

Formulation of a functional cranberry drink (*Vaccinium myrtillus*), purple corn (*Zea mays L*) and moringa (*Moringa oleifera*)

Wilson Daniel Simpalo-Lopez, Doctor en Ingeniería Agroindustrial¹, Williams Esteward Castillo-Martinez, Doctor en Ingeniería Agroindustrial², Walter Bernardo Símpalo López, Ingeniero Agroindustrial³, Lourdes Jossefyne Esquivel Paredes, Maestro en Gerencia de Industrias Agropecuarias y Pesqueras⁴, Guillermo Segundo Miñan-Olivos, Magister en Gestión Pública⁵, Jairo Alejandro Cordova Reyes, Maestro en Docencia Universitaria⁶, Yesmi Andrea Lujan Mendoza, Ingeniera Industrial⁷

^{1,2,4,6,7}Universidad Cesar Vallejo, Perú, wsimpalo@ucv.edu.pe, wcastillom@ucv.edu.pe, lesquivel@ucv.edu.pe,

jcordovar@ucv.edu.pe, yjuanme27@ucvvirtual.edu.pe

³Universidad Señor de Sipán, Perú, wsimpalo@uss.edu.pe

⁵Universidad de Ciencias y Humanidades, gminan@uch.edu.pe

Abstract: *The central purpose of this research was to develop an innovative functional drink by combining blueberry pulp (PA), soluble purple corn extract (EM) and moringa infusion (IM). To achieve this objective, an experimental design of simplex mixtures with centroid was applied that comprised 10 treatments with specific variations: 40-45% PA, 30-35% EM and 25-30% IM. The evaluation focused on three dependent variables: the sensory dimension related to flavor, the total phenol content and the antioxidant capacity. From the results obtained, it was shown that the preference according to the flavor attribute was greater when the percentage of PA increased and decreased when the percentage of ME was increased. Regarding the content of total phenols and antioxidant capacity, an increase was noted when the percentage of PA increased. After analyzing the results, an optimal formulation was identified that maximizes the response variables. This optimal formulation consists of 45% PA, 30% EM and 25% IM. The predicted results for the optimal formulation at the level of sensory acceptance were 8.72 points, 371.25 mg GAE/100 g of total phenols and 49.26 μmoles TE/mg of antioxidant capacity.*

Keywords: *Blueberry, Purple Corn, Moringa, functional drink.*

Formulación de una bebida funcional de arándano (*Vaccinium myrtillus*), maíz morado (*Zea mays L*) y moringa (*Moringa oleífera*)

Wilson Daniel Simpalo-Lopez, Doctor en Ingeniería Agroindustrial¹, Williams Esteward Castillo-Martinez, Doctor en Ingeniería Agroindustrial², Walter Bernardo Símpalo López, Ingeniero Agroindustrial³, Lourdes Jossefyne Esquivel Paredes, Maestro en Gerencia de Industrias Agropecuarias y Pesqueras⁴, Guillermo Segundo Miñan-Olivos, Magister en Gestión Pública⁵, Jairo Alejandro Cordova Reyes, Maestro en Docencia Universitaria⁶, Yesmi Andrea Lujan Mendoza, Ingeniera Industrial⁷

^{1,2,4,6,7}Universidad Cesar Vallejo, Perú, wsimpalo@ucv.edu.pe, wcastillom@ucv.edu.pe, lesquivel@ucv.edu.pe, jcordovar@ucv.edu.pe, ylujanme27@ucvvirtual.edu.pe

³Universidad Señor de Sipán, Perú, wsimpalo@uss.edu.pe

⁵Universidad de Ciencias y Humanidades, gminan@uch.edu.pe

Resumen– El propósito central de esta investigación fue desarrollar una bebida funcional innovadora mediante la combinación de pulpa de arándanos (PA), extracto soluble de maíz morado (EM) e infusión de moringa (IM). Para alcanzar este objetivo, se aplicó un diseño experimental de mezclas simplex con centroide que comprendió 10 tratamientos con variaciones específicas: 40-45% de PA, 30-35% de EM y 25-30% de IM. La evaluación se centró en tres variables dependientes: la dimensión sensorial relacionada con el sabor, el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante. De los resultados obtenidos se demostró que la preferencia según el atributo de sabor fue mayor al incrementar el porcentaje de PA y disminuyó cuando se incrementó el porcentaje de EM. Con respecto al contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante, se notó un incremento cuando se acrecentó el porcentaje de PA. Tras el análisis de los resultados, se identificó una formulación óptima que maximiza las variables respuesta, esta formulación óptima consiste en 45% de PA, 30% de EM y 25% de IM. Los resultados predichos para la formulación óptima a nivel de aceptación sensorial fue de 8.72 puntos, 371.25 mg GAE/100 g de fenoles totales y 49.26 μ moles TE/mg de capacidad antioxidante.

Palabras clave-- Arándano, Maíz Morado, Moringa, bebida funcional.

I. INTRODUCCIÓN

En la naturaleza existen diversos alimentos que tienen propiedades nutricionales y funcionales para beneficio de las personas. Los alimentos funcionales son aquellos alimentos naturales o procesados en la industria que, al ser consumidos regularmente como parte de una dieta variada en cantidades adecuadas, pueden tener impactos positivos potenciales para la salud más allá de su valor nutricional básico [1]. Estos alimentos conllevan beneficios adicionales como aumentar la presencia de sustancias promotoras de la salud, y disminuir componentes no deseados [2]. Las frutas y verduras en sí mismas pueden considerarse alimentos funcionales, ya que contienen cantidades significativas de compuestos bioactivos que ayudan a prevenir diversas actividades fisiológicas perjudiciales, incluyendo enfermedades metabólicas y cardiovasculares [3]. El desarrollo y consumo de bebidas funcionales a partir de frutas y verduras ha aumentado en los

últimos años principalmente debido a la importancia consciente de mantener una buena salud [4]. En ese sentido, los investigadores de la ciencia de los alimentos han investigado la evidencia científica de los componentes biológicamente activos de origen vegetal para mejorar el bienestar físico y mental de los consumidores [1].

Existen diversas investigaciones referentes al estudio, caracterización y desarrollo de productos empleando materias primas con características funcionales, la importancia de estos productos es ofrecer al consumidor alimentos con determinadas propiedades beneficiosas, que permitan prevenir distintas anomalías en el cuerpo además de poseer propiedades nutritivas [5]. El consumir alimentos funcionales como aquellos ricos en antioxidantes tienen un impacto beneficioso sobre algunas enfermedades crónicas degenerativas que suceden en el cuerpo [6]; estos compuestos antioxidantes permiten reducir los radicales libres que se forman en el cuerpo debido a varios factores como la mala alimentación, la exposición a la contaminación ambiental, el consumo de medicamentos, drogas entre otros.

Los arándanos son ricos en compuestos fenólicos como flavonoides, antocianinas, con alta capacidad antioxidante, lo que permite combatir el estrés oxidativo originado por componentes reactivos del oxígeno que son causante de la oxidación celular [7], además la ingesta de estos frutos se ha relacionado con sus beneficios en la prevención de cáncer y otras enfermedades degenerativas, su efecto como protector cardiovascular es también importante [8]. Todos los beneficios antes mencionados hacen del arándano y sus derivados un alimento funcional con gran potencial siendo necesario fomentar su consumo.

Otro alimento que tiene propiedades funcionales es el maíz morado, principalmente por su elevado contenido de antocianinas, que le da el color morado característico, existen estudios que han demostrado diversas actividades biológicas de las antocianinas, como anticancerígenas, antioxidantes, antiinflamatorias, antimutagénicas, etc [9], su consumo podría ayudar también a disminuir los niveles elevados de presión sanguínea [10]. El maíz morado ha sido recientemente

denominado como “superalimento”, por su alto contenido en polifenoles, con potenciales beneficios para la salud [11]. El maíz morado es una rica fuente de ácidos fenólicos, carotenoides, flavonoides, almidón resistente, fibra dietética, vitaminas (A, B, E y K), minerales (magnesio, fósforo y potasio) y fitoesteroles [12]. Este cultivo es originario de la región andina del Perú, sin embargo, hoy en día es muy conocido a nivel mundial [13].

La moringa es una planta que ha sido sometida a algunos estudios demostrándose la presencia de compuestos con propiedades antioxidantes, anticancerígenas, analgésicas, antimicrobianas, cardiovasculares, neuroprotectoras, etc; estas propiedades beneficiosas para la salud están asociadas a la presencia de glucosinolatos y/o flavonoides que contiene este vegetal [14]. Esta planta es una hierba aromática de un agradable aroma similar al limón, es reconocida por los grandes beneficios que aporta al sistema inmune cuando son consumidas como infusiones [15]. Es por ello que las personas suelen consumirla con frecuencia debido a su característica funcional como actividad antioxidante y diversas propiedades hepaprotectoras presentes en la moringa oleífera, así también, sobre los usos dados comúnmente en la medicina popular, ayudando al manejo del estrés, ansiedad y depresión [16].

La presente investigación tuvo como finalidad formular una bebida funcional empleando materias primas con alto contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante a base de arándano, extracto de maíz morado y extracto de moringa, dicha bebida fue evaluada organoléptica y fitoquímicamente para determinar una formulación óptima, que maximice el contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y sabor.

II. MÉTODOS

2.1. Acondicionamiento de las materias primas

Las materias primas procedieron de la región Ancash-Perú. Los arándanos fueron recepcionados, lavados, desinfectados, licuados, filtrados hasta obtener una pulpa refinada. El maíz morado fue recepcionado, lavado, desinfectado, cocido, filtrado hasta obtener un extracto soluble. Las hojas de moringa fueron recepcionadas, lavadas, sometidas a tratamiento térmico con agua, filtrado, hasta obtener una infusión de moringa. Dichas materias primas se muestran en la Figura 1, 2 y 3.



Figura. 1. Hojas de moringa.



Figura. 2. Maíz morado.



Figura. 3. Arándanos.

2.2. Preparación de la bebida funcional

Después de obtener la pulpa de arándanos (PA), el extracto de maíz morado (EM) y la infusión de moringa (IM), se mezclaron de 40 a 45% de PA con 30 a 35% de EM y 25 a 30% de IM, obteniéndose un concentrado (C), dicho concentrado fue mezclado con agua tratada en una proporción 1: 3 (concentrado: agua). Esta nueva mezcla fue estandarizada a 12° Brix, pH de 3,6 a 3.8. adicionándole 0.12%, 0.02% y 0.1% de carboximetilcelulosa, sorbato de potasio y ácido cítrico respectivamente. Esta mezcla homogenizada fue pasteurizada a 90 °C x 1min, para luego ser envasada en envases de vidrio de 300 ml de capacidad y enfriada a una temperatura de 25°C. En la Figura 1, se muestra el proceso de elaboración de la bebida funcional.

2.3. Análisis fitoquímicos

Para la determinación del contenido de fenoles totales se realizó mediante el procedimiento de Folin-Ciocalteu y los resultados se expresaron en mg equivalente de ácido gálico

por 100g de muestra (mg GAE/100 g) y la capacidad antioxidante mediante el método de capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) estos resultados se expresaron en micro moles de Trolox por mg de muestra ($\mu\text{moles TE/mg}$). Estos análisis se realizaron siguiendo la metodología empleada por Paucar-Menacho et al. (2022).

2.4. Análisis sensorial

La evaluación del sabor se hizo mediante 20 panelistas, empleando una escala no estructurada del 0 a 10, donde 0 indica me disgusta mucho y 10 indica me agrada mucho. Cada panelista degusto cada una de las diez formulaciones según diseño experimental. El análisis sensorial se realizó en el laboratorio de procesos industriales de la Universidad Cesar Vallejo (Perú). Se instruyó a los participantes para que bebieran agua entre muestras para minimizar los efectos residuales.

2.5. Análisis estadístico

Para la evaluación estadística se empleó un diseño experimental de mezclas simplex con centroide con diez formulaciones de bebidas funcionales; siendo las variables independientes % de PA, % de EM y % IM y como variables dependientes el sabor, fenoles totales (mg GAE/100 g) y capacidad antioxidante ($\mu\text{moles TE/mg}$), estos análisis fueron realizados por triplicado, los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar. Se realizó un análisis de varianza y una prueba de múltiples rangos (Bonferroni) a los resultados. Los modelos de regresión para los fenoles totales, la capacidad antioxidante y el sabor se generaron utilizando el software Statistica v.9.0. Se realizó el ANOVA de los modelos de regresión para elegir el modelo más significativo ($p \leq 0.05$) y el de mejor ajuste (R^2). Se utilizaron superficies de respuesta y metodología de deseabilidad para identificar la formulación óptima de la bebida funcional.

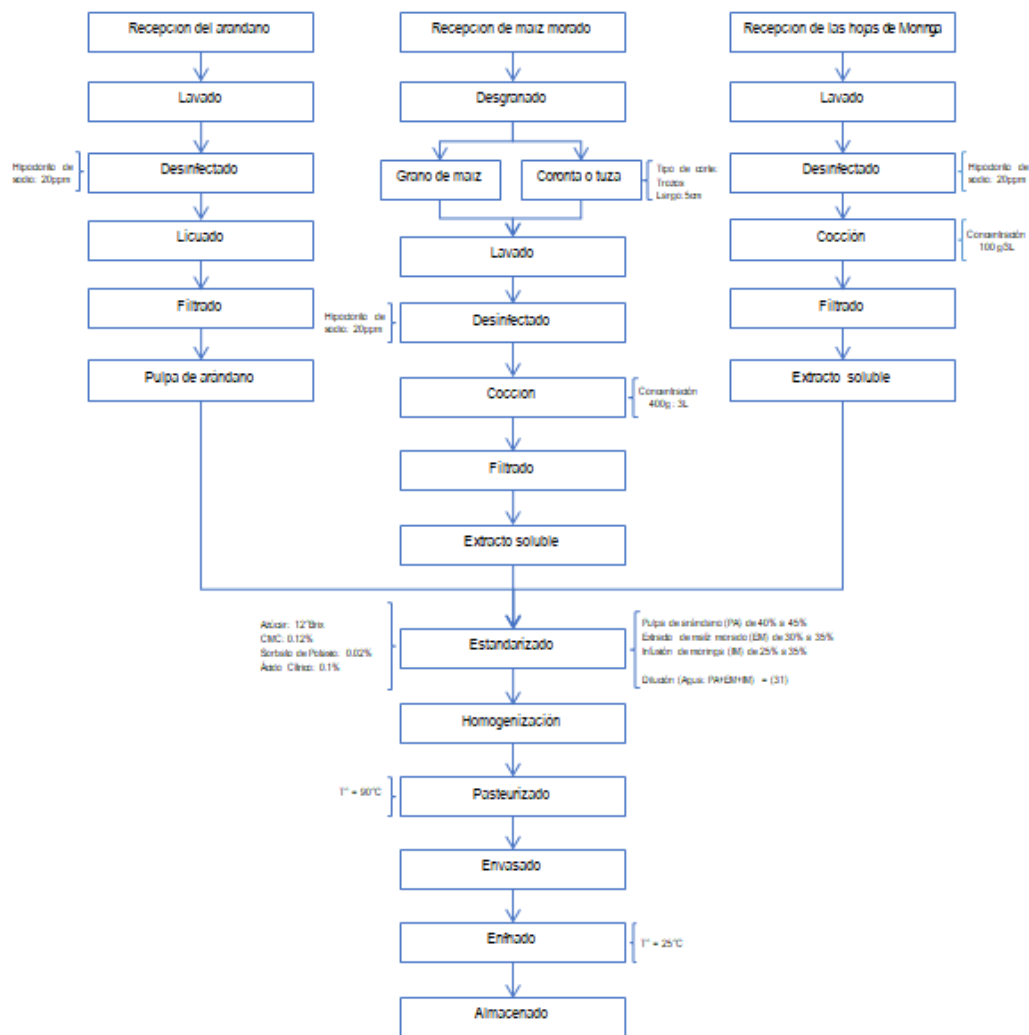


Figura. 4 Diagrama bloques para la elaboración de una bebida funcional

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Con respecto al análisis fisicoquímico de las materias primas, el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante del Arándano Biloxi (*Vaccinium myrtillus*) empleado en esta investigación fue de 218 ± 11.3 mg GAE/100g de fruto fresco y 73.3 ± 6.1 $\mu\text{mol TE/g}$ de fruto fresco respectivamente; con respecto al contenido de fenoles totales otra investigación reportó valores de 307 a 597 mg de ácido gálico/100g para fruto fresco de arándanos de la misma variedad [17], siendo estos valores mayores a los reportados en esta investigación, esto posiblemente a la variación de las zonas donde fueron cultivados.

Con respecto al contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de arándano (*Vaccinium padifolium Sm*) nativo de Europa (Portugal) una investigación reportó un valor de 755.4 mg GAE/100g y $4366.5 \mu\text{mol TE/g}$ de fruto fresco respectivamente [18], siendo estos valores también mayores al encontrado en esta investigación. Se han evaluado otras especies de arándanos como, la *Vaccinium corymbosum* presentando un contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de 296.9 mg GAE/100g y $287.5 \mu\text{mol TE/g}$ respectivamente y también la variedad *Vaccinium oxycoccus* presentando valores de 819.5 GAE/100g y $98.8 \mu\text{mol TE/g}$ de fenoles totales y capacidad antioxidante respectivamente [19]; es notorio la diferencia de estos compuestos en cada una de las especies.

Con respecto al maíz morado empleado en esta investigación presentó un contenido de compuestos fenólicos de 313.52 ± 6.22 mg GAE/100 g en base seca (b.s). Otra investigación reportó un valor de 295.98 ± 3.42 mg GAE/100 g b.s [20], siendo menor a los valores reportados en esta investigación. Por otro lado, otros investigadores reportaron un contenido de compuestos fenoles totales de 343.2 ± 6.8 mg GAE/100 g b.s [21], siendo mayor al reportado en esta investigación; esto debido posiblemente a la diferencia de la procedencia de los cultivos. Existen otros tipos de maíces que presentan diferente nivel de contenido de compuestos fenólicos totales como 170.2 ± 4.5 mg GAE/100 g b.s y 465.3 ± 5.7 mg GAE/100 g b.s, para el maíz blanco y rojo respectivamente [21]. Con respecto a la capacidad antioxidante del maíz morado en esta investigación fue de $1440.3 \pm 41.1 \mu\text{mol TE/g}$ b.s, dicho valor se encuentra en el rango reportado por otros investigadores, quienes evaluaron diferentes genotipos de maíz morado encontrando valores de 968.6 a $15,178.1 \mu\text{mol TE/100 g}$ [22].

Otra materia prima empleada en esta investigación fue la hoja de moringa encontrándose valores de fenoles totales de 17.72 ± 1.46 mg GAE /g bs, este valor se encuentra dentro del rango de los resultados indicados por otro investigador quien encontró valores de $10,554 \pm 0,410$ mg GAE /g bs a $24,468 \pm 0,315$ mg GAE/g bs al evaluar diferentes métodos de extracción de dicho compuesto [23]. Al evaluar el contenido de fenoles totales en la semilla de moringa germinada bajo diferentes condiciones encontrando valores de 33.9 ± 3.6 mg GAE/100 g b.s a 291.2 ± 19.9 mg GAE/100 g b.s, siendo estos

valores menores al encontrados en las hojas de esta misma planta [24]. Con respecto a la capacidad antioxidante de la hoja de moringa, evaluada en esta investigación, fue de $48,904 \pm 4,710 \mu\text{mol TE/g}$ bs, este valor se encuentra dentro del rango de los resultados presentado en otra investigación los cuales fueron $34,633 \pm 2,785 \mu\text{mol TE/g}$ bs a $108,904 \pm 3,130 \mu\text{mol TE/g}$ cuando evaluó diferentes métodos de determinación de dicho compuesto [23].

Después de realizado el análisis fisicoquímico de las materias primas empleadas en la elaboración de la bebida funcional, estas fueron recepcionadas, lavadas, desinfectadas y acondicionadas. En la figura N°5 se muestra las 10 formulaciones de la bebida funcional elaboradas. De los 10 tratamientos estudiados se procedió a hacer el análisis organoléptico de sabor, así como los análisis fitoquímicos fenoles totales y capacidad antioxidante. Los resultados se muestran en la Tabla N°1.



Figura 5. Formulaciones de la bebida funcional

TABLE I
ANÁLISIS SENSORIAL (SABOR), CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES
TOTALES PARA DIFERENTES FORMULACIONES DE LA BEBIDA FUNCIONAL

N°	Variables Independientes			Variables Dependientes		
	P.A (%)	E.M (%)	IM (%)	Sabor	TPC (mg GAE/100 g)	ORAC ($\mu\text{moles TE/g}$)
1	45	30	25	8.61±0.88 a	370.04±5.42c	50.31±1.39 c
2	40	35	25	8.45±1.18 a	318.39±12.17a	39.25±1.64 a
3	40	30	30	7.90±0.93 a	314.23±4.05 a	43.35±1.51abc
4	43	33	25	8.66±1.00 a	328.43±4.20ab	49.20±2.11 c
5	43	30	28	8.40±0.94 a	370.27±6.12 c	44.48±1.17abc
6	40	33	28	7.73±0.93 a	339.80±3.32 b	39.83±2.53 a
7	42	32	27	8.34±0.79 a	385.40±3.48 c	40.83±1.60 ab
8	45	30	25	8.63±0.99 a	372.46±3.64 c	47.64±2.78 bc
9	40	35	25	7.82±1.02 a	321.23±3.24ab	43.02±2.68abc
10	40	30	30	7.94±1.05 a	330.15±4.53ab	41.25±1.07 ab

Los datos son promedio \pm desviación estándar de tres repeticiones. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas entre diferentes formulaciones (ANOVA, prueba post hoc de Bonferroni, $p \leq 0,05$). Abreviaturas: PA, pulpa de arándano; EM, extracto de maíz morado; IM, infusión de moringa; GAE, equivalentes de ácido gálico; ORAC, capacidad de absorción de radicales de oxígeno; TPC, compuestos fenólicos totales; TE, equivalentes de Trolox.

El análisis estadístico de los resultados permitió determinar la significancia ($p < 0.05$) de los modelos matemáticos que describen el comportamiento de cada variable dependiente (sabor, TPC y ORAC) para un nivel de confianza del 95%. En la tabla N°2 se muestra los modelos de regresión ajustados de los datos experimentales de las variables dependientes. Solo se incluyen los modelos significativos. Se realizó un ANOVA para confirmar la confianza de la predicción. Se obtuvieron modelos lineales y cuadráticos. Se aceptaron modelos significativos al nivel del 5% con un coeficiente de determinación (R^2) igual o superior a 0,7 con fines predictivos [25].

TABLA 2

MODELOS DE REGRESIÓN PREDICTIVOS QUE DESCRIBEN LAS RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES DEPENDIENTES Y LAS INDEPENDIENTES.

Variables Dependientes	Modelos Matemáticos	R2
Sabor	$y = 8.72PA + 8.14EM + 7.89IM$	0.70
TPC (mg GAE/100 g)	$y = 371.25PA + 319.81EM + 322.19IM - 68.40PA \times EM + 94.20PA \times IM + 75.20EM \times IM + 983.55PA \times EM \times IM$	0.98
ORAC (μ moles TE/g)	$y = 49.26PA + 41.25EM + 41.24IM$	0.70

Abreviaturas: % Pulpa de arándano (PA), % extracto de maíz morado (EM) y % infusión de moringa (IM)

La Tabla N°1 muestra el nivel de aceptación de sabor, contenido de TPC y ORAC para las diferentes formulaciones la de bebida funcional. Las propiedades sensoriales como el sabor son un requisito crucial en el desarrollo de alimentos. Por estas razones, todas las formulaciones experimentales fueron sometidas a un análisis sensorial (sabor); según una escala no estructurada de 10 puntos, las puntuaciones de aceptabilidad del sabor variaron entre 7.73 ± 0.93 y 8.66 ± 1.00 , todas las formulaciones estudiadas fueron aceptadas respecto a este atributo, no encontrándose diferencia estadística significativa entre las diez formulaciones. La figura N°6, muestra una mayor calificación por parte de los panelistas cuando la bebida funcional es elaborada con mayor porcentaje de pulpa de arándanos y disminuye el nivel de aceptación cuando aumenta el porcentaje de extracto de maíz morado. En términos numéricos de las 10 formulaciones analizadas la que tuvo mayor puntaje fue la formulación 8 con 8.63 ± 0.99 puntos cuya formulación fue 45% de PA, 30% de EM y 25% de IM. Las bebidas que contienen frutas generalmente tienen una buena aceptabilidad puesto que los azúcares que contienen son uno de los componentes más importantes de estos productos, los cuales son esenciales para el sabor, además actúan como conservante natural de los alimentos [26]. En la figura 7, se presenta el gráfico de Pareto, mostrando solo la significancia del parámetro lineal % PA sobre el modelo matemático.

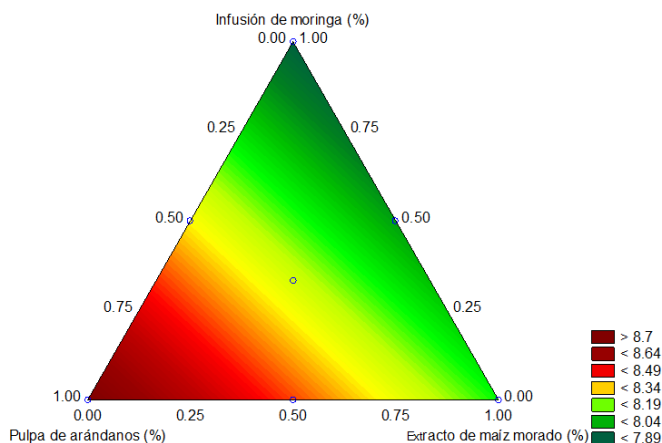


Figura.6 Superficie de contorno para el atributo "Sabor".

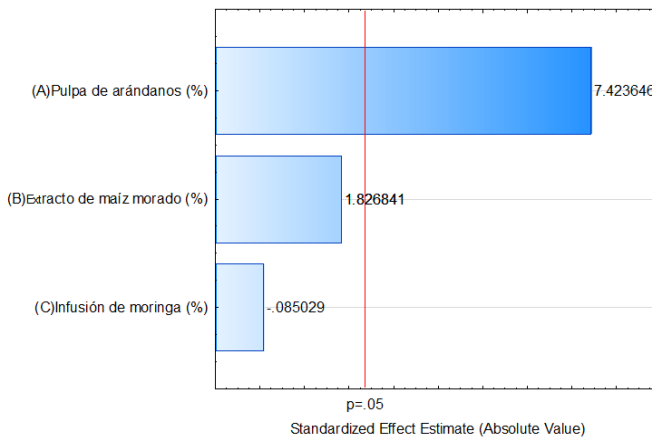


Figura. 7: Gráfico de Pareto de la significancia de los parámetros lineales para el atributo sabor.

Con respecto al TPC se determinaron valores entre 314.23 ± 4.05 mg GAE/100 g y 385.40 ± 3.4 mg GAE/100 g, según la prueba de múltiples rangos se encontró diferencia significativa entre las diferentes formulaciones, las formulaciones que presentaron mayor contenido de TPC y fueron similares estadísticamente son la formulación 1, 5, 7 y 8 con 370.04 ± 5.42 , 370.27 ± 6.12 , 385.40 ± 3.48 y 372.46 ± 3.64 mg GAE/100 g respectivamente. En la figura N°8 se muestra el comportamiento de la concentración de fenoles totales respecto a la variación porcentual de la PA, EM y IM. De las bebidas evaluadas la que presentó una mayor concentración de fenoles totales fue la formulación 7 con 42% de PA, 32% de EM y 27% de IM; la zona roja del gráfico nos muestra una mayor concentración de fenoles totales en la bebida, notándose una tendencia de mayor concentración de este

compuesto cuando hay un mayor porcentaje de PA. En la figura 09, se presenta el gráfico de Pareto, mostrando la significancia tanto para los parámetros lineales, cuadráticos y cúbicos sobre el modelo.

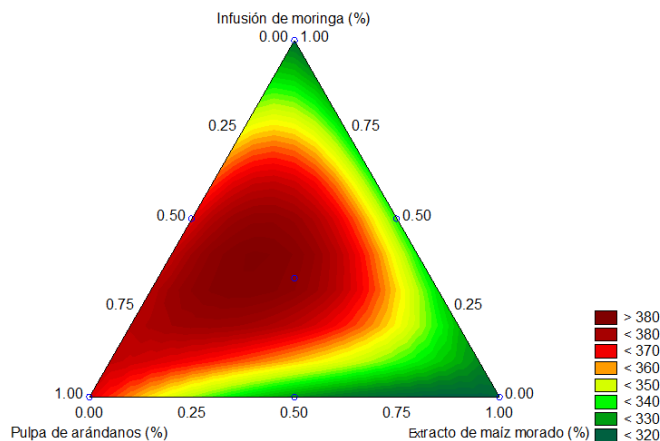


Figura.8 Superficie de contorno para Fenoles totales (mg GAE/100 g)

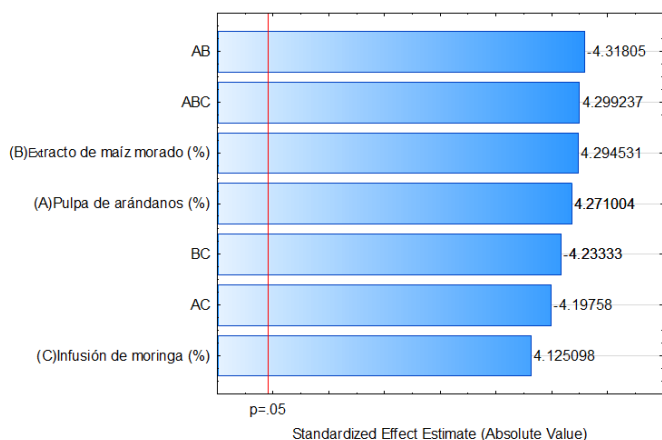


Figura. 9 Gráfico de Pareto de la significancia de los parámetros lineales, cuadráticos y cúbicos respecto al contenido de Fenoles Totales.

El análisis de ORAC de las diez formulaciones presentó valores entre 39.25 ± 1.64 y 50.31 ± 1.39 $\mu\text{moles TE/g.}$, los resultados presentaron diferencia estadística significativa, siendo las formulaciones 1 y 4 similares estadísticamente con valores de 50.31 ± 1.39 y 49.20 ± 2.11 $\mu\text{moles TE/g}$ respectivamente. En la figura N°10 se muestra la capacidad antioxidante en función a la variación porcentual de la PA, EM y IM, en esta figura se muestra que cuando se incrementa el porcentaje de pulpa de arándano incrementa la capacidad antioxidante, esto se puede apreciar en la zona roja del gráfico por el contrario cuando los niveles de los tres ingredientes son similares (zona amarilla) se nota una disminución de la capacidad antioxidante de la bebida. En la figura 11, se presenta el gráfico de Pareto, mostrando solo la significancia del parámetro lineal % PA sobre el modelo.

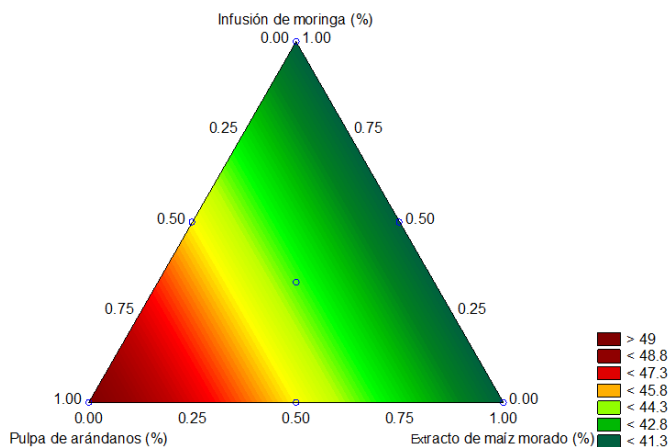


Figura. 10 Superficie de contorno para la capacidad antioxidante ORAC ($\mu\text{moles TE/g.}$)

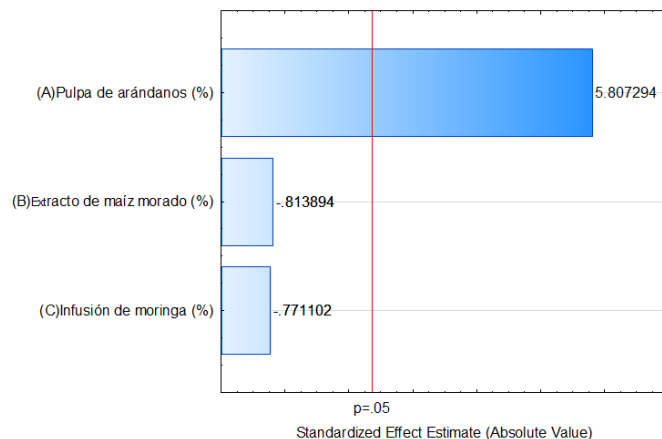


Figura. 11 Gráfico de Pareto de la significancia de los parámetros lineales para la Capacidad antioxidante.

En una investigación donde se determinó compuestos bioactivos y análisis sensorial de una bebida funcional de maíz morado y estevia esta presentó una actividad antioxidante de $31,01 \mu\text{mol TE./g}$ y compuestos fenólicos de entre 183 a 200 mg GAE/100g [27], valores por debajo de lo reportado en esta investigación, esto posiblemente a que además del maíz morado también se incorporaron otros ingredientes como pulpa de arándanos e infusión de moringa que también aportan capacidad antioxidante en proporciones distintas. En otro estudio de una bebida a base de maíz morado (*zecamays*) se evaluó los compuestos bioactivos y el efecto antioxidante en un modelo in vivo, los resultados fueron 19.915 ± 14.57 mg GAE/100g, de fenoles totales [28], cantidad menor que la reportada en esta investigación debido que las diluciones con agua empleada en la elaboración de las bebidas son diferentes,

lo que hace que haya una variación significativa del contenido de fenoles totales. Por otra parte, en la investigación denominada “Mejora y caracterización de una bebida funcional a base de arándanos (*vaccinium subg. oxycoccus*) para deportistas post entrenamiento” [29], se determinó el contenido de fenoles totales para una bebida elaborada con extracto de hoja de arándano y una bebida elaborada con arándano fresco obteniéndose 145.683 mg GAE/100g y 16.180 mg GAE/100g respectivamente. Estos valores son menores a los reportados en la presente investigación debido a la influencia de las otras materias primas y a la diferente dilución en la elaboración de la bebida.

Otra investigación denominada “Efecto de la concentración de extracto de hojas de Moringa (*Moringa oleifera*) y Chía (*Salvia hispánica L.*) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida funcional” [30], reportó valores de fenoles totales de 26.92 a 36.38 mg GAE/100 g. En otro estudio se determinó taninos y fenoles como compuestos fenólicos en la bebida de maracuyá con extracto de moringa, proporción 1:8 (jugo maracuyá: extracto de hojas de moringa), el contenido de compuestos fenólicos totales fue de 13.95 mg GAE/100 mL [31]. En otra investigación se determinó valores de 24.3 a 29.2 mg GAE/100 mL en infusión de hojas de moringa sola [32]. Estos valores fueron menores a los reportados en la presente investigación debido posiblemente al empleo de otras materias primas como arándanos y maíz morado que contienen alta concentración de compuestos fenólicos lo que se ve reflejado en el contenido de fenoles totales en la bebida funcional, además la dilución empleada en la presente investigación fue menor.

Con los valores obtenidos en la tabla N°1 y tomando como objetivo la maximización de las variables dependientes se procedió a realizar una optimización de múltiples respuestas, así como la determinación de los valores predichos de las variables sabor, fenoles totales y capacidad antioxidante, cuyos resultados se muestran en la tabla N°3.

TABLA 3
FORMULACIÓN ÓPTIMA Y VALORES PREDICHOS DE SABOR, FENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE PARA LA BEBIDA FUNCIONAL.

Formulación óptima	Variables respuesta	Valores predichos
45% de PA, 30% de EM y 25% de IM	Sabor (Und.)	8.73
	TPC (mg GAE/100g)	376.22
	ORAC (µmoles TE/g)	49.08

De acuerdo con los resultados obtenidos es posible maximizar el contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante, y preferencia por sabor para una bebida funcional a base de maíz morado, arándanos y moringa. Es necesario señalar que el consumo de ese tipo de productos es importante ya que los

compuestos bioactivos como los fenoles totales con alta capacidad antioxidante, puede retrasar o prevenir muchas enfermedades [33]. Muchas investigaciones en todo el mundo recomiendan el consumo diario de una variedad de frutas y verduras, ya que tienen cantidades significativas de compuestos bioactivos, especialmente vitaminas, minerales y fibra [34]. Además, se ha demostrado que los compuestos fenólicos reducen los niveles prandiales de glucosa e insulina y aumentan la capacidad antioxidante en los seres humanos [35]. Para ayudar a ingerir cantidades adecuadas de frutas y verduras, los jugos son una alternativa práctica [36], necesarias ya que las bebidas funcionales a base de frutas son muy buenas fuentes de valiosos nutrientes como vitaminas esenciales (especialmente vitaminas hidrosolubles), minerales, fibras dietéticas, lípidos, proteínas y compuestos bioactivos, así como buenas fuentes de carbohidratos [37].

V. CONCLUSIONES

La proporción óptima de pulpa de arándano, extracto de maíz morado e infusión de moringa empleada para elaborar una bebida funcional es de 45%, 30% y 25% respectivamente con la finalidad de obtener la mayor aceptabilidad organoléptica (sabor) así como maximizar la concentración de fenoles totales y capacidad antioxidante.

REFERENCIAS

- [1] Ruiz, L. G., Zamora V. M., Pescuma, M., Nieuwenhove, C. V., Mozzi, F., Sánchez, J.A. (2021). “Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages”. Food Research International, Volume 140, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854>.
- [2] Jiménez-Moreno, N., Esparza, I., Bimbela, F., Gandía, L. M., & Ancín-Azpilicueta, C. (2020). Valorization of selected fruit and vegetable wastes as bioactive compounds: Opportunities and challenges. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 50 (20), 2061-2108
- [3] Peng, M., Tabashsum, Z., Anderson, M., Truong, A., Houser, A. K., Padilla, J., Akmel, A., Bhatti, J., Rahaman, S. O., & Biswas, D. (2020). Effectiveness of probiotics, prebiotics, and prebiotic-like components in common functional foods. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.
- [4] Routray, W., & Orsat, V. (2019). Agricultural and Food Industry By-Products: Source of Bioactive Components for Functional Beverages. In A. M. Grumezescu & A. M.

- Holban (Eds.), *Nutrients in Beverages* (Vol. 12, pp. 543-589): Academic Press.
- [5] Romero, B. (2019). Formulación de una bebida funcional a partir de extracto de *Equisetum arvense* “Cola de caballo” y *Zea mays* L. “Maíz morado” edulcorado con *Stevia rebaudiana* Bertoni “Estevia” [tesis de maestría]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2971/ROMERO%20CHUQUIYAURI%20BRENDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] Fernández, F. (2018). Formulación de una bebida funcional a base de *Beta vulgaris* L. y *Equisetum arvense* L. para su evaluación de la capacidad antioxidante y polifenoles totales [tesis de doctorado]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/1432/Tesis%20Doctorado-%20Fredesvindo%20Fernandez%20Herrera%2020OK.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] Munitz, M. (2013). Arándanos: Micoflora contaminante, micotoxinas, residuos de fungicidas y cinéticas de degradación. (Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires).
- [8] Navindra, P. (2010). Recent trends and advances in berry health benefits. *Research Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 58, pp. 3869-3870.
- [9] Lao, F., Sigurdson, G. T., & Giusti, M. M. (2017). Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (2), 234–246.
- [10] Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo – PromPerú. (2018). Super Food Perú. Recuperado de: <https://peru.info/espe/superfoods/detalle/super-maiz-morado>
- [11] Lee, T. H., Lee, C. H., Wong, S., Ong, P. Y., Hamdan, N., & Azmi, N. A. (2021). UPLC - orbitrap-MS/MS based characterization of phytochemical compounds from Malaysia purple corn (*Zea mays*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 32, Article 101922.
- [12] Siyuan, S., Tong, L., & Liu, R. (2018). Corn phytochemicals and their health benefits. *Food Science and Human Wellness*, 7(3), 185–195.
- [13] Zhao, X., Corrales, M., Zhang, C., Hu, X., Ma, Y., & Tauscher, B. (2008). Composition and thermal stability of anthocyanins from Chinese purple corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10761–10766.
- [14] Makita, C., Chimuka, L., Steenkamp, P., Cukrowska, E., Madala E. (2016) Análisis comparativos del contenido de flavonoides en *Moringa oleifera* y *Moringa ovalifolia* con la ayuda de huellas dactilares UHPLC-qTOF-MS, págs. 116 – 122.
- [15] Álvarez-Rosales, J., Gaytán-Mares, D., Sosa-Morales, M., Baltazar-Vera, J. y Cerón-García, A. (2019). Estimación de biocomponentes, color y pH en extractos etanólicos de tallos y hojas de cedrón (*Aloysia citrodora*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos Estimación*. 4(1), pp. 352-358. Recuperado de: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/3/47.pdf>
- [16] Salawu, S., Ibukun, E. y Esan, I. (2018). Nutraceutical values of hot water infusions of moringa leaf (*Moringa oleifera*) and licorice root (*Glycyrrhiza glabra*) and their effects on liver biomarkers in Wistar rats. *Journal of Food Measurement and Characterization*. Vol. 13(1), pp. 602-613. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9973-3>
- [17] Arellanes-Juárez, N., Benito-Bautista, P., & Zárate-Nicolás, B.H. (2023). “Phenolic compound content in ‘Biloxi’ blueberry grown in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico, harvested in warm season”. *Acta Horticulturae* 1357 (30). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1357.30>
- [18] Figueira, J.A., Porto-Figueira, P., Pereira, J.A.M., & Cámara, J.S. (2021). “Free low-molecular weight phenolics composition and bioactivity of *Vaccinium padifolium* Sm fruits”. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110580>
- [19] Denev, P., Lojek, A., Ciz, M., & Kratchanova, M. (2013). “Antioxidant activity and polyphenol content of Bulgarian fruits”. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (1), 22–27.
- [20] Saikaew, K., Lertrat, K., Meenune, M., & Tangwongchai, R. (2017). “Effect of high-pressure processing on colour, phytochemical contents and antioxidant activities of purple waxy corn (*Zea mays* L. var. *ceratina*) kernels”. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.136>
- [21] Lopez-Martinez, L.X., Parkin, K.L., & Garcia, H.S. (2011). “Phase II-Inducing, Polyphenols Content and Antioxidant Capacity of Corn (*Zea mays* L.) from Phenotypes of White, Blue, Red and Purple Colors Processed into Masa and Tortillas”. *Plant Foods for Human Nutrition* 66 (1), 41–47. <https://doi.org/10.1007/s11130-011-0210-z>

- [22] García Reyes, E., Flores Naveda, A., Ruiz Torres, N., Camposeco Montejó, N., Ramírez Barrón, S.N., & García López, J.I. (2022). “Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de genotipos de maíz pigmentado (azul/morado)”. *Temas de Ciencia y Tecnología* 26 (77), 13–19.
- [23] García Hernández, R. (2017). Estudio sobre la capacidad antioxidante de extractos de hoja de Moringa oleifera de diferente origen geográfico. Tesis doctoral. Universidad La Coruña.
- [24] Coello Ojeda, K.E. (2022). Valorización de semillas de moringa mediante procesos germinativos y su aplicación en alimentos de alto valor nutritivo y funcional. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- [25] Candiotti, L.V.; De Zan, M.M.; Camara, M.S.; Goicoechea, H.C. (2014) Experimental design and multiple response optimization. Using the desirability function in analytical methods development. *Talanta*, Vol. 124, pp. 123–138.
- [26] Curi, P.N., Almeida, A.B.D., Tavares, B.D.S., Nunes, C.A., Pio, R., Pasqual, M., & Souza, V.R.D. (2017). “Optimization of tropical fruit juice based on sensory and nutritional characteristics”. *Journal of Food Science and Technology* 37(2), 308–314. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.00117>
- [27] Bonilla, P. E.; Quispe F.; Negrón L.; Zavaleta A. I. (2015). Compuestos bioactivos y análisis sensorial de una bebida funcional de maíz morado (*zea mays l.*) y estevia (*stevia sp.*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. ISSN 1609-9044.
- [28] Hernández, T. M. (2021). Bebida a base de maíz morado (zeamays) compuestos bioactivos y efecto antioxidante en un modelo in vivo. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León). México. }
- [29] Camelo, V. V.; López, G. M, (2021). Mejora y caracterización de una bebida funcional a base de arándanos (*vaccinium subg. oxycoccus*) para deportistas post entrenamiento. Universidad de los Andes. Colombia.
- [30] Flores, R. C. (2019). Efecto de la concentración de extracto de hojas de Moringa (*Moringa oleifera*) y Chía (*Salvia hispánica L.*) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida funcional. (Tesis de Título, Universidad Privada Antenor Arrego).
- [31] López D. (2015). Diseño y evaluación preliminar de una mezcla óptima a base de extractos de Maracuyá (*Passiflora edulis*) con Moringa (*Moringa oleifera*) para la obtención de una bebida funcional. Trabajo de Titulación para optar el título de Ingeniera en Alimentos. Machala-El Oro – Ecuador.
- [32] Coz-Bolaños, X., Campos-Vega, R., Reynoso-Camacho, R., RamosCortez, M., Loarca-Piña, G., y Guzmán-Maldonado, S. (2018). Moringa infusion (*Moringa oleifera*) rich in phenolic compounds and high antioxidant capacity attenuate nitric oxide pro-inflammatory mediator in vitro. *Industrial Crops & Products*, 118: 95-101.
- [33] Bvenura C, Sivakumar D (2017) The role of wild fruits and veg- etables in delivering a balanced and healthy diet. *Food Res Int* 99:15–30
- [34] Hyson DA (2015) A review and critical analysis of the scientific literature related to 100% fruit juice and human health. *Adv Nutr* 6:37–51. <https://doi.org/10.3945/an.114.005728>
- [35] Chang, S., Tang, H., Wu, H., Su, X., Lewis, A., & Ji, C. (2018). Three- dimensional modelling and simulation of the ice accretion process on aircraft wings. *International Journal of Astronautics and Aeronautical Engineering*, 3, 20–45. <https://doi.org/10.35840/2631-5009/7520>
- [36] Tonin FS, Steimbach LM, Wiens A, Perlin CM, Pontarolo R (2015) Impact of natural juice consumption on plasma antioxidant sta- tus: a systematic review and meta-analysis. *Molecules* 20:22146– 22156. <https://doi.org/10.3390/molecules201219834>
- [37] Nazni, P., & Mythili, A. (2013). Formulation and optimization of vitamin-C rich beverage prepared from *Ziziphus jujube*. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 2(2), 54–61.