. De igual manera se aplicó hidrólisis térmica a dos temperaturas diferentes. A cada tratamiento aplicado se le efectuaron pruebas de concentración de azúcares totales, concentración de azúcares reductores, porcentaje de celulosa y hemicelulosa residual, datos con los cuales se determinaron los mejores tratamientos y se procedió a efectuar combinaciones de los mejores tratamientos de hidrólisis.

El tratamiento más significativo de las pruebas individuales fue el de hidrólisis ácida a 0,50 % v/v de ácido sulfúrico a 80°C por una hora. En los tratamientos combinados el resultado más significativo fue el tratamiento en el que se combinaron la hidrólisis enzimática (como pretratamiento) más una hidrólisis térmica e hidrólisis ácida.

Por razones de seguridad en el uso de reactivos, así como eliminación de efectos colaterales adversos para la fermentación alcohólica posterior, se seleccionó el procedimiento que involucra la hidrólisis térmica como pretratamiento y la hidrólisis enzimática como tratamiento principal, como el tratamiento de mejor aplicación en la producción de metabolitos fermentables a partir de residuos de mango común con la finalidad de producción de alcohol posteriormente (Chávez-Zepeda *et al.*, 2009).

En el estudio sobre el aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango (*Mangifera indica* L.), de las variedades Smith, Tommy Atkins, Haden y Bocado como materias primas para la obtención de pectinas, se determinaron las características fisicoquímicas de las pectinas extraídas por hidrólisis ácida con ácido cítrico y precipitación de las mismas con alcohol isopropílico al 70% v/v, con el propósito de efectuar el proceso de obtención de las pectinas con insumos accesibles y disponibles en la planta; se evaluaron tres rangos de pH (2,0, 2,5 y 3,0) y tres tiempos de hidrólisis (40, 60 y 80 minutos); en cuanto a: el rendimiento obtenido como (%) de pectina seca, contenido de humedad (%), cenizas totales (%), cenizas insolubles en ácido (%), peso equivalente (mg/meq), acidez libre (meq de carboxilos libres/g), grado de esterificación, contenido de metoxilos (%) y contenido de ácido anhidrouónicos (%). Obteniéndose de estos análisis, información sobre el tipo de pectina presente en la piel (cáscara) de la mezcla de las cuatro variedades de mangos estudiadas, con la finalidad de establecer las condiciones más apropiadas para obtener pectinas de calidad, de acuerdo a las especificaciones establecidas por el Food Chemicals Codex (FCC) para pectinas comerciales. De acuerdo a los resultados conseguidos en los análisis mencionados, las pectinas que se obtuvieron presentaron un alto grado de esterificación (77,64 – 98,73%) y metoxilación (9,81 – 26,35%), el contenido de ácido anhidrouónico (AUA) varió entre 31, 71 – 75,87%, lo cual nos revela que las pectinas no presentan un alto grado de pureza. El rendimiento obtenido de las pectinas secas fue bajo (1,40 – 7,43 %) en comparación con lo reportado en las literaturas revisadas (Gamboa, 2009).

El efecto de la xilanasa, glucosa oxidasa y ácido ascórbico en la calidad del pan de molde de harina de trigo de grano entero implicó el uso de harinas, el cual fue sometida a análisis de composición centesimal, granulometría, cantidad e índice de gluten, farinografía, extensografía, viscosidad de carpeta y falling number. Se elaboró un delineamiento compuesto céntrico rotacional con tres variables independientes: xilanasa (x1), glicose oxidase (x2) y ácido ascórbico (x3).

El diseño incluyó diecisiete ensayos: ocho puntos factoriales, seis puntos axiales y tres repeticiones punto central. Los resultados fueron analizados por metodología de superficie de respuesta. Las variables dependientes fueron las propiedades reológicas de la harina y las características del pan. Se analizaron las hogazas de pan para el volumen específico, la actividad de agua, la humedad, textura y color de la miga.

Dos formulaciones, seleccionado en el rango óptimo fueron encontrados en el diseño (xilanasa: 92,38EDX / kg, la glucosa oxidasa: ácido 148,95 SRU/ kg, ácido ascórbico: 80 ppm y xilanasa: 92,38EDX / kg, glucosa oxidasa: 137,37SRU / kg, ácido ascórbico: 70 ppm), y una formulación estándar fue sometido a pruebas de aceptación e intención de compra de 37 catadores que evaluó el atributo de apariencia, color, aroma, sabor y textura (Batista, 2007).

El efecto de la adición del ácido ascórbico en la calidad del pan de molde funcional con sustitución parcial de harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*), fueron estudiadas recientemente (González, 2013). Para realizar las formulaciones utilizaron un delineamiento factorial completo 2<sup>2</sup>, considerando como variables independientes los niveles de harina de quinua y ácido ascórbico. Los efectos de estas variables fueron evaluados en función de las características físico-químicas (volumen específico, color de la corteza y miga del pan), propiedades sensoriales realizados con 30 panelistas no entrenados y propiedades reológicas de las harinas.

Los resultados fueron analizados por la metodología de superficie de respuesta (MSR), indicando que el ácido ascórbico mejora la calidad del pan en cuanto a su característica de volumen específico, sensorialmente al color de la miga y textura en los panes de molde. La harina de quinua y el ácido ascórbico tuvieron influencia estadísticamente significativa en el volumen de los panes de molde, logrando obtener panes con volúmenes específicos entre 4.37 y 4.96 ml/g, mínimo y máximo respectivamente; esto debido al efecto del ácido ascórbico.

Así mismo se logró obtener tres mejores formulaciones, como son: formulación 1(4.64% de quinua y 31.7 ppm de ácido ascórbico), formulación 3 (4.64% de quinua y 88.3 ppm de ácido ascórbico) y formulación 9 (11% de quinua y 60 ppm de ácido ascórbico).

Se indica, además, que la adición del ácido ascórbico en la mezcla refuerza la red de gluten dando un mayor índice de tolerancia y mejor consistencia (evaluados por el farinógrafo) y una mayor resistencia a la extensibilidad (evaluados por el extensógrafo).

Si bien es cierto el trigo tiene deficiencia de lisina, esta se pudo complementar aminocidicamente con la quinua superando el 70% recomendado por la FAO/WHO.

En el estudio sobre elaboración de pan de molde con la adición de harina de pulpa de soja se estudió el efecto de la adición de harina "okara" (residuo de la producción de leche de soja) sobre las características tecnológicas y el comportamiento durante el almacenamiento de una hogaza de pan de molde. El "okara", con 75% de humedad inicial, se prensó y se secó a 8% de humedad, en una incubadora a 65 ° C durante 4 hrs, molida y utilizada para sustituir en 0, 5, 10 y 15% a la harina de trigo en la formulación de pan de molde. Se evaluaron el tamaño de partícula y la composición química de la harina de trigo y "okara", el volumen específico de los panes y el contenido de humedad, la textura y el color del pan en los días 0, 4 y 7 de almacenamiento.

Además, se realizó un análisis sensorial en los días 1 y 4 de almacenamiento. Los resultados indican que el aumento de la adición de harina "okara" reduce el volumen específico y la cohesión, el aumento de la humedad, dureza y masticabilidad, y el color de la miga se intensificó. Durante el almacenamiento, observaron una reducción de la humedad, el aumento de la dureza y masticabilidad, y una disminución de la cohesividad para todas las pruebas. Las características sensoriales del pan después de cuatro días de almacenamiento fueron alteradas, con una reducción de la aceptación del sabor y textura, según lo evaluado por 35 jueces. La adición de 10% de harina de "okara" en la formulación de pan de molde mostró características tecnológicas y sensoriales aceptables, siendo esta el porcentaje recomendado para la sustitución de la harina de trigo utilizado en este estudio (Da Silva, 2009).

Se estudiaron la optimización de la formulación de un pan de molde enriquecido con coca (*Erythroxylum*), camote (*Ipomoea batata*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). La formulación óptima fue de 1% de harina de coca, 10.05% de pulpa de camote, 8.95 de harina de kiwicha y 80% de harina de trigo.

La harina de coca predomina positivamente en el nivel de proteína, pero negativamente en las características organolépticas del pan de molde. La amarantina de la harina de kiwicha predomina en el color del pan de molde. El ácido glutámico de la pulpa de camote favorece en la textura del pan de molde, dándole más elasticidad y tenacidad a la masa. La composición química experimental del pan de molde optimizado tiene 25.57% de humedad, 14% de proteína, 2.77% de grasa, 58.88% de carbohidratos y 0.78% de ceniza. El pan de molde óptimo cumple las exigencias microbiológicas sanitarias para su consumo (Marchan, 2008).

En el trabajo de investigación sobre la utilización de la harina de malanga (*xanthosoma sagittifolium*) en la obtención de productos de panificación se trabajó con 4 formulaciones que fueron: 100% de harina de trigo (muestra patrón) y en sustitución 5%, 10% y 20% de harina de malanga en harina de trigo. En el análisis sensorial de los productos obtenidos se midió aceptabilidad global, color, sabor y textura; se encontró diferencias significativas entre la muestra patrón con el pan elaborado con 20% de harina de malanga. Los análisis reológicos realizados en el MIXOLAB mostraron que a un nivel alto de sustitución de harina de malanga por harina de trigo, las características técnicas y reológicas de la masa disminuyeron cuando fueron comparadas con una masa elaborada 100% con harina de trigo.

El pan elaborado con 10% de harina de malanga fue el que mejor conservó las propiedades de textura y presentó los parámetros de calidad más aceptables para pan. El color de la corteza del pan aumenta en tonos rojizos, conforme aumenta el nivel de sustitución de harina de malanga y se reduce la harina de trigo. Las características de volumen disminuyen conforme se aumenta harina de malanga debido a que se pierde la capacidad de retención de dióxido de carbono en la fermentación.

El análisis proximal realizado al producto final se encontró que el pan elaborado con 10% de sustitución de harina de malanga presentó 31.53% humedad, 9.24% de proteína, 3.81% de grasa, 1.97% de ceniza y 1.21% de fibra. Se concluye que el porcentaje en donde se conservan las características tecnológicas y sensoriales del pan de molde fue utilizando 10% de harina de malanga y 90% de harina de trigo (Pineda, 2013).

Al evaluar polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales, se evaluó el efecto del tamaño de partícula (250 pm y 180 pm) sobre la humectabilidad, solubilidad, capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de aceite (CRAC) e hinchazón en polvos liofilizados obtenidos de cáscaras de mango de las variedades criollo, Keitt, y Tommy Atkins, además, del contenido de antocianinas, carotenoides, licopeno y ácido ascórbico. El tamaño y la variedad influyeron significativamente ( $p < 0.05$ ) sobre las propiedades funcionales de los polvos; a mayor diámetro, menor fue el tiempo de humectabilidad y mayor CRA y CRAC; y a menor diámetro mayor fue la solubilidad. El polvo de la variedad criollo mostró la mayor humectabilidad, solubilidad, contenido de antocianinas y ácido ascórbico. Las variedades Tommy Atkins y Keitt presentaron valores más altos de CRA (7.79-8.18  $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) y CRAC (4.15-4.71  $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). El estudio muestra que los polvos de cáscara de mango pueden utilizarse para el desarrollo de alimentos funcionales (Serna, Torres y Ayala, 2014).

Los compuestos bioactivos y el potencial antioxidante del extracto de cáscara de mango fueron estudiados para determinar polifenoles, antocianinas y el contenido de carotenoides en las cáscaras contenidas en extracto de acetona. Cáscaras maduras contenían mayor cantidad de antocianinas y carotenoides en comparación con las cáscaras inmaduras, mientras que la cáscara de mango verde tenía alto contenido de polifenoles. La actividad antioxidante de las cáscaras de mango maduro y verdes, extraído en acetona, se determinó utilizando diferentes sistemas antioxidantes como la reducción de la actividad de energía, eliminación de actividad de radicales libres DPPH, peroxidación lipídica inducida por hierro de microsomas del hígado y la inhibición de la lipoxigenasa de la soja. Se encontró que los valores de IC50 para estar en el rango de 1,39-5,24  $\mu\text{g}$  de equivalentes de ácido gálico. Así, el extracto de piel de mango exhibió buena actividad antioxidante en diferentes sistemas y por lo tanto puede ser utilizado en alimentos nutraceuticos y funcionales (Zapata, 2013).

En la caracterización de polvo rico en fibra y la capacidad antioxidante de cáscaras de frutas de *Mangifera Pajang K.*, se evaluaron las propiedades físico-químicas y la capacidad antioxidante para el polvo rica en fibra (FRP) y también se estudió la composición química de la fibra dietética soluble (SDF) y fibra dietética insoluble (FDI). El FRP tenía una alta cantidad de fibra dietética total (TDF; 72,3  $\text{g} / 100 \text{ g FRP}$ ) con una relación de SDF / IDF equilibrada (46,3 / 53,7%). El FRP tiene un alto índice de retraso de la glucosa, la capacidad de retención de agua (WHC), la capacidad de retención de aceite (OHC), y la hinchazón. La capacidad antioxidante de la FRP, según lo determinado por el ensayo de DPPH usando un lector de ELISA, exhibió una fuerte potencia debido a la presencia de polifenoles totales asociados (98.3  $\text{mg} / \text{g FRP}$ ). Estas características de FRP indicaron que las cáscaras de Bambang son una fuente rica de DF, antioxidantes y otros compuestos bioactivos que se puede incorporar con productos alimenticios para mejorar las propiedades de estos productos nutraceuticos (Abdulrahman, 2011).

*El estudio de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de variedades de mango brasileño (Mangifera indica L.) realizado para cuatro variedades de mango que se cultivan en Brasil identifico el perfil de las xantonas-C-glucósidos flavonoles-Oglycosides y se caracterizó en pulpas de Haden, Tommy Atkins, Palmer y cultivares Uba' y en los residuos agroindustriales a partir de la variedad Uba' por análisis LC-ESI-MS. Se recogieron los primeros tres variedades de la producción convencional, mientras que Uba' se obtuvo de la producción orgánica. Se analizó el contenido de fenoles totales de las cáscaras y extractos de semillas del centro utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu. Se analizaron los extractos acuoso-metanólicos de pulpa, cáscara y semillas de la actividad antioxidante de los radicales de captación libre y poder reducido.*

Se identificaron un total de 12 flavonoides y xantonas en las pulpas, cáscaras y semillas de la variedad Uba', con cultivo ecológico, con mayores cantidades de estos compuestos, que las variedades de mango de cultivo convencional. La pulpa de mango Uba' presentó mayor actividad antioxidante y los extractos del núcleo o centro de la cáscara y semillas mostró una mayor actividad antioxidante que los mangos convencionales o estándares comerciales (Ribeiro, 2008).

La caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (*Mangifera indica* L.) para su incorporación en galletas, permitió obtener un tamaño de partícula menor a 291  $\mu\text{m}$ , 6.25% de humedad, 5.43% de cenizas, 4.82% de proteína cruda, 1.98% de grasa cruda, 12.06% de fibra cruda, 75.71% de ELN, 56.68% de fibra dietética total, 29.46% de fibra dietética soluble y 27.21% de fibra dietética insoluble. Funcionalmente se obtuvo una retención de agua y de aceite de 4.07 ml agua/g muestra y 1.46 g aceite/ g muestra, respectivamente; una actividad emulsificante de 7.16% y una estabilidad de la emulsión de 55%. Al incorporarse los residuos fibrosos en galletas integrales, se sustituyó el contenido de salvado de trigo por los residuos obtenidos y se evaluaron sensorialmente con jueces consumidores utilizándose una escala hedónica de siete puntos, encontrándose igualdad estadística ( $p < 0.05$ ) entre los productos elaborados (García, 2003).

En la obtención y caracterización de harina de mango (*mangífera indica*) utilizando secado convencional y secado solar se siguió un flujo de procesamiento que comprendía: clasificación y/o selección; lavado; pelado; cortado (en rodajas con 3 mm de espesor); acondicionado (con bisulfito de sodio: al 0,3 % por 5 minutos para el secado convencional y 0,34 % para el secado solar); secado (el secado convencional en un secador de bandejas con temperatura de entrada de 62 °C y 52 °C; velocidad de aire de 1,5 y 3 m/s y HR de 25 % y 35 %; secado solar los parámetros se daban de acuerdo a las condiciones del medio ambiente); molido; tamizado y empacado en paludol (papel de aluminio y polietileno). También, con la finalidad de conocer el efecto de los parámetros de secado sobre las características del producto se determinaron las pérdidas de vitamina c y del  $\beta$ -caroteno (López y Carlos, 2002).

La capacidad antioxidante y el análisis composicional de harina de cáscara de mango, *mangífera indica*, variedad "criollo", también es objeto de investigación (Jibaja, 2014). Las cáscaras frescas de mango (*Mangifera indica*), se secaron por convección de aire forzado y fueron molidas hasta obtener en su mayoría un diámetro de partícula menor de 0.5 mm. En tanto a la capacidad antioxidante medido por el método del DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), presentó un IC (Concentración del extracto al cual inhibe a la mitad el 50 radical DPPH) de 230.81  $\mu\text{L}$  obtenido de la harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*). En el análisis composicional se obtuvieron datos de: 16.88% de humedad, 1.99% de grasa, 5.44% de proteína, 78.60% de E. L. N. (Extracto Libre de Nitrógeno), 11.20% de fibra cruda y 2.84% de ceniza. De esta manera se pudo determinar que los residuos del mango pueden ser aprovechables como un subproducto con características funcionales valiosas para la nutrición.

Como parte de la justificación para lograr desarrollar el trabajo de investigación se indica que la fibra dietética recibe una particular atención mundial por sus propiedades y por el papel que desarrolla en el organismo humano, pues ha ido adquiriendo importancia desde 1973, año en el cual el Dr. Burkitt propuso la hipótesis de la estrecha relación entre la carencia de fibra en las dietas con el desarrollo de distintas enfermedades y trastornos fisiológicos, siendo estos más frecuentes en los países industrializados (Burkitt, 1974).

Estudios experimentales y epidemiológicos atribuyen a la fibra propiedades tan diversas como la de ser un regulador intestinal, actuando como laxante, factor preventivo del cáncer de colon, absorbente de ácidos biliares y como coadyuvante en la disminución de colesterol y de glucosa en la sangre. Esta es un componente importante de los alimentos vegetales, ya que procede de las paredes y tejidos de frutas, hortalizas, cereales y leguminosas. Las frutas y hortalizas presentan el mayor contenido de fibra dietética (20 y 31%, respectivamente), mientras que los cereales contienen hasta un 17% (Slavin, 2000).

La fibra dietética por su resistencia a la digestión por las enzimas humanas sufre muy limitadas modificaciones en su estructura y es eliminada casi totalmente. Debido a estas propiedades, arrastra a los desechos digestivos y contribuye a eliminarlos de forma adecuada. Los dos tipos de fibra dietética tienen diferentes efectos fisiológicos. En general las fibras solubles (pectinas, gomas y mucilagos) retrasan el vaciamiento gástrico, desaceleran la hidrólisis del almidón, la absorción de glucosa y ayudan a reducir el colesterol en la sangre. Las fibras insolubles (lignina, celulosa y hemicelulosa) aceleran el tránsito intestinal, aumentan el peso de las heces y contribuyen a reducir el riesgo de algunos padecimientos del colon. Una dieta equilibrada debe incluir alimentos ricos en ambos tipos de fibra (Slavin, 2000).

En la empresa Agroindustrias La Morina S.A. entre los meses de marzo, abril y mayo, se procesan en promedio 70 TM de mango Kent, el cual nos permite obtener 7 TM de cascara y 14 TM de pepa; estos desechos actualmente son utilizados para la producción de compost, en una compostera, y de esta manera ser utilizados para el abonado de las sembríos de palto por los mismos agricultores de la asociación caminemos unidos (ACU). Es conveniente estudiar la forma de darle un mayor valor agregado a estos desechos y para ello la Gerencia General de Agroindustrias La Morina quiere apostar por desarrollar una tecnología que permita obtener fibra dietética antioxidante a partir de la cáscara y, de la pepa o semilla, el contenido de grasa, fibra cruda, cenizas y proteínas que pueden tener fines alimenticios para el hombre o como alimento balanceado para animales.

Es bueno tener presente que los polifenoles que están presentes en la cáscara y semilla del mango se usa en la industria cosmética y para fines medicinales de alto valor agregado.

La importancia de la fibra dietética en nutrición junto con la recomendación del incremento en su consumo, ha llevado a la industria alimentaria a la elaboración de nuevos alimentos enriquecidos con fibra como: el pan y las galletas. Los productos portadores de fibra son consumidos no solo para mantener un estado saludable, sino también para la prevención y tratamiento de diversas enfermedades. Las frutas además de tener un alto contenido de fibra dietética, también proporcionan microconstituyentes como son los compuestos polifenólicos o bien llamados antioxidantes que son agentes reductores que protegen a las células del daño oxidativo, siendo estos de beneficio potencial para la salud humana.

Con la adición de fibra dietética a productos de panificación, se busca principalmente modificar formulaciones y crear con ello opciones alimenticias para los consumidores. Por ello los objetivos del presente trabajo se enmarcan en caracterizar fisicoquímica y funcionalmente a la fibra dietética obtenida del mango, así como determinar la capacidad antioxidante de los compuestos polifenólicos presentes en ella y evaluar su adición en dos productos de panificación: pan y galleta; así como los controles respectivos sustituyendo la fibra dietética de mango por germen de trigo.

## Materiales y métodos

El proyecto de investigación “Influencia de la adición de harina de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.), variedad Kent y ácido ascórbico sobre las características tecnológicas del pan de molde”, es del tipo experimental y, por el fin que se persigue, es aplicada.

Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizó el Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR), el cual fue propuesto por Box & Wilson (1951) como una alternativa al factorial 3k; básicamente consiste de un núcleo factorial 2, cuyos niveles de los factores se codifican con +1 y -1, así como niveles a que pueden variar de acuerdo al número de factores a evaluar y garantiza además, una propiedad estadística de rotabilidad. Para este trabajo de investigación se van a considerar dos variables, % fibra dietética antioxidante y mg/kg de ácido ascórbico (factores X1 y X2), la primera dentro de un ámbito de exploración desde 5% hasta 15% y la segunda desde 20 hasta 100 mg/kg. Para la obtención de los niveles de concentración de cada una se utilizan la siguiente fórmula:

$$X_r = \frac{(X_c - V_i)}{I_c} * I_r + V_i \quad (1)$$

Donde  $X_r$  es el valor real de concentración deseado,  $X_c$  es el valor codificado,  $V_{i_c}$  es el valor mínimo codificado,  $V_{i_r}$  es el valor de la concentración mínima,  $I_r$  es el intervalo o rango para niveles de concentraciones (concentración máxima menos la mínima) e  $I_c$  es el intervalo o rango para los niveles codificados.

Para el ámbito señalado en el % fibra dietética antioxidante queremos conocer cuál será el valor real  $X_r$  si su valor codificado ( $X_c$ ) es 1; en ese caso se tiene la siguiente información:

$V_{i_c} = 5\%$ ,  $I_r = 1$ ,  $I_c = 1,41$ ,  $X_c = 15\%$  y  $V_{i_r} = 10\%$ ; sustituimos en la fórmula dada y se tiene  $X_r = 13.5\%$

Para el ámbito señalado en el % fibra dietética antioxidante queremos conocer cuál será el valor real  $X_r$  si su valor codificado ( $X_c$ ) es -1; en ese caso se tiene la siguiente información:

$V_{i_c} = 5\%$ ,  $I_r = 1$ ,  $I_c = ([1,414 - (1,414)] = 2,828)$ ,  $X_c = 10\%$  y  $V_{i_r} = 0\%$ ; sustituimos en la fórmula dada y se tiene  $X_r = 6.5\%$

Para el caso de la variable mg/kg de ácido ascórbico, se procede de la misma manera.

El número total de tratamientos/combinaciones y los niveles de concentración de cada variable está en función a la siguiente formula:  $2^n + 2n + 3 PC = 4 + 4 + 3 = 11$  y son presentados en la Tabla 1 y Tabla 2.

**Tabla 1: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2<sup>2</sup> incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.**

Variables independientes	Niveles				
	-α	-1	0	+1	+α
% harina cáscara mango	5	6.5	10	13.5	15
mg/kg ácido ascórbico	20	32	60	88	100

Once ensayos fueron realizados, cuatro ensayos factoriales, cuatro ensayos en condiciones axiales y tres repeticiones del punto central. La Tabla 2 representa el planeamiento experimental utilizado.

**Tabla 2: Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2<sup>2</sup>**

TRATAMIENTOS	Valores Codificados**		Valores reales	
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	% harina cáscara mango	Mg/kg ácido ascórbico
1	-1	-1	6.5	32
2	+1	-1	13.5	32
3	-1	+1	6.5	88
4	+1	+1	13.5	88
5	-α	0	5	60
6	+α	0	15	60
7	0	-α	10	20
8	0	+α	10	100
9	0	0	10	60
10	0	0	10	60
11	0	0	10	60

\*Elaborado sobre el Paquete STATISTICA, STATSOFT – USA, versión 5.0.

Con respecto a las variables que están inmersas en el proyecto de investigación se puede indicar que las variables son:

Variable Dependiente: %H, Aw, %Proteínas, % Grasa, % Cenizas, volumen específico, color instrumental (L, a y b), %Fibra dietética total (FDT), %Fibra dietética insoluble (FDI), % Fibra dietética soluble (FDS), y capacidad antioxidante.

Variable Independiente: Porcentaje de harina de cascara de mango (%), ácido ascórbico (ppm)

La población del proyecto de investigación se tomará como población a los 150 Kg de cáscara de mango que se producen como desperdicio en un turno de trabajo de 8 horas en la empresa Agroindustrias La Morina SAC, esto es resultado del ingreso a planta de 1.5 TM de mango Kent.

La muestra se tomó la población en su conjunto.

Se emplearon las siguientes técnicas para obtener los valores de las variables dependientes:

**Cenizas:** FAO. Food and nutrition paper. Pp.: 228 T 14/7 1986 Total Ash.

**Humedad:** FAO. Food and Nutrition. Paper pp. 205 T 14/7 – 1986. Moisture.

**Acidez total:** Método 10.026 del AOAC (2005), se determinara por neutralización con NaOH 0.1 N y fenolftaleína como indicador utilizando como apoyo el potenciómetro considerando el viraje a un pH de 8.3.

**Sólidos solubles o °Brix:** Para la determinación de sólidos solubles se utilizará el método refractométrico, NMX-F-103-1982. Alimentos, frutas y derivados. Determinación de grados Brix. Normas Mexicanas. Dirección general de normas.

**pH:** AOAC Official Method 981.12. 2005. pH of Acidified Foods

**Proteína:** AOAC Official Method 920.87:2005. - Protein (Total) in Flour.

**Grasa:** FAO. Food and Nutrition paper. Pp 212 T 14/7 1986. Crude fat.

**Color:** Los parámetros de color L\*, a y\* b\* se obtendrán a través de un colorímetro tristímulus Minolta CR 400, operando en el sistema CIELAB, en que L\* corresponde a la luminosidad, a\* y b\* son las coordenadas de cromaticidad (-a = verde y +a =rojo; -b = azul y +b = amarillo).

**Amilografía:** Las características de viscosidad de la pasta de harina se realizaron en el Amilografo de BRABENDER. Se midieron 5 puntos importantes. Viscosidad máxima, viscosidad cuando alcanza la temperatura de 95°C, viscosidad después de cocción a 95°C por 30 minutos, viscosidad después del enfriamiento hasta 50°C, viscosidad después de 30 minutos a 50°C

**Farinografía:** La capacidad de absorción de agua y las propiedades de la mezcla de harinas de trigo se determinaron por Brabender farinografo, el segundo método en la AACC 54-21 (1995). Los parámetros evaluados a partir de farinograma: son absorción de agua, tiempo de llegada, tiempo de desarrollo de la masa, retardo de salida, la estabilidad y el índice de tolerancia al mezclado.

**Extensografía:** Las propiedades de la harina de trigo de determinaron de acuerdo al método de la AACC 54-10 (1995), utilizando el extensógrafo Brabender. Los parámetros a evaluar fueron: resistencia a la extensión o elasticidad, resistencia a la rotura, la extensibilidad y el número proporcional. Se midió la extensibilidad de la masa.

Los instrumentos que se utilizaron para obtener los datos de las variables dependientes fueron:

Amilografo BRANBENDER; amasadora o sobadora marca NOVA, modelo K23, capacidad, 40Kg; equipo Kjeldahl; equipo Soxhlet; estufa, marca Blue-M, modelo SW-17TC-1, Serie SW-1990; mufla, marca Thermolyne, Serie 34703484; pH metro digital, marca Hach, Modelo EC20; vibrador de tamices, marca SOILTEST, modelo CL-3050-8, serie, 3508-A; refractómetro ABBE; balanza analítica marca ADAM, modelo PW-254; cámara de fermentación marca NOVA, modelo MAX 1000; colorímetro marca KONICA MINOLTA, modelo CR-400; extensografo BRANBENDER; farinógrafo BRABENDER; equipo “Falling Number”; horno rotatorio por convención marca NOVA, modelo MAX 1000; rebanadora o cortadora de pan marca NOVA, modelo ESTANDAR; secador de bandejas.

Los análisis de caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética de mango obtenida se realizarán por triplicado. Los resultados obtenidos serán sometidos al paquete STATISTICA,

STATSOFT-USA, versión 5.0 para determinar si existe diferencia significativa, con un grado de significancia de Duncan de  $p < 0.05$ .

### Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos tanto para los análisis fisicoquímicos del mango, harina de cascara de mango y el pan de molde.

**Tabla 3: Análisis fisicoquímico para la pulpa de mango, var. Kent**

Análisis fisicoquímico pulpa mango	Valor
pH	4.110 +- 0.113
Acidez	0.890 +- 0.367
°Brix	9.667 +-1.527
IM(índice madurez)	12.542 +- 5.425

Fuente: Elaboracion Propia

**Tabla 4: Rendimiento de cascara a harina de cascara de mango, var. Kent**

Materia Prima (kg)	Cascara de mango (kg)	Kg HCM entera*	Kg HCM molida
200	8%	13.10%	97.50%
	16	2.096	2.0436

\*HCM: Harina cascara de mango

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5: Análisis fisicoquímico para la harina de cascara de mango, var. Kent**

Muestra	Análisis fisicoquímico			
	Proteína	Grasa	Cenizas	Humedad
HCM	4.993 +- 0.132	5.773 +- 0.100	3.240 +- 0.209	2.210 +- 0.040

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se evaluó los resultados del volumen específico practicado a los 11 tratamientos y al patrón (100% de harina de trigo).

**Tabla 6: Volumen específico del pan de molde**

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Volumen Específico (ml/g)
1	-1.00	-1.00	4.601
2	1.00	-1.00	3.861
3	-1.00	1.00	4.677
4	1.00	1.00	4.278
5	-1.41	0	4.77
6	1.41	0	4.074
7	0	-1.41	4.658
8	0	1.41	4.582
9	0	0	4.677
10	0	0	4.634
11	0	0	4.583
Patrón	-	-	4.870

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 6, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de volumen específico entre 3.861 (Formulación 2) y 4.677 (Formulación 3 y 9); valores mínimos y máximo respectivamente.

Por otro lado las formulaciones o ensayos con condición de punto central (ensayos 9, 10 y 11), mostraron valores próximos (4.583 a 4.677 ml/g); lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

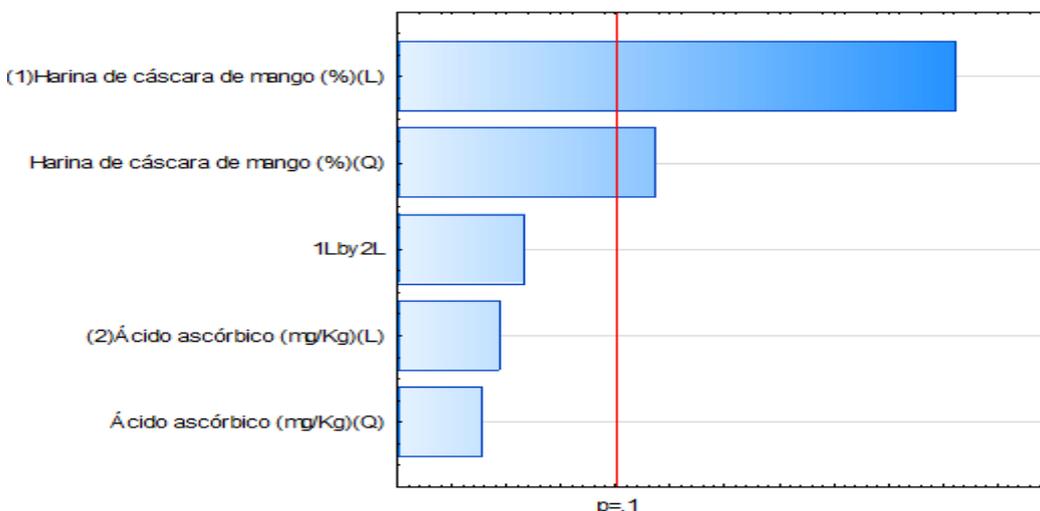
**Tabla 7: Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico de los panes de molde.**

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(8)	p-valor*
Media	4.63	0.08	54.55	<0.0001
x <sub>1</sub> (L)	-0.53	0.10	-5.11	0.0038
x <sub>1</sub> (Q)	-0.29	0.12	-2.37	0.0643
x <sub>2</sub> (L)	0.09	0.10	0.93	0.3965
x <sub>2</sub> (Q)	-0.09	0.12	-0.77	0.4786
x <sub>1</sub> x x <sub>2</sub>	0.17	0.15	1.159	0.2986

x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de mango, x<sub>2</sub>=ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

\* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia (p<0.10).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 10%, es decir que los términos que tengan una probabilidad menor a 0.10 serán significativos. Por lo tanto se concluye que los términos significativos (ver Tabla 7 y Figura 1) en el estudio de la variable Volumen Específico; fueron el término lineal y cuadrático de la harina de cáscara de mango.



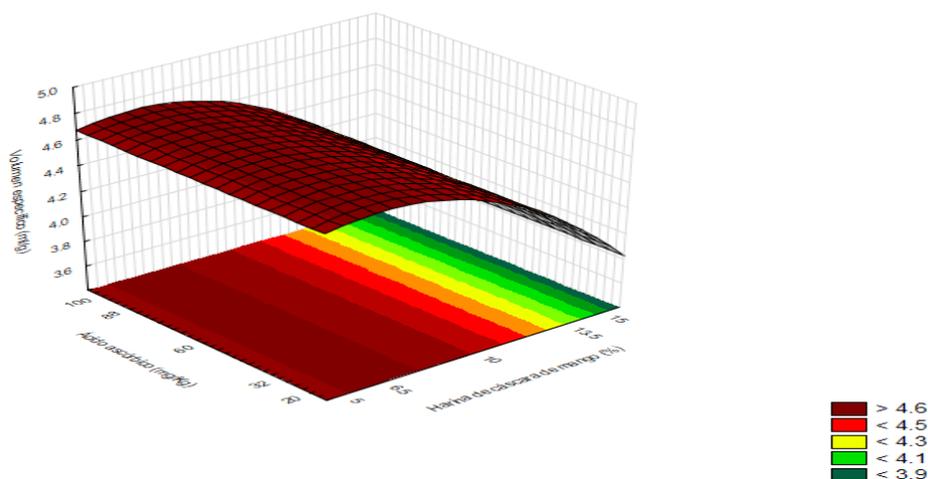
**Figura 1: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta volumen específico.**

La Tabla 8 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta volumen específico. Ahí se puede observar que el valor de F calculado es mayor al F tabulado; rechazándose la hipótesis nula (concluyéndose sobre la existencia de regresión lineal). Por lo tanto teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al tabulado y que el valor de r<sup>2</sup> es adecuado; podemos concluir y construir un modelo ajustado codificado (ecuación 1).

**Tabla 8: Análisis de varianza para la respuesta volumen específico del pan de molde**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8;0.10)
Regresión	0.67	2	0.34		
Residuos	0.17	8	0.02	17	3.11
Total	0.84	10	0.08		

**Volumen específico = 4.63 – 0.53x<sub>1</sub> – 0.29 x<sub>1</sub><sup>2</sup> .....(1);** Donde: x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de mango



**Figura 2: Superficies de respuesta para el volumen de los panes de molde en función de: contenido de harina de cáscara de mango (%) y ácido ascórbico (mg/Kg).**

La superficie de respuesta de la Figura 2 nos indica que el ácido ascórbico (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa en la respuesta en estudio; mientras que al adicionar mayores porcentajes de harina de cáscara de mango (De 5-15%) se obtienen volúmenes bajos (menores a 4.6 ml/g) en los panes de molde.

**Color de la corteza de los panes de molde.**

La Tabla 9, presenta los valores obtenidos de luminosidad, cromacidad y ángulo de tonalidad de los panes de molde; de acuerdo con el planeamiento experimental.

**Tabla 9: Color de la corteza de los panes de molde de acuerdo con el planeamiento experimental**

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Luminosidad (L*)	Cromacidad (C*)	Ángulo de Tonalidad (h°)
1	-1.00	-1.00	55.967	39.694	72.918
2	1.00	-1.00	63.157	37.211	85.129
3	-1.00	1.00	55.973	40.829	67.891
4	1.00	1.00	56.183	33.791	77.344
5	-1.41	0	55.493	37.740	71.471
6	1.41	0	54.810	34.170	77.040
7	0	-1.41	52.040	33.289	72.151
8	0	1.41	49.407	33.245	71.903
9	0	0	57.900	36.530	75.029
10	0	0	59.607	36.862	75.890
11	0	0	57.227	37.316	74.238
Patrón	-	-	56.773	41.393	69.932

Fuente: Elaboración Propia

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para la luminosidad de la corteza, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

El coeficiente de determinación ( $r^2=51.462\%$ ) presento un valor bajo.

En cuanto a la **proteína** la Tabla 10 muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados; además de los resultados obtenidos para la variable proteína del pan de molde.

Como se puede observar en la Tabla 10, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de proteína entre 10.34 (Formulación 6) y 11.42 (Formulación 1); valores mínimos y máximo respectivamente.

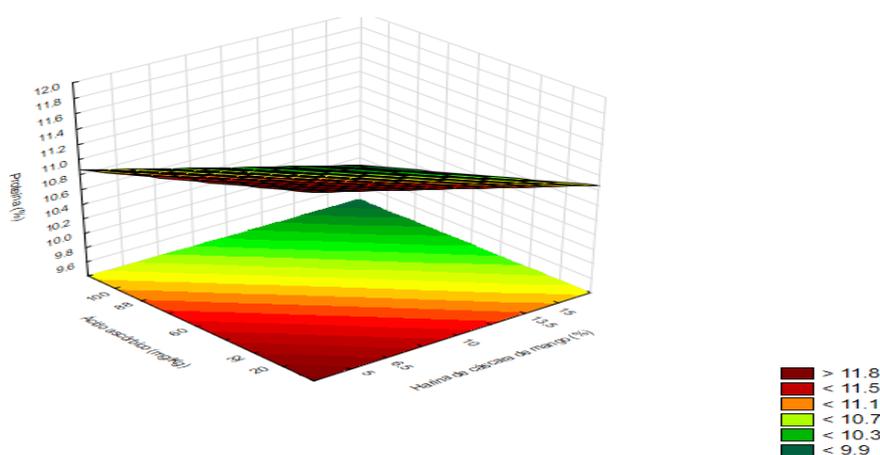
Las formulaciones 9, 10, 11 con condición de punto central y/o repeticiones, mostraron valores próximos; lo que indica la correcta realización del proceso de elaboración.

El valor de coeficiente de determinación ( $r^2$ ); para el diseño experimental completo fue de **80.983%**. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales. Por otro lado, al excluir los términos que no fueron significativos ( $p>0.05$ ); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuye a **72.495%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el diseño experimental.

**Tabla 10: Proteína del pan de molde.**

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Proteína (%)
1	-1.00	-1.00	11.42
2	1.00	-1.00	11.21
3	-1.00	1.00	10.73
4	1.00	1.00	10.49
5	-1.41	0	11.4
6	1.41	0	10.34
7	0	-1.41	11.1
8	0	1.41	10.71
9	0	0	10.63
10	0	0	10.7
11	0	0	10.77
Patrón	-	-	12.00

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3. Superficies de respuesta para la proteína de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).**

La superficie de respuesta indica que se obtendrán porcentajes de proteína mayores a 11.8%; cuando se adicione concentraciones de 5 a 6.5% para el caso de la harina de cáscara de mango y 20 a 32ppm de ácido ascórbico.

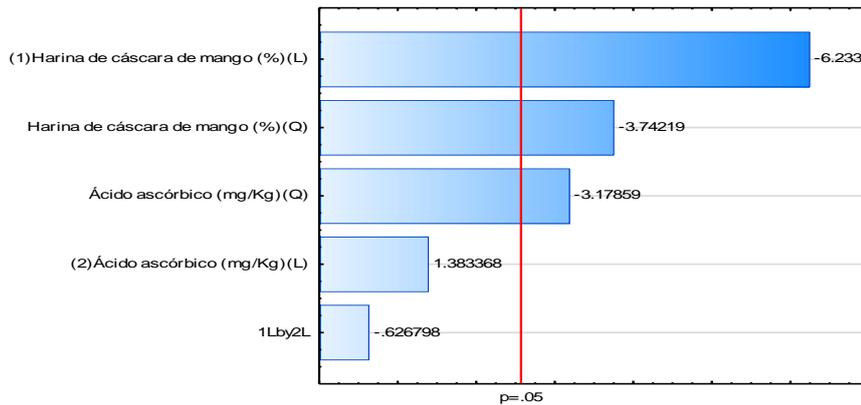
**Evaluación sensorial.**

La Tabla 11 muestra las respuestas obtenidas en el análisis sensorial de los ensayos del diseño experimental.

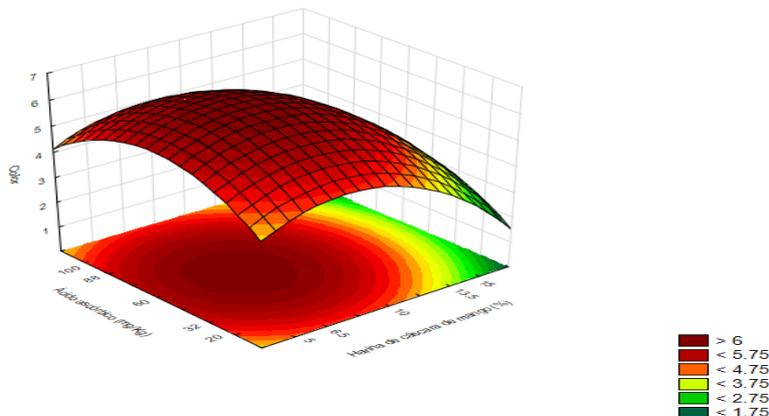
**Tabla 11. Respuestas obtenidas del análisis sensorial de los panes de molde**

Ensayos	Harina de cáscara de mango	Ácido ascórbico	Color	Apariencia	Aroma	Textura	Sabor	% de Intención de compra
1	-1.00	-1.00	5.50	5.69	5.78	5.81	4.91	53.20
2	1.00	-1.00	4.78	5.06	6.00	5.06	4.38	49.40
3	-1.00	1.00	6.22	6.28	6.22	6.31	6.03	71.80
4	1.00	1.00	5.13	5.25	5.97	5.69	5.16	57.60
5	-1.41	0	6.53	6.63	6.34	6.78	6.59	80.60
6	1.41	0	4.13	4.28	5.00	4.97	4.28	46.80
7	0	-1.41	5.44	5.50	5.81	5.66	5.50	60.00
8	0	1.41	5.50	5.59	6.00	5.88	5.59	63.80
9	0	0	6.26	5.92	5.95	6.10	6.28	67.00
10	0	0	6.25	5.84	5.81	6.00	6.22	66.80
11	0	0	6.28	6.10	6.10	6.20	6.31	68.00
Patrón	-	-	7.69	7.66	7.16	7.75	7.34	89.40

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta color.**



**Figura 5. Superficies de respuesta para el color de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).**

Dado que el valor codificado de  $x_1$  es -0.69, se obtiene como valor real  $a=7.6\%$  de harina de cáscara de mango. Y para el caso del valor codificado  $x_2$ ; se obtiene 60 ppm de ácido ascórbico. Por tanto, las concentraciones óptimas para obtener la máxima puntuación sensorial del parámetro color será cuando se adicione 7.6% de harina de cáscara de mango y 60ppm de ácido ascórbico al pan de molde. Porcentajes que también se puede apreciar en la superficie de respuesta, pero sin mucha precisión.

**Sabor del pan de molde.**

De forma general los valores reportados para el sabor del pan de molde presentan un rango de 4.28 a 6.59.

La figura 6 y 7 muestran al ensayo 5 (5% de harina de cáscara de mango, 60ppm de ácido ascórbico) como el que goza de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

El valor de coeficiente de determinación ( $r^2$ ); para el diseño experimental completo fue de **82.753%**. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales. Por otro lado, al excluir de la Tabla 24, los términos que no fueron significativos ( $p>0.05$ ); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuye a **74.295%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el diseño experimental.

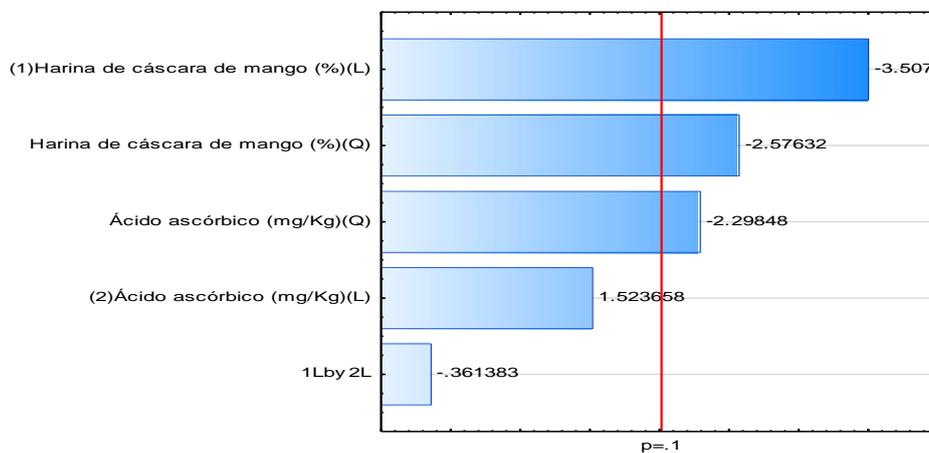


Figura 6. Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta sabor.

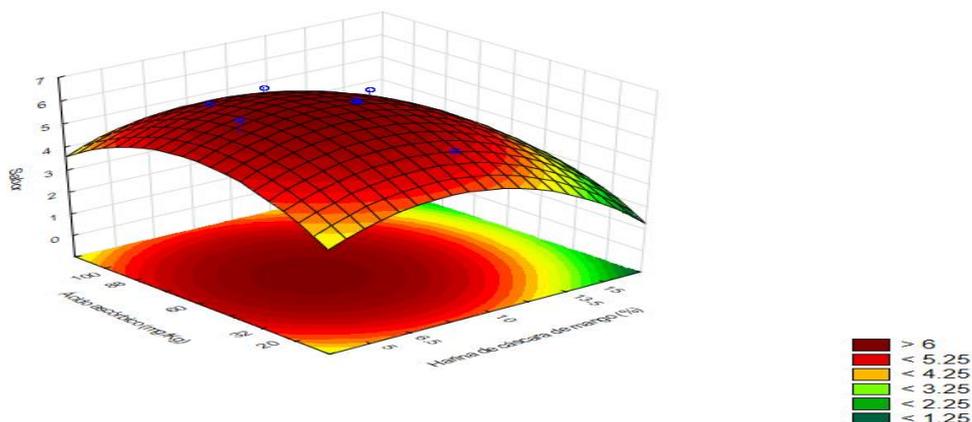


Figura 7. Superficies de respuesta para el sabor de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de mango (%) y Ácido ascórbico (mg/Kg).

Por tanto, las concentraciones óptimas para obtener la máxima puntuación sensorial del parámetro sabor será cuando se adicione 8% de harina de cáscara de mango y 60ppm de ácido ascórbico al pan de molde. Porcentajes que también se puede apreciar en la Figura 7, pero sin mucha precisión.

## Discusión

Habiendo presentado los resultados de la investigación, a continuación se procede con la discusión, la misma que se iniciará con la discusión correspondiente a los resultados obtenidos por otros autores.

Olivera (2012), indica que en la elaboración de jugos se genera un subproducto que puede alcanzar hasta un 65% de la fruta procesada, y que este residuo puede ser una fuente viable de fibras antioxidantes. Estos resultados sugieren que el subproducto de mango podría ser una alternativa para desarrollar un ingrediente nutracéutico para elaborar alimentos funcionales. Para esta investigación utilizamos los residuos de la empresa Agroindustrias La Morina, que representa el 8% en cascara de mango.

En la obtención y caracterización de harina de mango (mangífera indica) utilizando secado convencional y secado solar se siguió un flujo de procesamiento que comprendía: clasificación y/o selección; lavado; pelado; cortado (en rodajas con 3 mm de espesor); acondicionado (con bisulfito de sodio: al 0,3 % por 5 minutos para el secado convencional y 0,34 % para el secado solar); secado (el secado convencional en un secador de bandejas con temperatura de entrada de 62 °C y 52 °C; velocidad de aire de 1,5 y 3 m/s y HR de 25 % y 35 %; secado solar los parámetros se daban de acuerdo a las condiciones del medio ambiente); molido; tamizado y empacado en paludol (papel de aluminio y polietileno). En esta investigación para obtener la harina de mango se utilizó una metodología adecuada que fue aprovechada en esta investigación, específicamente, en los parámetros del secado (López, 2002).

El efecto de la xilanasa, glucosa oxidasa y ácido ascórbico en la calidad del pan de molde de harina de trigo de grano entero implicó el uso de harinas, el cual fue sometida a análisis de composición centesimal, granulometría, cantidad e índice de gluten, farinografía, extensografía, viscosidad de carpeta y falling number. Se elaboró un delineamiento compuesto céntrico rotacional con tres variables independientes: xilanasa (x1), glicose oxidase (x2) y ácido ascórbico (x3).

El diseño incluyó diecisiete ensayos: ocho puntos factoriales, seis puntos axiales y tres repeticiones punto central. Los resultados fueron analizados por metodología de superficie de respuesta. Las variables dependientes fueron las propiedades reológicas de la harina y las características del pan. Se analizaron las hogazas de pan para el volumen específico, la actividad de agua, la humedad, textura y color de la miga (Batista, 2007).

Esta investigación seleccionó tratamientos óptimos, a través del análisis sensorial con 40 panelistas y sometiendo los tratamientos a una evaluación DCCR con 2 variables independientes: harina de cascara de mango (x1) y ácido ascórbico (x2). Este diseño incluyó 11 ensayos: 4 puntos factoriales, 4 puntos axiales y tres repeticiones punto central.

González y García (2013) estudiaron el efecto de la adición del ácido ascórbico en la calidad del pan de molde funcional con sustitución parcial de harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*). Para realizar las formulaciones utilizaron un delineamiento factorial completo  $2^2$ , considerando como variables independientes los niveles de harina de quinua y ácido ascórbico. Los efectos de estas variables fueron evaluados en función de las características físico-químicas (volumen específico, color de la corteza y miga del pan), propiedades sensoriales realizadas con 30 panelistas no entrenados y propiedades reológicas de las harinas.

Los resultados, en esta investigación, fueron analizados por la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR), indicando que el ácido ascórbico mejora la calidad del pan en cuanto a su característica de volumen específico, sensorialmente al color de la miga y textura en los panes de molde. La harina de cascara de mango y el ácido ascórbico tuvieron influencia estadísticamente significativa en el volumen de los panes de molde, logrando obtener panes con volúmenes específicos entre 4.677 y 4.77 ml/g, mínimo y máximo respectivamente; esto debido al efecto del ácido ascórbico.

Así mismo se logró obtener dos mejores formulaciones, como son: formulación 3(6.50% de harina cáscara de mango y 88 ppm de ácido ascórbico) y formulación 5 (5% de harina cáscara mango y 60 ppm de ácido ascórbico).

### Conclusiones

La composición química en la materia prima, da como resultado, para la Harina de cascara de mango 2.21 % +/- 0.040 humedad, proteína 4.993% +/- 0.132, grasa 5.773% +/- 0.100, cenizas 3.24% +/- 0.209; para la harina de trigo 14.21% de humedad, proteína 12.03%, grasa 1.72%, cenizas 0.53; y para el salvado de trigo 7.69% humedad y cenizas 4.99%.

La evaluación de color instrumental para la harina de cáscara de mango, indica Luminosidad 60.43 +/- 1.845; Cromacidad 43.04 +/- 1.088; y Tonalidad 86.47 +/- 0.133

Al evaluar el volumen específico del pan de molde, las formulaciones o ensayos con condición de punto central (Ensayos 9, 10 y 11), mostraron valores próximos (4.583 a 4.677 ml/g); lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

La superficie de respuesta para el volumen específico, nos indica que el ácido ascórbico (20 a 100 ppm) no tuvo influencia estadísticamente significativa en la respuesta en estudio; mientras que al adicionar mayores porcentajes de harina de cáscara de mango (De 5-15%) se obtienen volúmenes bajos (menores a 4.6 ml/g) en los panes de molde.

La superficie de respuesta indica que se obtendrán porcentajes de proteína mayores a 11.8%; cuando se adicione concentraciones de 5 a 6.5% para el caso de la harina de cáscara de mango y 20 a 32 ppm de ácido ascórbico.

La evaluación sensorial realizada, nos indica que el producto goza de aceptabilidad del público en especial las formulaciones 3 (6.5% de HCM y 88 ppm de ácido ascórbico), 5 (5% de HCM y 60 ppm ácido ascórbico) y 11 (10% de HCM y 60 ppm de ácido ascórbico).

Los valores óptimos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener la mayor puntuación en la evaluación sensorial del color, es de 7.6% HCM y 60 ppm ácido ascórbico.

Los valores óptimos de harina de cáscara de mango y ácido ascórbico que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener la mayor puntuación en la evaluación sensorial del sabor, es de 8.0% HCM y 60 ppm ácido ascórbico.

### Referencias bibliográficas

- Abdulrahman, F.; Amin, I.; Azizah, A.; Azrina, A. (2011). Characterisation of fibre-rich powder and antioxidant capacity of *mangifera pajang* K. fruit peels. Food Chemistry Volume 126, Issue 1, 1 Pages 283–288.
- Batista, C. (2007). Efeito de adicao de xinalase, glicose oxidase e acido ascórbico na qualidade do pao de forma de harina de trigo de grao inteiro”. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 148p.
- Box, E. P., Draper, R. (1951). Empirical Model - Building and response surfaces.
- Burkitt, D.P., Walker A.R.P., Painter, N.S (1974). Dietary fibre and disease. *JAMA*, 229; 1068-1074.
- Chávez-Zepeda, L.; Cruz, G.; Gracia de Caza L.; Díaz, J.; Pérez, M. (2009). Utilización de subproductos agroindustriales como fuente de fibra para productos cárnicos. *Nacameh*. Vol. 3, No. 2, pp. 71-82.
- Da Silva, L.; Paucar, L.; Vicente, C.; Salles, A.; Steel, C. (2009). Desenvolvimento de pão de fôrma com a adição de farinha de “okara”. *Braz. J. Food Technol.*, v. 12, n. 4, p. 315-322.

- Gamboa, B. (2009). Aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango (*Mangifera indica* L.), de las variedades Smith, Tommy Atkins, Haden y Bocado como materias primas para la obtención de pectinas. Tesis Magister Scientiarum (Ciencias de Alimento). Puerto La Cruz, Venezuela. Universidad de Oriente. 2009. 103 p.
- García, I. (2003). Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (*Mangifera indica* L.) y su incorporación en galletas. Disertación (Ingeniero en Alimentos) – Facultad de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca. 50p.
- Grigelmo-Miguel, N; Shela, G., Martín-Belloso, O. (1999). Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food chemistry* 65, 175-181.
- Jibaja, L. (2014). Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de harina de cáscara de mango, *mangifera indica*, variedad “criollo”. *cientifi-k* 2(1): 62-69.
- López, L., Carlos L. (2002). Obtención y caracterización de harina de mango (*mangifera indica*) utilizando secado convencional y secado solar. Disertación (Ingeniero Agroindustrial) – Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa (UNS), Nuevo Chimbote. 138p.
- Marchan R., Zevallos, R. (2008). Optimización de la formulación de un pan de molde enriquecido con: *Coca* (*Erythroxylum*), Camote (*Ipomoea batata*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Disertación (Ingeniero Agroindustrial) – Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa (UNS), Nuevo Chimbote. 133p.
- Olivera, E. (2012). Evaluación de subproducto obtenido en la elaboración de jugos de mango y guayaba como fuente de fibra antioxidante. Disertación (Maestro en Ciencia y Tecnología de los Alimentos) – Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Disponible en: <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/443/1/RI000081.pdf>
- Pineda, S. (2013). Utilización de la harina de malanga (*xanthosoma sagittifolium*) en la obtención de productos de panificación. Disertación (Ingeniero en Alimentos) – Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5042/1/53961\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5042/1/53961_1.pdf)
- Ribeiro, S., Barbosa, L., Queiroz, J., Knodler, M., Schieber, A. (2008). *Los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de variedades de mango brasileño* (*Mangifera indica* L.) *Food Chemistry* 110(3), 620-626.
- Serna-Cock, L., Torres-León, C., Ayala-Aponte, A. (2014). Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales. *Información tecnológica*. Colombia. Vol.26(2),41-50.
- Slavin J. D. (2000). Mechanisms for the impact of whole grain foods on cancer risk. *JAm Coll Nutr.* 19 (3): 3005-3085.
- Zapata, K., Cortes, F., Rojano, B. (2013). Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto de Guayaba Agria (*Psidium araca*). *Información Tecnológica* Vol. 24(5), 103-112.