

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

**ESTUDIO DEL EFECTO DE LA MICROENCAPSULACIÓN SOBRE
LA BIOACCESIBILIDAD GÁSTRICA *IN VITRO* DE COMPUESTOS
BIOACTIVOS DE TAXO (*PASSIFLORA MOLLISIMA*), MORA
(*RUBUS GLAUCUS BENTH*) Y MORTIÑO (*VACCINIUM
FLORIBUNDUM KUNTH*)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL**

SILVIA GABRIELA MARTÍNEZ CIFUENTES

DIRECTORA: ING. JENNY RUALES, Ph.D.

Quito, junio 2017

© Escuela Politécnica Nacional (2017)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Silvia Gabriela Martínez Cifuentes, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Silvia Gabriela Martínez Cifuentes

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Silvia Gabriela Martínez Cifuentes, bajo mi supervisión.

Ing. Jenny Ruales, Ph.D.
DIRECTORA DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A mi Directora Ingeniera Jenny Ruales, por su comprensión, paciencia y apoyo en todo el transcurso de la realización de mi proyecto de titulación.

A la Doctora Almudena García, por su guía y enseñanzas a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A mis padres, Luis y Silvia por el gran amor, esfuerzo y ayuda incondicional que realizaron en cada instante de mi vida.

A mi novio, que con su amor incondicional, comprensión y consejos a lo largo de mi vida universitaria, han aportado en la culminación de esta meta.

A mi familia, hermanos, amigos por su preocupación y apoyo en toda mi vida estudiantil.

A mis compañeras agroindustriales, tesistas y a ese gran grupo de profesionales que forman el DECAB.

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de vivir prósperamente y permitirme culminar mi carrera universitaria.

A mis padres, que con su apoyo, desvelo, preocupación y sobre todo su infinito amor, han ayudado en la culminación de una meta más en mi vida estudiantil.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	viii
INTRODUCCIÓN	x
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Compuestos bioactivos de taxo, mora y mortiño	1
1.1.1 Generalidades	1
1.1.2 Compuestos bioactivos en frutas	2
1.2. Microencapsulación	11
1.2.1. Generalidades	11
1.2.2. Aplicaciones de la microencapsulación	12
1.2.3. Descripción del proceso de microencapsulación	13
1.3. Métodos de bioaccesibilidad gástrica <i>in vitro</i>	15
1.3.1. Generalidades	15
1.3.2. Bioaccesibilidad de compuestos bioactivos	16
1.3.3. Métodos utilizados para evaluar la bioaccesibilidad	17
2. PARTE EXPERIMENTAL	21
2.1. Caracterización física y químicamente: taxo (<i>Passiflora mollisima</i>), mora (<i>Rubus glaucus</i> Benth) y mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth)	21
2.1.1. Materiales y métodos	21
2.1.2. Caracterización de la materia prima	22
2.2. Desarrollo de microencapsulados con diversos materiales mediante el método de secado por aspersión bajo condiciones establecidas	24
2.2.1. Proceso de despulpado de las frutas	24
2.2.2. Acondicionamiento para microencapsulación	24
2.2.3. Proceso de secado por aspersión	25
2.3. Evaluación de la bioaccesibilidad gástrica <i>in vitro</i> de compuestos bioactivos microencapsulados con diversos materiales	25
2.3.1. Parámetros de digestibilidad <i>in vitro</i>	25
2.3.2. Evaluación de la bioaccesibilidad gástrica <i>in vitro</i>	26
2.4. Evaluación de compuestos bioactivos con y sin microencapsulación adicionados en una bebida	28
2.4.1. Preparación de una bebida	26
2.4.2. Evaluación de compuestos bioactivos en la bebida	28
2.4.3. Evaluación de las características sensoriales	29
2.4.4. Evaluación de la aceptabilidad de la bebida con compuestos bioactivos microencapsulados	30

2.5. Evaluación económica para la obtención de un producto enriquecido con compuestos bioactivos microencapsulados	30
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1. Caracterización física y químicamente: taxo (<i>Passiflora mollisima</i>), mora (<i>Rubus glaucus</i> Benth) y mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth)	31
3.2. Desarrollo de microencapsulados con diversos materiales mediante el método de secado por aspersión bajo condiciones establecidas	32
3.3. Evaluación de la bioaccesibilidad gástrica <i>in vitro</i> de compuestos bioactivos microencapsulados con diversos materiales	35
3.3.1. Modelo de digestibilidad <i>in vitro</i>	35
3.3.2. Microencapsulados de maltodextrina (MD) y maltodextrina-goma arábica (MD-GA)	37
3.4. Evaluación de compuestos bioactivos con y sin microencapsulación adicionados en una bebida	45
3.4.1. Evaluación de las características sensoriales	48
3.4.2. Evaluación de la aceptabilidad de la bebida con compuestos bioactivos microencapsulados	56
3.5. Evaluación económica para la obtención de un producto enriquecido con compuestos bioactivos microencapsulados	60
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
4.1. Conclusiones	66
4.2. Recomendaciones	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1	Ácidos de gran interés presente en los alimentos y sus radicales respectivamente	4
Tabla 1.2	Cantidad de polifenoles y capacidad antioxidante presentes en el taxo	9
Tabla 1.3	Cantidad de compuestos fenólicos en la mora de Castilla	10
Tabla 1.4	Cantidad de compuestos fenólicos presentes en el mortiño	11
Tabla 3.1	Caracterización físico-química de taxo (<i>Passiflora mollisima</i>), mora de Castilla (<i>Rubus glaucus</i> Benth) y mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth)	32
Tabla 3.2	Rendimiento de Microencapsulados obtenidos mediante el método de secado por atomización	33
Tabla 3.3	Parámetros utilizados para evaluar los mejores resultados en el modelo de digestibilidad <i>in vitro</i>	36
Tabla 3.4	Tabla ANOVA Análisis de Varianza para Polifenoles Totales	37
Tabla 3.5	Tabla ANOVA Análisis de Varianza para Capacidad Antioxidante	38
Tabla 3.6	Resultados de la evaluación sensorial para bebida enriquecida con liofilizado de taxo y bebida enriquecida con microencapsulados de taxo	49
Tabla 3.7	Precio aproximado de los equipos considerados en el proceso de elaboración de la bebida	61
Tabla 3.8	Inversiones implicadas en la producción de una bebida con microencapsulados	63
Tabla 3.9	Costos mensuales considerados en la producción de una bebida con microencapsulados	64
Tabla 3.10	Costos operacionales mensuales para producir una bebida con microencapsulados	64
Tabla 3.11	Costo unitario y precio unitario por cada presentación de la bebida con microencapsulados	65

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1	Estructura química ácido Hidroxibenzoico (a) y del ácido Hidroxicinámicos (b)	4
Figura 1.2	Estructura elemental de los flavonoides	5
Figura 1.3	Cantidad de polifenoles y capacidad antioxidante de cada fruta	7
Figura 1.4	Taxo (<i>Passiflora mollisima</i>)	8
Figura 1.5	Mora de Castilla (<i>Rubus glaucus</i> Benth)	9
Figura 1.6	Mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth)	10
Figura 1.7	Estructura y diferenciación de microcápsulas y microesferas.	13
Figura 1.8	Secador por aspersión (Spray Process, 2009)	15
Figura 1.9	Métodos utilizados para evaluar la bioaccesibilidad de compuestos bioactivos (Carbonell-Capella et al., 2014).	17
Figura 1.10	Protocolo del método de digestión <i>in vitro</i> estandarizado	19
Figura 2.1	Diagrama del proceso de simulación <i>in vitro</i>	27
Figura 3.1	Fotografías de liofilizados y microencapsulados obtenidos de taxo con maltodextrina (MD) y maltodextrina-goma arábica (MD-GA)	34
Figura 3.2	Fotografías de liofilizados y microencapsulados obtenidos de mora de Castilla con maltodextrina (MD) y maltodextrina-goma arábica (MD-GA)	34
Figura 3.3	Fotografías de liofilizados y microencapsulados obtenidos de mortiño con maltodextrina (MD) y maltodextrina-goma arábica (MD-GA)	35
Figura 3.4	Gráficos de medias de polifenoles para cada nivel de: concentración (a), velocidad (b), y tiempo (c)	36
Figura 3.5	Variación de la concentración de polifenoles totales expresados en mg de ácido gálico en cada fase de la simulación <i>in vitro</i> ; para el taxo	38

Figura 3.6	Variación de la capacidad antioxidante en cada fase de la simulación <i>in vitro</i> para el taxo	40
Figura 3.7	Variación de la concentración de polifenoles totales expresados en mg de ácido gálico en cada fase de la simulación <i>in vitro</i> para mora de Castilla	41
Figura 3.8	Variación de la capacidad antioxidante en cada fase de la simulación <i>in vitro</i> para la mora de Castilla	42
Figura 3.9	Variación de la concentración de polifenoles totales expresados en mg de ácido gálico en cada fase de la simulación <i>in vitro</i> para el mortiño	43
Figura 3.10	Variación de la capacidad antioxidante en cada fase de la simulación <i>in vitro</i> para el mortiño	44
Figura 3.11	Variación de la concentración de polifenoles totales expresados en mg de ácido gálico en cada fase de la simulación <i>in vitro</i> ; para la bebida de taxo con liofilizados y microencapsulados MD-GA	46
Figura 3.12	Variación de la la capacidad antioxidante en cada fase de la simulación <i>in vitro</i> ; para la bebida de taxo con liofilizados y microencapsulados MD-GA	48
Figura 3.13	Gráfico de medias para atributo apariencia por bebida de taxo	50
Figura 3.14	Gráfico de medias para atributo color por bebida de taxo	51
Figura 3.15	Gráfico de medias para atributo aroma a taxo por bebida de taxo	52
Figura 3.16	Gráfico de medias para atributo sabor a fruta por bebida de taxo	53
Figura 3.17	Gráfico de medias para atributo acidez por bebida de taxo	53
Figura 3.18	Gráfico de medias para atributo astringencia por bebida de taxo	54
Figura 3.19	Gráfico de medias para atributo presencia de sabores extraños por bebida de taxo	55
Figura 3.20	Gráfico radial del Test de Aceptabilidad realizado a 120 personas	56
Figura 3.21	Porcentaje de respuesta de la escala endónica para A y B	57
Figura 3.22	Porcentaje de conocer beneficios de productos ricos en antioxidantes	58

Figura 3.23	Porcentaje de la probabilidad de consumo	59
Figura 3.24	Porcentajes por expectativa de consumo	59
Figura 3.25	Porcentajes de presentación del producto por 120 encuestados	60
Figura 3.26	Diagrama de proceso para la obtención de una bebida enriquecida con microencapsulados	62

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Test de Evaluación Sensorial	81
ANEXO II	
Test de Evaluación de Aceptabilidad	83

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue el estudio del efecto de la microencapsulación sobre la bioaccesibilidad gástrica *in vitro* de compuestos bioactivos de taxo (*Passiflora mollisima*), mora (*Rubus glaucus* Benth) y mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth).

Se utilizó fruta fresca de taxo, mora y mortiño adquirida en las ciudades de Ambato y Machachi. A continuación se seleccionó, se lavó y se despulpó la fruta. Se almacenó la pulpa de cada fruta en una cámara de congelación a -17 °C. Posteriormente se microencapsuló la pulpa de cada fruta, en una mezcla de solución con material encapsulante, la cual se realizó con maltodextrina o con maltodextrina-goma arábica. La microencapsulación se realizó mediante el secado por aspersión, usando el secador marca NIRO. Paralelo a esto, se liofilizó 1 kg de cada fruta para utilizarla como muestra control.

Se realizó una simulación *in vitro* para evaluar la bioaccesibilidad gástrica de los microencapsulados de cada fruta. Se determinaron los parámetros de concentración, velocidad y tiempo de centrifugación adecuados para llevar a cabo la simulación, siendo: 0,5 g/11 mL, 5 000 rpm y 20 min, respectivamente. Se simularon las siguientes fases: inicial, bucal, gástrica, intestinal y final. Se utilizaron enzimas porcinas SIGMA ALDRICH, como: pepsina, pancreatina y sales biliares para la fase gástrica e intestinal, respectivamente. Se evaluó la cantidad de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cada una de las fases de la digestión.

El microencapsulado con maltodextrina-goma arábica (MD-GA) presentó mayor protección ya que permitió una mejor liberación en la fase intestinal y final, obteniendo: 60 % y 80 % de contenido de polifenoles totales para taxo, mora y mortiño, respectivamente. La capacidad antioxidante fue 3, 2 y 5 veces superior a la muestra control para taxo, mora y mortiño, respectivamente.

Se preparó una bebida con el microencapsulado de taxo. Se realizó un análisis sensorial para evaluar la calidad organoléptica (apariencia, sabor, aroma, olor, acidez, astringencia y presencia de sabores extraños) de la bebida; y un análisis de aceptabilidad. Los panelistas no percibieron ninguna diferencia estadísticamente significativa en todos los atributos de las muestras preparadas con microencapsulados y con las muestras preparadas sin microencapsulados. El 91 % de los encuestados manifestaron su disponibilidad para consumir la bebida preparada con microencapsulados. En la estimación de costos los productos presentaron un costo total de producción de 0,40 USD, 1,21 USD y 1,62 USD para las presentaciones de 200 mL, 750 mL y 1 L.

INTRODUCCIÓN

El porcentaje de enfermedades degenerativas como el cáncer, diabetes, problemas cardiovasculares, etc., han aumentado en forma exponencial en la última década en el Ecuador, según Registro de Tumores SOLCA, (2012). Ello se debe, principalmente, a la mala alimentación propia de esta era, falta de tiempo en el cuidado de la salud, tabaquismo, alcoholismo, etc.; provocando así un mayor interés por la ingesta de alimentos saludables, nutritivos y con gran contenido de compuestos antioxidantes.

El Ecuador, país muy rico en su biodiversidad, posee una gran variedad de frutas no tradicionales, debido a la estratégica posición geográfica en la que se encuentra ubicado y a la existencia de microclimas que favorecen la producción de ciertos cultivos. Las frutas poseen múltiples beneficios para la salud, relacionadas con su alto contenido en vitaminas y compuestos bioactivos (vitamina C, carotenoides, compuestos fenólicos, vitamina E, glucosinolatos) con propiedades antioxidantes (Barba et al., 2013. p. 317-32; Carbonell-Capella et al., 2014. p. 155).

Los alimentos “saludables” son fuente importante de compuestos bioactivos tales como: polifenoles, antocianinas, β -carotenos, etc., ampliamente reconocidos por sus propiedades antioxidantes. Esta propiedad se caracteriza por combatir los radicales libres generados por el cuerpo humano, ayudando con ello a la prevención de cuadros degenerativos como los antes descritos (Zibadi et al., 2007, p. 409).

Los compuestos bioactivos son fácilmente degradables por fuentes externas como la temperatura, presencia de oxígeno, cambios de pH (Desai y Park, 2005, p. 1 361); por lo que necesariamente se requiere proteger estos compuestos y una alternativa es la microencapsulación.

En la industria alimentaria, la encapsulación es un método muy utilizado. Se

realizan secados por aspersión con el fin de estabilizar el producto a encapsular eliminando la humedad y protegiendo los compuestos bioactivos como: minerales, vitaminas, antioxidantes, aromas y sabores; incrementando la vida útil y su calidad nutricional (Sandoval, Rodríguez y Ayala, 2004, p. 73-74; Mujumdar, 1995, p.263-264).

La presente investigación se enfoca en el estudio del efecto de la microencapsulación sobre la bioaccesibilidad gástrica *in vitro* de compuestos bioactivos de taxo (*Passiflora mollisima*), mora (*Rubus glaucus* Benth) y mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth). Para ello, se realizó una simulación gástrica *in vitro* usando diferentes enzimas porcinas. A su vez, se evaluó en cada fase de la digestión la cantidad de polifenoles totales y capacidad antioxidante. Se realizó un análisis sensorial y de aceptabilidad de una bebida a base de microencapsulados de taxo. Adicional a ello, se estimaron los costos de operación, como también los precios de las diferentes presentaciones de la bebida con microencapsulados.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. COMPUESTOS BIOACTIVOS DE TAXO, MORA Y MORTIÑO

1.1.1 GENERALIDADES

El Ecuador es un país con una amplia biodiversidad, posee frutas tradicionales y exóticas que tienen componentes bioactivos que prometen un gran aporte nutricional como alimento o ingrediente funcional. Hoy en día, se ha incrementado el uso de alimentos funcionales ya que las personas buscan alimentos que tengan efectos beneficiosos sobre una o más funciones de nuestro organismo o a su vez que exista el aporte de compuestos contra enfermedades crónicas como el cáncer.

Cuando existe un aporte con función específica en el cuerpo y promueve a mejorar la salud se conoce como compuestos bioactivos (Muñoz et al., 2010, p. 139).

Por otro lado se ha demostrado que la ingesta de frutas y verduras ayuda a disminuir el riesgo contra enfermedades crónicas como el cáncer (Szajdek y Borowska, 2008, 147-149), encontrando en ellas compuestos bioactivos en pequeñas proporciones como por ejemplo: vitamina C, E, ácido fólico, carotenoides, compuestos fenólicos, antioxidantes, etc.

Los antioxidantes naturales se encuentran en vegetales, como frutas y se han utilizado en la prevención del cáncer y enfermedades de degeneración celular. Carranco et al., (2010) revela que estas sustancias ofrecen protección a macromoléculas biológicas previniendo el daño oxidativo (p. 233-237). Gil (2010) manifiesta que entre los antioxidantes naturales podemos destacar los compuestos fenólicos, que actúan en el metabolismo del ser humano beneficiándolo por su acción biológica (p. 15).

En la industria los polifenoles son usados como principios activos de extractos, los mismos que se usan como suplementos, ingredientes de productos funcionales y productos nutracéuticos (Espín y Tomas, 2010, p. 77).

1.1.2 COMPUESTOS BIOACTIVOS EN FRUTAS

Según Espín y Tomas (2010) los compuestos bioactivos varían en su estructura química y función; algunos son: polifenoles, carotenoides, fitoesteroles, flavonoides, tocoferoles, taninos, ácidos grasos y fibra soluble e insoluble (p. 82).

Vasco et al., (2008) se investigaron 18 frutas en el Ecuador, entre ellas el taxo, mora de Castilla y mortiño, se destacaron por poseer una alta concentración de compuestos fenólicos. La mora de Castilla presentó una mayor concentración de polifenoles que las otras dos frutas (p. 816-823).

- **Compuestos Fenólicos**

Los compuestos fenólicos se encuentran distribuidos en el reino vegetal, como frutas y verduras. Son metabolitos secundarios derivados de la fenilalanina y tirosina (Porrás y López, 2009, p. 126). Conforman un amplio grupo, desde sustancias con estructura simple a sustancias con estructura compleja; se ha identificado aproximadamente 8 000 compuestos hasta la fecha (Vasco, et al., 2009, p. 1 204).

Los compuestos fenólicos, estas sustancias se caracterizan por poseer un anillo aromático enlazado con uno o algunos grupos hidroxilo (Porrás y López, 2009, p. 121).

Poseen un comportamiento antioxidante natural en los alimentos, es decir: la preparación de productos con alto contenido de compuestos bioactivos podría reducir la utilización de aditivos, y así considerarlos como alimentos funcionales.

Esta actividad innata se relaciona con su papel protector en enfermedades cardiovasculares y hasta neurológicas (Posada et al., 2003, p. 12-14). Estos compuestos ayudan a proteger a las células del ataque que realizan los radicales libres, producto de las reacciones oxidativas, como también actúan como protectores de las frutas en sequía, infecciones y daños físicos (Avello y Suwalsky, 2006, 161-165; Szajdek y Borowska, 2008, p. 148).

Otras propiedades beneficiosas que se relacionan con la presencia de compuestos fenólicos son: antibióticos, protectores de rayos UV, aislantes en las paredes celulares y pesticidas naturales (Shahidi y Naczk, 2004, p. 2).

La cantidad de compuestos fenólicos en las frutas depende de: grado de madurez, condiciones agroclimáticas, género, temperatura y humedad (Szajdek y Borowska, 2008, p. 148-149). Los grupos más importantes que conforman los compuestos fenólicos por el número de carbonos en su estructura química básica son los ácidos fenólicos, flavonoides, cumarinas y taninos (Vasco, et al., 2009, p.1 204-1 212).

- **Ácidos fenólicos**

Los ácidos fenólicos (Figura 1.1) se caracterizan por presentar en su estructura al menos un anillo aromático (Shahidi y Naczk, 2004, p. 4-6). Se clasifican en dos ácidos principales: Hidroxibenzoicos que poseen un ácido carboxílico unido directamente al anillo y los hidroxicinámicos que poseen una cadena lateral de tres carbonos (Vasco, et al., 2009, p.1 204-1 212).

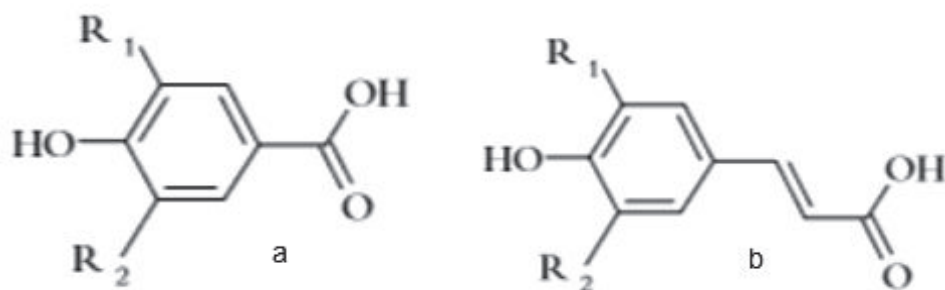


Figura 1.1 Estructura química ácido Hidroxibenzoico (a) y del ácido Hidroxicinámicos (b)

La capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos dependen del lugar en el que se encuentren los grupos hidroxilo y grado de hidroxilación (Macheix et al., 1990, p. 17). En la Tabla 1.1 se muestran algunos de los ácidos fenólicos presentes en los alimentos.

Tabla 1.1 Ácidos de gran interés presente en los alimentos y sus radicales respectivamente

Ácido	Estructura	Radical 1	Radical 2	Radical 3
<i>p</i> -Hidroxibenzoico	4-Hidroxibenzoico	H	OH	H
Protocateicoico	3,4-Dihidroxibenzoico	OH	OH	H
Vainillínico	4-Hidroxi-3-Metoxibenzoico	OCH ₃	OH	H
Siríngico	3,5-Dimetroxibenzoico	OCH ₃	OH	OCH ₃
Gálico	3,4,5-Trihidroxibenzoico	OH	OH	OH

(Shahidi y Naczki, 2004, p.5)

- **Flavonoides**

Los flavonoides conocidos también como fitonutrientes, son una sub-clase de polifenoles. Bravo (1998) menciona que los compuestos fenólicos se caracterizan por poseer en su estructura tres carbonos enlazados entre sí C₆-C₃-C₆ (p. 320), dos o más anillos aromáticos, poseer al menos un hidroxilo aromático y por conectar con un puente de hidrógeno (Porrás y López, 2009, p. 126-127). Los flavonoles, flavan-3-oles y antiocianinas son las principales clases de flavonoides (Tsao, 2010, p. 1 233). A continuación, se muestra en la Figura 1.2 la estructura elemental de los flavonoides.

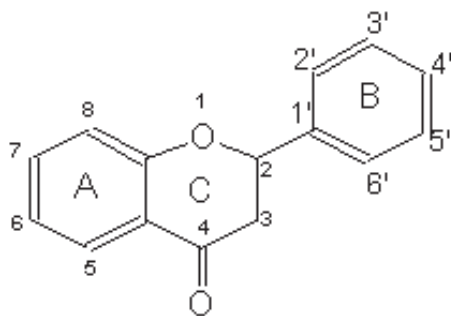


Figura 1.2 Estructura elemental de los flavonoides

1.1.2.2. Antioxidantes

Espín y Tomás, (2010) señalan que los polifenoles se caracterizan por mostrar propiedades antioxidantes; siendo compuestos químicos que tienen capacidades de prevenir o a su vez retardar la oxidación del sustrato en donde están presentes (p. 82). De acuerdo a la naturaleza y estructura química son principalmente los ácidos fenólicos y los flavonoides (Muñoz et al., 2010, p.139). Bratati y Archana, (2010) mencionan que los taninos, flavonoides, antiocianinas y otros compuestos fenólicos y no fenólicos obtenidos de fuentes naturales son antioxidantes potenciales (p. 208-209).

Los antioxidantes son compuestos que protegen el sistema celular de efectos nocivos generados por una oxidación excesiva, ya que reaccionan con los radicales libres producidos; es decir, los antioxidantes son inhibidores de las reacciones químicas de oxidación (Bratati y Archana, 2010, p. 380 y Avello y Suwalsky, 2006, p. 169). Los antioxidantes resguardan y favorecen el equilibrio fisiológico. Estudios clínicos afirman que promueven la eficacia biológica en la reducción y prevención de enfermedades por estrés oxidativo (Posada et al., 2003, p. 15-18). Previenen la acumulación de pro-oxidantes porque reaccionan con el radical libre, oxidándose y transformándose en un radical libre débil no tóxico (Avello y Suwalsky, 2006, p. 170).

Pokorny et al. (2001) asegura que la contenido de capacidad antioxidante se ve determinada por: la composición química, lipídica, concentración, temperatura, presión de oxígeno y otros compuestos bioactivos de un alimento (p. 43).

- **Capacidad Antioxidante**

La capacidad antioxidante depende de las reacciones metabólicas y sus propiedades redox, ya que intervienen en la absorción y neutralización de radicales libres (Posada et al., 2003, p. 15-18), y son:

- Antioxidantes endógenos (superóxido dismutasa, catalasas y glutathion peroxidasa).
- Antioxidantes exógenos, por sus factores nutricionales (alfa-tocoferol, beta-caroteno, ácido ascórbico y polifenoles).

La capacidad antioxidante está en función del tipo de compuestos bioactivos y la solubilidad en fase acuosa (Porras y López, 2009, p. 128). Los métodos disponibles para el análisis de capacidad antioxidante son diversos y difíciles de comparar. El método más general, usa como estándar a Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7 S-tetrametilcroman-2-carboxílico); el cual se caracteriza por ser análogo hidrosoluble de la vitamina E (Owen et al., 2000, p. 647-659).

- **Frutas, fuente de antioxidantes**

Debido a la gran biodiversidad de frutas en el Ecuador y el aporte de compuestos bioactivos, existen estudios sobre la cantidad de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante. Vasco et al., (2008) realizó un estudio a 18 frutas ricas en compuestos bioactivos como se detalla en la Figura 1.3 la capacidad antioxidante y cantidad de compuestos fenólicos de las frutas (p. 822).

Según Vasco et al., (2008) entre las frutas con mayor cantidad de polifenoles y capacidad antioxidante se encuentran la mora de Castilla, taxo y mortiño; por lo que a continuación se detalla cada una de las frutas como fuentes de compuestos bioactivos (p. 822).

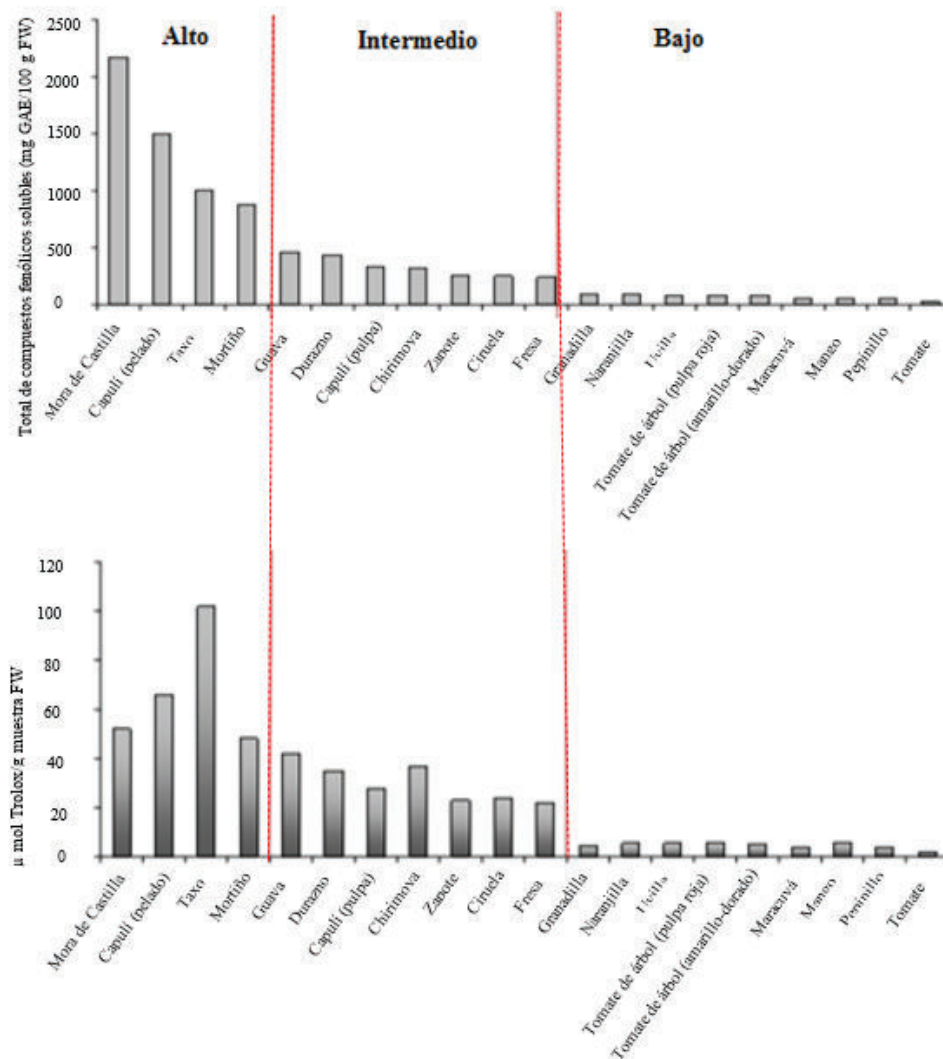


Figura 1.3 Cantidad de polifenoles y capacidad antioxidante de cada fruta (Vasco et al., 2008, p. 822)

- **Taxo**

El taxo (*Passiflora mollisima*) es una fruta tipo baya elipsoide perteneciente a la familia de las Passifloraceae. Posee numerosas semillas, pulpa anaranjada, su tamaño varía entre 8 y 15 cm y 3 a 5 cm de ancho como se observa en la Figura 1.4. Se cultiva en clima frío-templado alrededor de 1 800 a 3 000 metros sobre el nivel del mar a una temperatura que oscila entre 12 y 20 °C.



Figura 1.4 Taxo (*Passiflora mollisima*)

Su fruto es muy apreciado en la alimentación, por su sabor, aroma y por el contenido de carotenoides, vitaminas B y C. Además, posee calcio, fósforo y zinc; y un alto contenido de compuestos fenólicos, alta capacidad antioxidante y β -carotenos en comparación con otras frutas de la familia Passifloraceae (Botero et al., 2007, p. 295).

Las zonas aptas para desarrollar cultivos de taxo en el Ecuador se encuentran en los valles bajos del Callejón Interandino en las provincias de Pichincha, Imbabura, Tungurahua, Chimborazo y Azuay (Guadalupe, 2011, p. 3-6).

Posee una capacidad antioxidante de 1 272,91 mg de TROLOX/g de fibra dietética (Guerrero, 2012; p. 8). En la Tabla 1.2 se detalla el contenido de compuestos fenólicos del taxo según Vasco et al., 2008.

Tabla 1.2 Cantidad de polifenoles y capacidad antioxidante presentes en el taxo

	POLIFENOLES TOTALES	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Autor
#	mg GAE /100 g	$\mu\text{mol Trolox/ g}$	
1	1 010 \pm 198	70 \pm 4	Vasco et al., 2008

- **Mora**

La mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth), también llamada mora andina, es una fruta tipo baya con forma elipsoidal y pertenece a la familia de las rosáceas. Tiene un conjunto de drupas unidas entre sí a un recéptaculo carnoso, de color negro y rojo oscuro brillante como se observa en la Figura 1.5. En el Ecuador se cultiva en la región andina desde los 2 500 a 3 000 metros sobre el nivel del mar entre los 12 y 13 °C (Martínez et al., 2007, p. 8).



Figura 1.5 Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth)

La mora contiene elevados niveles de antioxidantes entre ellos compuestos fenólicos como se muestra en la Tabla 1.3. Según Vasco et al., (2008) la capacidad antioxidante es de 41 $\mu\text{mol Trolox/g}$ peso fruta fresca (p. 820); además se caracteriza por tener un valioso contenido de antocianinas.

Tabla 1.3 Cantidad de compuestos fenólicos en la mora de Castilla

#	POLIFENOLES TOTALES mg GAE/100 g	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE $\mu\text{mol TROLOX/g}$	Autor
1	2 167 \pm 835	41 \pm 16	Vasco et al., 2008
2	807,36 \pm 47	-	Abadiano, 2015

La producción de mora tiene lugar principalmente en la región andina, concretamente en las provincias como Cotopaxi, Tungurahua y Bolivar (Martínez et al., 2007, p. 8). La mora es un gran aporte de antocianinas, carotenoides, vitamina C, fibra dietética, potasio, hierro y calcio (Bravo, 1998, p. 321; Eroski, 2013, p. 1-2)

- **Mortiño**

El mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) también llamado fruto del bosque ya que se encuentra de forma silvestre en los páramos de la sierra ecuatoriana. Su fruto tipo baya posee una forma redonda de color azul oscuro. Como muestra la Figura 1.6 la baya, posee semillas muy pequeñas y numerosas. Se cultiva 2 veces al año ya que es un fruto silvestre y se encuentra desde 1 400 a 4 350 metros sobre el nivel del mar a temperaturas que fluctúan entre los 7 y 14 °C (Sanjinés et al., 2006, p. 335).

**Figura 1.6** Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

Vasco et al., (2009), asegura que el mortiño es una fuente importante de polifenoles y antocianinas con gran capacidad antioxidante y deberían ser aprovechados como ingredientes de productos nutritivos (p. 8 274). Se muestra en la Tabla 1.4 la cantidad de polifenoles y capacidad antioxidante del mortiño descrita por algunos autores.

Tabla 1.4 Cantidad de compuestos fenólicos presentes en el mortiño

	POLIFENOLES TOTALES	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Autor
#	mg GAE /100 g	μmol TROLOX/g	
1	882 ± 38	48,06 ± 3,75	Vasco et al., 2009
2	729,48 ± 112,85	47,65 ± 0,78	Tupuna, 2012
3	856,92 ± 9	-	Abadiano, 2015
4	729,49 ± 112,85	-	Arias, 2013

Según Pérez y Valdivieso (2007), el mortiño se encuentra en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolivar, principalmente (p. 40).

1.2. MICROENCAPSULACIÓN

1.1.1. GENERALIDADES

La microencapsulación es una de las técnicas más prometedoras a la hora de conservar compuestos bioactivos como antioxidantes o también sustancias muy susceptibles como proteínas, probióticos, etc. Al encapsular se protege los compuestos bioactivos de factores como la temperatura, humedad, cambios de pH y procesos de oxidación, dando así una mayor estabilidad y sobretodo potenciando la bioaccesibilidad de estos compuestos (Villena et al., 2009, p. 44; Castañeta et al., 2011, 135-138).

En la industria alimentaria el término de microencapsulación se refiere a la encapsulación de sustancias de bajo peso molecular o que se encuentren presentes en un alimento (Yáñez et al., 2002, p. 313).

Últimamente, ha ido incrementando el uso de esta técnica, ya que promete una gran protección de los materiales bioactivos. La exposición de los alimentos a diferentes condiciones de procesamiento y empaquetado ha provocado el aumento del uso de esta técnica en la agroindustria, puesto que permite la resistencia a ciertos parámetros de producción, mejorando las características sensoriales como sabor, color, apariencia, textura, aroma, estabilidad y también destacando su contenido alimenticio y apariencia del producto terminado (Yáñez et al., 2002, p. 314-316).

1.1.2. APLICACIONES DE LA MICROENCAPSULACIÓN

Actualmente, se busca modificar alimentos o crear productos funcionales debido a que su consumo se ha incrementado exponencialmente. La falta de resistencia a procesos tecnológicos, como cambios de temperatura, variaciones de pH, etc.; hace necesario el uso de barreras físicas, como materiales encapsulantes que generalmente son de naturaleza polimérica (Villena et al., 2009, p. 44).

Una de las aplicaciones más comunes de la microencapsulación es en la industria farmacéutica. La misma utiliza con la finalidad de mejorar el sabor y estabilidad de medicamentos; y también otorga una máxima absorción de los compuestos activos con un mínimo de reacciones adversas (Villena et al., 2009, p. 44). También se utiliza en la industria textil, médica, química, cosmética, fragancias, agentes antimicrobianos, agroquímicos y plásticos (Parra, 2010, p. 5 669).

La microencapsulación es uno de los métodos más utilizados en la industria, aplicando la técnica de secado por aspersión. Esta metodología se ha utilizado en alimentos como jugos, zumos de frutas, vegetales, compuestos farmacológicos y en sustancias potenciales con actividad biológica como: enzimas, aminoácidos,

antioxidantes, aceites esenciales, polifenoles, vitaminas, etc., por lo que se obtienen productos alimenticios, farmacológicos y compuestos bioactivos con características sensoriales y nutricionales totalmente mejoradas y estables (Castañeta et al., 2011, p. 137-139).

1.1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MICROENCAPSULACIÓN

Los materiales a encapsular, ya sean sólidos o líquidos, se recubren con un material encapsulante; el cual actuará como agente protector frente a la humedad, calor, radiación UV, pH, etc., con el fin de garantizar su estabilidad (Senatore et al., 2010, p. 3 642).

En esta técnica, microscópicamente, se forman partículas llamadas microcápsulas o microesferas. Esta denominación dependerá de su morfología y estructura interna. Se define como microcápsulas cuando el compuesto o principio activo se encuentra cubierto por una fina película de material encapsulante; mientras que se denomina microesferas cuando el compuesto activo se encuentra disperso en forma de una matriz de material encapsulante, como se puede divisar en la Figura 1.7.

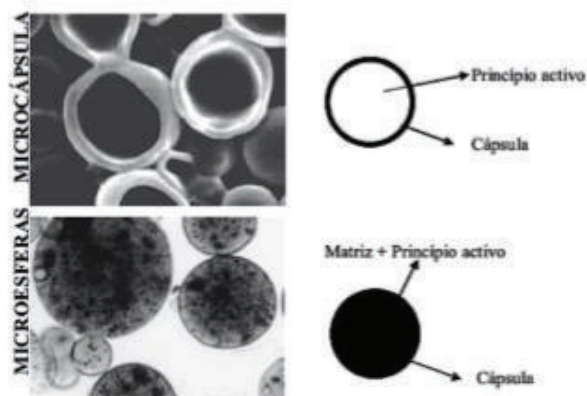


Figura 1.7 Estructura y diferenciación de microcápsulas y microesferas.
(Lopretti et al., 2007, p. 20)

La microencapsulación involucra procesos de distinta naturaleza. Los principales según su propósito y formación de microcápsulas y microesferas (Lopretti et al., 2007, p. 19-23) se describen como:

- Procesos físicos: Secado por aspersion, extrusion, recubrimiento por aspersion.
- Procesos físicos-químicos: Polimerización interfacial, inclusión molecular.
- Procesos químicos: coacervación simple y compleja, atrapamiento por liposomas

Los materiales encapsulantes generalmente utilizados son: maltodextrinas, gomas, almidones modificados, etc., que después necesitarán una homogenización junto con el material a encapsular formando una emulsión (Lopretti et al., 2007, p. 19-23).

Según Chiappetta (2007), el secado por aspersion es utilizado continuamente en la industria alimentaria, ya que es económico y muy efectivo para la protección del principio activo, proporcionando altos rendimientos (96 % y 100 %.) (p. 1-10). Ésta técnica se aplica principalmente en alimentos sensibles a temperatura y se aplica muy extensamente a productos farmacéuticos (Parra, 2010, p. 5 670; Nuñez y Mercadante, 2007, p. 893).

Las etapas principales de este método son: preparación de emulsión, homogenización, atomización de la emulsión y secado de las partículas. Dentro de estas etapas existen parámetros que influyen directamente sobre la eficiencia del proceso, como son: composición del principio activo, peso molecular, concentración y velocidad de alimentación de la emulsión, velocidad de aire de secado, tamaño de gota atomizada, temperatura y presión de vapor (Senatore et al., 2010, p. 3 642). En la Figura 1.8 se presenta un representación del secador por aspersion.

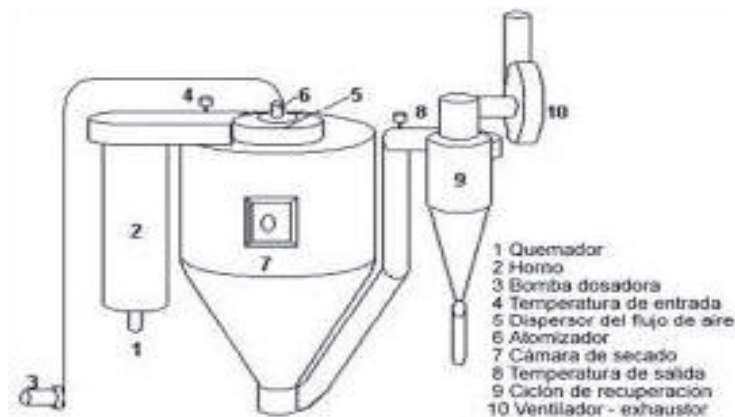


Figura 1.8 Secador por aspersión (Spray Process, 2009)

1.2. MÉTODOS DE BIOACCESIBILIDAD GÁSTRICA *IN VITRO*

1.2.1. GENERALIDADES

La bioaccesibilidad es la cantidad de una sustancia que se encuentra presente en un alimento que se libera de la matriz alimentaria y está disponible para la absorción intestinal después de la digestión (García et al., 2011, p. 91; Fuentealba, 2013, p. 9-11).

La digestión gastro-intestinal *in vitro* es una técnica ampliamente empleada en numerosos ensayos de bioaccesibilidad en la ciencia de alimentos y nutrición. Para su determinación se utilizan protocolos de simulación *in vitro* que permiten evaluar las condiciones, interacciones, estabilidad y factores que pueden afectar a la bioaccesibilidad de los compuestos (Bermúdez et al., 2007, p. 865), como micronutrientes y macronutrientes tales como lípidos, proteínas y carbohidratos.

Estos métodos tienen la ventaja de ser rápidos en la determinación de resultados, económicos, utilizan pocos recursos y no tienen ninguna restricción ética, son fácilmente reproducibles, tiene alto control de los parámetros y es fácil la toma de muestra en el sitio de interés. Con la utilización de estos métodos se trata de imitar o simular la fase oral, gástrica e intestinal, incluso fermentaciones

intestinales a condiciones reales y lógicas; tomando en cuenta enzimas digestivas, concentraciones, pH, tiempo de digestión, etc. (Minekus et al., 1995, p. 197-209).

Se han utilizado métodos *in vitro* para la digestibilidad y bioaccesibilidad en productos farmacéuticos, micotoxinas y macronutrientes; también se han empleado en estudios de liberación de matriz de los micronutrientes y oligoelementos; compuestos ricos en carotenoides y polifenoles; en la producción de biofracciones accesibles (Minekus et al., 1995, p. 200).

1.2.2. BIOACCESIBILIDAD DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

La bioaccesibilidad dependerá de la concentración inicial en el alimento, composición del alimento y concentración de las enzimas utilizadas (Bouayed et al., 2012, p. 1 466-1 472).

Los compuestos bioactivos como los polifenoles son uno de los grupos con mayor interés científico, ya que las investigaciones científicas han revelado los beneficios que proporcionan a la salud. El estudio de la bioaccesibilidad permite conocer el comportamiento de estos compuestos a condiciones de digestión gastrointestinal. (Bouayed et al., 2012, p. 1 468).

Una fuente de compuestos bioactivos son los jugos de frutas que poseen polifenoles y carotenoides. Según Cilla et al., (2011) determinó en varios jugos de frutas la capacidad antioxidante, donde la bioaccesibilidad aumentó, mientras que el contenido de ácido ascórbico y polifenoles disminuyó en 36 % y 16 %. Su aumento se debió a que podría existir compuestos no detectados con incomparables propiedades químicas. Además, las enzimas pancreáticas y sales biliares son capaces de unirse a metales y/o atrapar radicales libres, lo cual podría aumentar la capacidad antioxidante (p. 87-94). Existen alimentos ricos en compuestos fenólicos, como las frutas entre las que podemos destacar el taxo, mora y mortiño.

1.2.3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA EVALUAR LA BIOACCESIBILIDAD

De acuerdo a Carbonell-Capella et al., (2014), la biodisponibilidad de los compuestos bioactivos no es siempre conocida; antes de convertirse en biodisponible, deben ser liberados de la matriz alimentaria y consecuentemente modificados en el tracto gastrointestinal.

La comunidad científica ha desarrollado modelos que simulan con exactitud el complejo fisicoquímico y las condiciones fisiológicas del tracto gastrointestinal humano, junto con modelos *in vivo* (Hur et al., 2011, p. 10 699). La Figura 1.9 indica los métodos utilizados para conocer la cantidad bioaccesible del alimento.

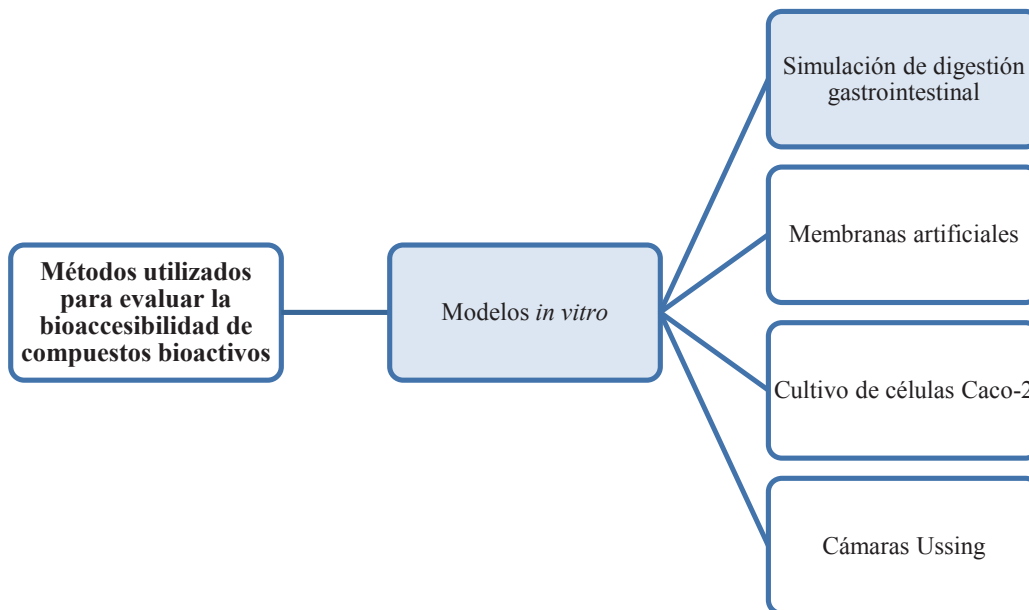


Figura 1.9 Métodos utilizados para evaluar la bioaccesibilidad de compuestos bioactivos (Carbonell-Capella et al., 2014).

En los modelos de digestión *in vitro* se utilizan enzimas como: pepsina, pancreatina, tripsina, quimotrisina, peptidasa, α -amilasa, lipasa y sales biliares.

Según Hur et al., (2011) los tiempos de simulación varían según el alimento de estudio, donde las partículas de menor tamaño necesitarán menores tiempos de digestión que las grandes (p. 10 699-10 704). Comúnmente no consideran el intestino grueso, ya que la absorción ocurre en el intestino delgado, donde se detectará el compuesto de interés y por lo tanto determinar la bioaccesibilidad utilizando enzimas y diferentes condiciones de pH (Brandon et al., 2006, p. 161-171).

Los parámetros utilizados dentro de este modelo *in vitro* son: temperatura constante a 37 °C, pH en el estómago cercano a 2 con pepsina porcina en un baño con agitación por 2 horas. Además, el pH es neutralizado para adicionar pancreatina porcina y sales biliares por 2 horas (Gil-Izquierdo et al., 2001, p. 1 035-1 041).

Otro modelo que simula el tracto gastrointestinal utiliza un bioreactor para estudiar el paso en el estómago e intestino de una matriz alimentaria, permite la variación del pH y adaptarlo a los diferentes tiempos de retención. La simulación se realiza en un reactor con agitación, ajustando con soluciones ácidas y gástricas (pepsina, pancreatina y con sales biliares) (Sumeri et al., 2008, p. 317- 324).

También existen modelos controlados por computador como TIM que es un modelo intestinal. Para simular las condiciones de la fase gástrica y fase intestinal posee cuatro cámaras, que mediante la cinética de pH, concentración de enzimas y tránsito de la muestra alimentaria se logra simular (Minekus et al., 1995, p. 200-209).

Según Yoo y Chen (2006) los simuladores SHIME y TIM muestran fallas en la absorción de metabolitos y fluidos; por lo que recomiendan una simulación de la masticación con el fin de completar el proceso digestivo, con el fin de reducir el tamaño de partícula de los alimentos (p. 1 587- 1 614).

The COST action INFOGEST, es un grupo de trabajo de 200 científicos en 32 países que han logrado consolidar condiciones para obtener un método de

digestión *in vitro* estandarizado (Minekus et al., 2014, p. 1 115). Su principal objetivo es propagar, reforzar el conocimiento sobre la digestión de alimentos, liberación de compuestos beneficiosos con efecto potencial sobre la salud humana (Dupont et al., 2011, p. 2). La Figura 1.10 se observa un resumen del método estandarizado.

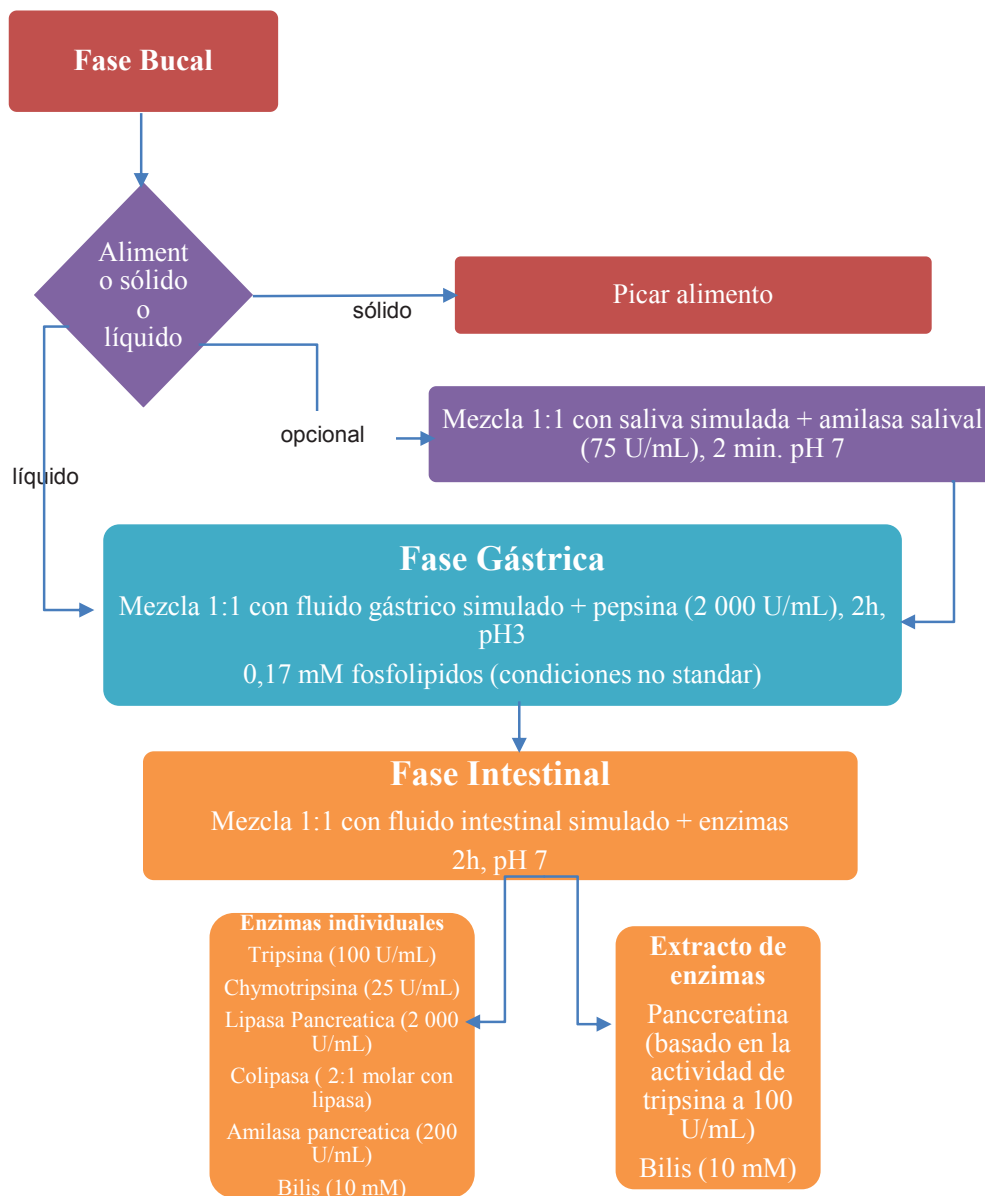


Figura 1.10 Protocolo del método de digestión *in vitro* estandarizado (Minekus et al., 2014, p. 1 115)

Actualmente, en los estudios de bioaccesibilidad de compuestos bioactivos existen variaciones en el uso de parámetros lo cual dificulta la comparación de sus resultados.

Carbonell-Capella et al., (2014) realizan una crítica de los métodos utilizados para evaluar la bioaccesibilidad de compuestos bioactivos presentes en frutas y vegetales. Manifiestan que la amplia gama de opciones disponibles para evaluar la digestión y la absorción *in vitro*, han garantizado un papel de gran valor en el estudio de la bioaccesibilidad y biodisponibilidad. Sin embargo, mencionan que se necesita más estudios de validación que comparen métodos *in vivo* con los resultados obtenidos *in vitro*; ya que aseguran que ninguno de los métodos presentados por los autores podrá predecir la cantidad de compuesto bioactivo que un humano podrá absorber.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICAMENTE: TAXO (*PASSIFLORA MOLLISIMA*), MORA (*RUBUS GLAUCUS BENTH*) Y MORTIÑO (*VACCINIUM FLORIBUNDUM KUNTH*)

2.1.1. MATERIALES Y MÉTODOS

Las frutas taxo, mora y mortiño se adquirieron a través de un distribuidor directo. El taxo, se obtuvo directamente de unas plantaciones en la parroquia de Huambaló provincia de Tungurahua, se realizó una sola compra de 20 kg de taxo en cajas de cartón de 4 kg cada una. La mora de Castilla se adquirió en la ciudad de Ambato, perteneciente al cantón Cevallos provincia de Tungurahua, se compró un canasto que aproximadamente contenía 12 kg de mora de Castilla. El mortiño se adquirió en el mercado de la ciudad de Machachi cantón Mejía, se compró aproximadamente 10 kg de mortiño en cajas de 5 kg cada una.

Las frutas se almacenaron en la cámara de refrigeración a 3 °C en canastas plásticas después de realizar un lavado por inmersión utilizando agua potable clorada a 70 ppm (Guzmán, 2014, p. 119).

Como material encapsulante se utilizó maltodextrina (MD) y goma arábiga (GA) con grado alimenticio; GA se adquirió en la Casa del Químico ubicada en la zona centro-sur de la ciudad de Quito.

La investigación fue realizada en los Laboratorios de Microbiología, Bromatología, Química de Alimentos y Nutrición (QAN) y en La Planta Piloto del Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología (DECAB) de la Escuela Politécnica Nacional.

En el presente trabajo de investigación se utilizaron varios métodos que serán descritos posteriormente.

2.1.2. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El taxo, mora de Castilla y mortiño se adquirieron en grado de madurez organoléptica y se realizaron los siguientes análisis físicos y químicos.

2.1.2.1. Análisis físicos

Según la norma NTE INEN 2427 frutas frescas. Mora. Requisitos, se realizó los análisis referidos en la norma para taxo, mora de Castilla y mortiño.

Peso de la fruta

Se realizó un muestreo aleatorio de veinte frutas frescas, tanto para mora, taxo y mortiño. A continuación se pesaron en una balanza digital electrónica Metter Toledo AG 204 de capacidad máxima 210 g y precisión de 0,1 mg.

Dimensiones de la fruta

Se midió el diámetro mayor y menor de las veinte frutas, con ayuda de un calibrador MC Cormick Fruit Tech de capacidad de 30 mm y una precisión de $\pm 0,1$ mm.

2.1.2.2. Análisis físico-químicos

Sólidos solubles totales (°Brix)

De acuerdo con el método AOAC 2005, 932.12 (37.1.15); se midieron los °Brix de las pulpas de taxo, mora y mortiño. Para ello se utilizó un refractómetro, se hicieron tres repeticiones.

pH

Se determinó según el método AOAC 2005, 981.12. Previo al análisis de las pulpas de las tres frutas se filtró y se homogenizó en un vaso de precipitación. La lectura se realizó con un pH-metro calibrado, se realizó tres repeticiones.

Acidez titulable

Se analizó según el método AOAC 2007, 942.15, se preparó la muestra, se homogenizó y se tituló con una solución estandarizada, con ayuda del pH-metro se controló el pH de acuerdo al método para cada pulpa; se realizó tres repeticiones.

2.1.2.3. Análisis Químico

Humedad

Se utilizó el método AOAC (2007) 920.151,(37.1.12). La pulpa se evaporó en una estufa al vacío a 70 °C y 100 mm Hg de presión.

Compuestos fenólicos solubles totales

La cantidad de compuestos fenólicos solubles totales se determinó siguiendo el método de Folin-Ciocalteu's de Slinkard y Singleton (1997). Este método se basa en una reacción redox entre los compuestos fenólicos presentes en el extracto cetónico, y el reactivo Folin-Ciocalteu's. Para la cuantificación se llevó a cabo la curva de calibrado utilizando el ácido gálico como patrón, entre 10 a 100 ppm en una absorbancia de 760 nm. Se realizó dos repeticiones.

Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante se determinó mediante el método TEAC descrito por Re, et al., (1999). Se realizó dos repeticiones.

2.2. DESARROLLO DE MICROENCAPSULADOS CON DIVERSOS MATERIALES MEDIANTE EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN BAJO CONDICIONES ESTABLECIDAS

2.2.1. PROCESO DE DESPULPADO DE LAS FRUTAS

Las frutas se despulparon con ayuda del despulpador de acero inoxidable con motor Baldor Electric Co USA de 1,5 HP de potencia y 1 725 rpm con malla #33. Se tomó el peso inicial y final de cada fruta con la ayuda de una balanza FIDELITY Measurement con capacidad de 500 kg.

La pulpa obtenida se pesó y se almacenó en fundas de polietileno con cierre hermético en porciones de 500 g para luego almacenarla en la cámara de congelación a -17 °C.

Se realizó el mismo proceso para las tres frutas taxo, mora de Castilla y mortiño.

2.2.2. ACONDICIONAMIENTO PARA MICROENCAPSULACIÓN

Se realizó un balance de masa para determinar la cantidad de material encapsulante y pulpa de fruta; se descongeló la pulpa y se preparó la solución encapsuladora de maltodextrina (MD) y maltodextrina-goma arábica (MD-GA). Se pesó la cantidad adecuada de MD y MD-GA, se mezcló con la pulpa y se homogenizó con la ayuda de un agitador magnético con cada solución

encapsulante. Se realizaron dos repeticiones por cada solución encapsulante y de pulpa de fruta.

2.2.3. PROCESO DE SECADO POR ASPERSIÓN

Se acondicionó el equipo a 2,5 kg/cm², entrada de aire 130 °C y salida a 80 °C; con la ayuda de una bomba peristáltica marca MASTERflex; se estableció el flujo de entrada para que sea constante de 10 mL/min. Estos parámetros se establecieron experimentalmente basándose en los parámetros utilizados en Abadiano (2015), p. 35.

La emulsión obtenida en cada fruta y material encapsulante se atomizó en el equipo de secado por aspersion NIRO, donde se obtuvieron los microencapsulados los cuales fueron almacenados en frascos ámbar debidamente sellados e identificados en el congelador a -17 °C.

Es de gran importancia que al realizar las repeticiones de cada una de las frutas, se mantengan las condiciones de procesamiento de microencapsulación; ya que influyen en la eficiencia de este proceso y sobre la calidad del microencapsulado.

2.3. EVALUACIÓN DE LA BIOACCESIBILIDAD GÁSTRICA *IN VITRO* DE COMPUESTOS BIOACTIVOS MICROENCAPSULADOS CON DIVERSOS MATERIALES

2.3.1. PARÁMETROS DE DIGESTIBILIDAD *IN VITRO*

Se implementó un modelo de digestibilidad *in vitro*, para evaluar la bioaccesibilidad gástrica de compuestos bioactivos.

Se realizó un diseño factorial 3², las variables del proceso fueron: Concentración de microencapsulado: 0,25 g y 0,50 g diluidos en 11 mL de agua destilada con 6 % de etanol respectivamente (datos determinados en pruebas experimentales preliminares); Velocidad de centrifugación (V): V1 5 000 rpm y V2 10 000 rpm y tiempo de centrifugación (t): t1 10 min y t2 20 min. Éstos parámetros se fijaron a partir de los descritos por Hedrén, Díaz y Svanberg, (2002), p. 425-430 y Carbonell-Capella et al., (2014), p. 158, 161.

Como parámetros de respuesta se obtuvieron: cantidad de polifenoles totales y capacidad antioxidante; con los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza ANOVA con 95 % de confianza, empleando el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XV. 4

Se seleccionaron las condiciones que dieron como resultado la menor liberación de polifenoles del microencapsulado hasta antes de la digestión intestinal; y se empleó para el estudio del efecto de la microencapsulación sobre la bioaccesibilidad gástrica de compuestos bioactivos.

2.3.2. EVALUACIÓN DE LA BIOACCESIBILIDAD GÁSTRICA *IN VITRO*

Para la evaluación de la bioaccesibilidad gástrica *in vitro* se utilizó los microencapsulados obtenidos por el método de secado por aspersion con diferentes materiales encapsulantes, siendo: (GA) y (MD): 100 g (MD) y 90 g (MD)-10 g (GA), mismos que se sometieron a una digestión *in vitro*, como se mencionó en Hur et al., (2011). En la digestión se emplearon las siguientes enzimas: α -amilasa porcina (SIGMA ALDRICH A3176) en fase bucal; pepsina porcina (SIGMA ALDRICH P7000) en fase gástrica y pancreatina - sales biliares porcinas (SIGMA ALDRICH P7545 - B8631) en fase intestinal, según Hedrén, Díaz y Svanberg, (2002) y Donhowe y Kong (2014). En la Figura 2.1 se muestra el protocolo que se aplicó para el presente estudio.

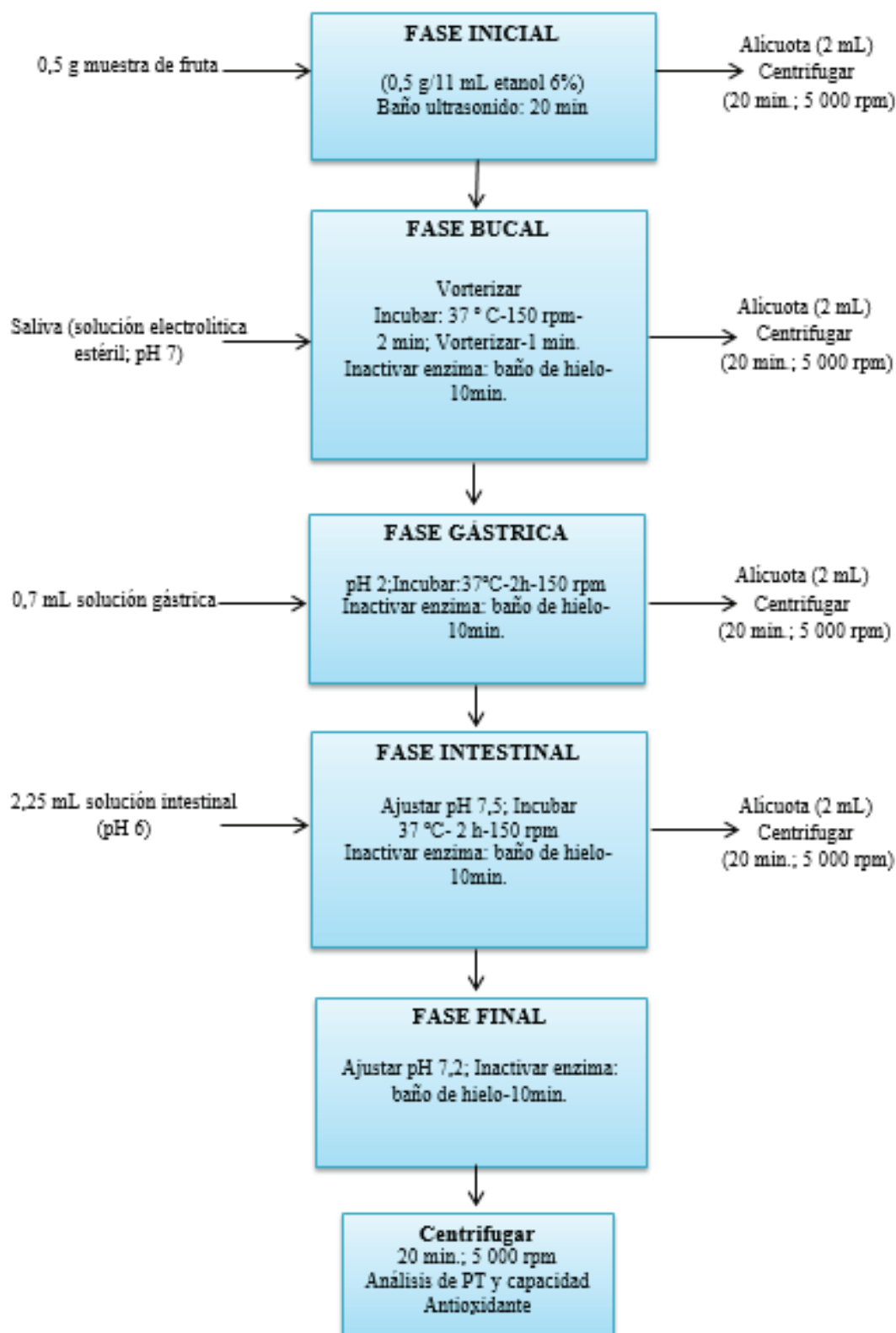


Figura 2.1 Diagrama del proceso de simulación *in vitro*

Se realizó un diseño experimental 3x2, donde las variables de diseño fueron: variedad de fruta (taxo, mora y mortiño) y tipo de microencapsulado (MD y MD-GA). Como variables de respuesta se determinó: compuestos fenólicos solubles totales y capacidad antioxidante en cada fase de la digestión, también se evaluó la cantidad o porcentaje de pérdida de los compuestos bioactivos.

Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza ANOVA con 95 % de confianza, empleando el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XV.

2.4. EVALUACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS CON Y SIN MICROENCAPSULACIÓN ADICIONADOS EN UNA BEBIDA

La muestra que presentó mayor bioaccesibilidad durante la digestión intestinal, será seleccionada como ingrediente para la preparación de una bebida.

Para evaluar los compuestos fenólicos encapsulados y no encapsulados adicionados en una bebida; se liofilizó la pulpa de taxo, así los compuestos bioactivos están en iguales condiciones que los microencapsulados; para después adicionarlos en la bebida por lo que estos liofilizados estarán libres de material encapsulante.

Se evaluó las características sensoriales y aceptabilidad de la bebida con y sin compuestos bioactivos microencapsulados.

2.4.1. PREPARACIÓN DE UNA BEBIDA

Una bebida se preparó a temperatura ambiente (20 °C), tomando como relación la cantidad de sólidos solubles totales, siendo aproximadamente de 12 °Brix y

también una proporción de 20 g de liofilizado y 40 g de microencapsulado disueltos en un litro de agua.

2.4.2. EVALUACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN LA BEBIDA

Para evaluar los compuestos fenólicos adicionados en la bebida, se realizó dos tratamientos con dos repeticiones cada uno: el primer tratamiento consta de la adición de compuestos bioactivos presente en liofilizado de fruta sin microencapsulación y el segundo tratamiento se caracteriza por la adición de compuestos bioactivos microencapsulados. Como variables de respuesta se determinaron: cantidad de compuestos fenólicos solubles totales (Folin-Ciocalteu's de Slinkard y Singleton; 1997) y capacidad antioxidante (TEAC; 1999); en cada fase de la digestión evaluando cantidad o porcentaje de pérdida de los compuestos bioactivos. Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza ANOVA con 95 % de confianza, empleando el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XV.

2.4.3. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

Se evaluaron las características sensoriales de calidad, los atributos evaluados fueron: apariencia, color y sabor (acidez, sabores extraños y astringencia) del mejor microencapsulado y de una bebida acondicionada con liofilizado y con microencapsulado seleccionado, que se desarrolló con un panel semi entrenado de 12 personas. Las muestras fueron codificadas con tres dígitos al azar para las dos formulaciones de la bebida (T1- bebida enriquecida con liofilizados; T2- bebida enriquecida con microencapsulados). En el ANEXO I se encuentra el Test de Evaluación Sensorial utilizado.

Se realizó un análisis estadístico de varianza ANOVA con 95 % de confianza, empleando el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XV.

2.4.4. EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE LA BEBIDA CON COMPUESTOS BIOACTIVOS MICROENCAPSULADOS

Se realizaron pruebas de aceptabilidad de la bebida preparada con: liofilizado y microencapsulado seleccionado; para este ensayo se necesitó de 120 personas que fueron evaluadas, en el ANEXO II se muestra el Test de Evaluación de Aceptabilidad empleado.

Se realizó un análisis estadístico de varianza ANOVA con 95 % de confianza, empleando el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XV.

2.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO ENRIQUECIDO CON COMPUESTOS BIOACTIVOS MICROENCAPSULADOS

Se realizó la estimación económica para el desarrollo de una bebida con compuestos bioactivos microencapsulados y se tomó como base los costos de reactivos y servicios que intervienen en el estudio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICAMENTE: TAXO (*PASSIFLORA MOLLISIMA*), MORA (*RUBUS GLAUCUS BENTH*) Y MORTIÑO (*VACCINIUM FLORIBUNDUM KUNTH*)

La Tabla 3.1 revela los resultados obtenidos en la caracterización física y química de taxo, mora y mortiño. La fruta con mayor cantidad de compuestos fenólicos fue el taxo con 1 201,87 mg GAE/100 g, seguido por la mora con 782,19 mg GAE/100 g y el mortiño 436,59 mg GAE/100 g. El taxo posee 1 010 mg GAE/100g de polifenoles según Vasco et al., (2008), lo que significa que el valor de polifenoles del taxo en el presente estudio es muy similar al del autor. El taxo fue una de las frutas que posee mayor capacidad antioxidante. De acuerdo con el estudio de Vasco et al., (2009), en la comparación de tres tipos de frutas pertenecientes a la familia passifloraceae, el taxo presentó mayor capacidad antioxidante 70 μmol Trolox/g, seguida por maracuyá y granadilla con 0,5 μmol Trolox/g, y en el presente trabajo se obtuvo como capacidad antioxidante del taxo 71,22 μmol Trolox/g. Por lo que se puede asegurar que el taxo es una fruta muy rica en compuestos bioactivos como polifenoles y posee gran capacidad antioxidante. Aunque no es una fruta muy conocida a nivel industrial en la elaboración de bebidas, jugos, etc. Y aunque no es utilizada como materia prima; el taxo posee un gran potencial, ya que es una fuente natural de compuestos bioactivos con gran capacidad antioxidante; por lo que su uso como un ingrediente funcional beneficiaría con grandes aportes a la salud humana.

Según Abadiano (2015), la cantidad de polifenoles obtenidos en la mora de Castilla fue de 807 mg GAE/100 g, muy similar a la cantidad obtenida en este estudio. Vasco et al. (2008) obtuvo 2 167 mg GAE/100 g de polifenoles y de capacidad antioxidante 41 μmol Trolox/g. La capacidad antioxidante de la mora en el presente estudio fue 43,18 μmol Trolox/g. La diferencia entre los autores anteriormente mencionados para la mora de Castilla y el resultado del presente trabajo podría relacionarse con el tiempo, almacenamiento, grado de madurez, lugar de crecimiento, tipo de suelo, etc (Szajdek y Borowska, 2008. p. 148).

Tabla 3.1 Caracterización físico-química de Taxo (*Passiflora mollissima*), Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) y Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

Análisis	Taxo	Mora	Mortiño
Análisis Físico*	$(\bar{x} \pm \sigma)$	$(\bar{x} \pm \sigma)$	$(\bar{x} \pm \sigma)$
Peso (g)	72,56 ± 1,62	4,25 ± 1,16	0,35 ± 0,05
Longitud (cm)	9,87 ± 0,91	2,0 ± 1,23	1,75 ± 0,04
Diámetro (cm)	4,25 ± 0,54	1,15 ± 0,3	8,5 ± 0,75
Acidez titulable	2,21 ± 0,01	2,80 ± 0,00	1,62 ± 0,00
° Brix	12,05 ± 0,01	11,6 ± 0,00	11,17 ± 0,03
pH	3,25 ± 0,10	2,98 ± 0,05	2,61 ± 0,05
Humedad	88,0 ± 0,12	88,47 ± 0,08	88,69 ± 0,08
Compuesto fenólicos totales(mg GAE/100g)	1201,87 ± 47,7	782,19± 41,8	436,59 ± 21,9
Capacidad Antioxidante(μmol Trolox/g)	71,22 ± 5,50	43,18 ± 1,91	21,69 ± 1,77

*Análisis realizados en base a fruta fresca. $(\bar{x} \pm \sigma)$, (n=3)

**Se utilizó fruta liofilizada con 5,17 % de humedad

Por último, el mortiño presentó 436,59 mg GAE/100 g y 21,69 μmol Trolox/g de polifenoles totales y capacidad antioxidante respectivamente. Según Abadiano (2015) el mortiño posee 856 mg GAE/100 g. Tupuna (2012) presentó como cantidad de polifenoles y de capacidad antioxidante 729 mg GAE/100 g y 11,92 μmol Trolox/g respectivamente. Esta diferencia de la concentración de compuestos bioactivos en el mortiño se debe a que existen diferentes zonas en donde el mortiño se dá en forma natural en los páramos y esto podría influenciar el contenido de compuestos bioactivos.

3.2. DESARROLLO DE MICROENCAPSULADOS CON DIVERSOS MATERIALES MEDIANTE EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN BAJO CONDICIONES ESTABLECIDAS

En la Tabla 3.2. se detalla, en porcentaje, la cantidad de microencapsulados de taxo, mora y mortiño obtenidos en base a 200 g de sólidos presentes en 1 000 g de emulsión . Estos rendimientos son relativamente altos comparados con Cuaspud (2015) que obtuvo como rendimiento el 36 % y también con Rocca et al., (2014) que manifiesta un rendimiento del 40 %; debido a la capacidad de

aspiración del ciclón, velocidad de alimentación, temperatura de secado y al tipo de emulsión.

Cabe recalcar que al momento de recoger cada una de las muestras; se realizó una recolección minuciosa dentro del secador con la ayuda de una espátula y el aire que alimenta al ciclón. Se trató de optimizar el proceso de secado, ya que existen pérdidas en el interior del equipo porque la cámara en donde cae el producto atomizado es de gran superficie y una tercera parte del producto se aloja en las paredes; provocando un rendimiento bajo. Por lo que al momento de su recolección se utilizó aire comprimido para recolectar la mayor cantidad de producto.

Se obtuvo rendimientos del 80% aproximadamente para cada tipo de fruta, estos rendimientos se refieren a la cantidad obtenida de producto final respecto a la cantidad de sólidos presentes en la emulsión, ya que al someterse a altas temperaturas el aire de secado se incrementa la velocidad de evaporación del agua presente en la emulsión.

Tabla 3.2 Rendimiento de Microencapsulados obtenidos mediante el método de secado por atomización

Fruta	Material encapsulante (%)		Microencapsulado obtenido (%)
	MD	GA	
Taxo	100	-	82
	90	10	83
Mora	100	-	80
	90	10	82
Mortíño	100	-	82
	90	10	79

*Datos obtenidos para el 20% sólidos (%sólidos de pulpa y % material encapsulante) de 1 000 g de emulsión.

Finalmente, se obtuvo los microencapsulados de taxo, mora y mortíño como se muestran en las Figuras 3.1, 3.2 y 3.3 respectivamente.

Se observa claramente el color característico de cada fruta, como el taxo que predomina su color amarillento y su tonalidad disminuye en los

microencapsulados con maltodextrina y goma arábica; la mora de Castilla, presenta un color rojo oscuro característico de la fruta ya que contiene una gran cantidad de antocianinas; las mismas que en los microencapsulados sobresalen con un color rosado intenso. El mortiño predomina fuertemente su color característico en presencia del material encapsulante.

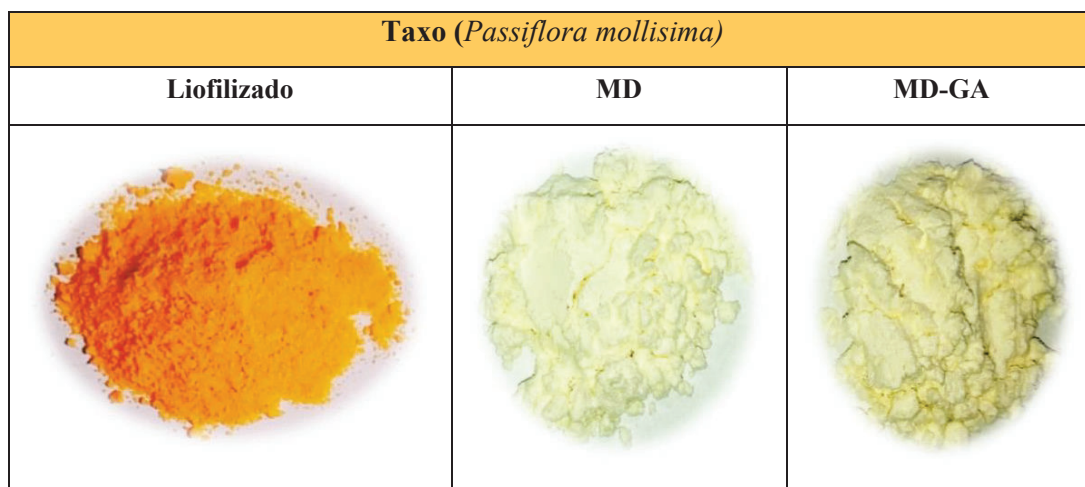


Figura 3.1 Fotografías de liofilizados y microencapsulados obtenidos de taxo con maltodextrina (MD) y maltodextrina-goma arábica (MD-GA)

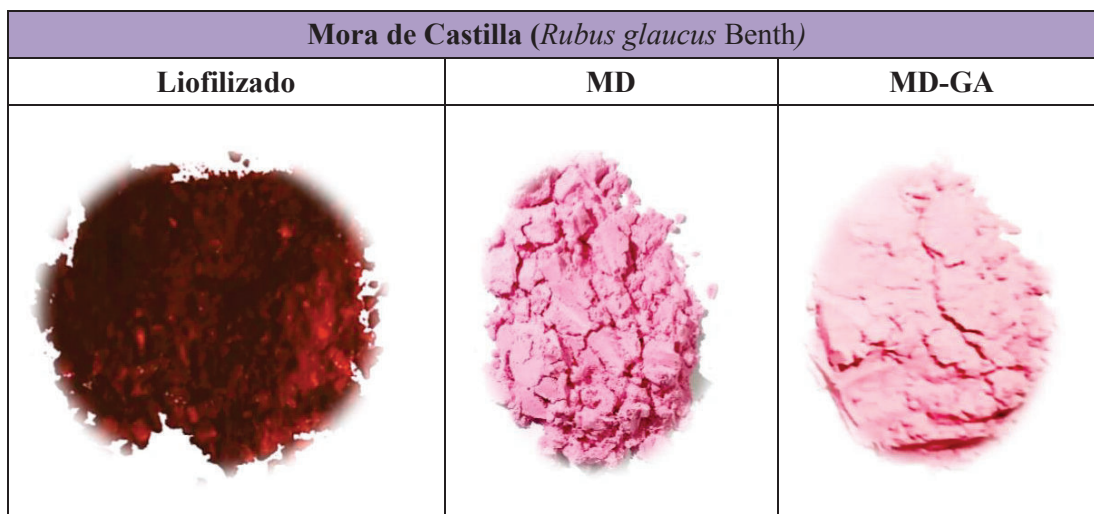


Figura 3.2 Fotografías de liofilizados y microencapsulados obtenidos de mora de Castilla con maltodextrina (MD) y maltodextrina-goma arábica (MD-GA)



Figura 3.3 Fotografías de liofilizados y microencapsulados obtenidos de mortiño con maltodextrina (MD) y maltodextrina-goma arábica (MD-GA)

3.3. EVALUACIÓN DE LA BIOACCESIBILIDAD GÁSTRICA *IN VITRO* DE COMPUESTOS BIOACTIVOS MICROENCAPSULADOS CON DIVERSOS MATERIALES

3.3.1. MODELO DE DIGESTIBILIDAD *IN VITRO*

Con el fin de optimizar el método de digestibilidad *in vitro*, se llevaron a cabo pruebas preliminares con el microencapsulado de taxo. Como se muestra en la Tabla 3.5, los parámetros seleccionados para este ensayo fueron la concentración de microencapsulado, velocidad y tiempo de centrifugación.

Para la determinación de las variables de cada parámetro se basó en ensayos de digestiones *in vitro* ya descritas en literatura como en Carbonell-Capella et al., (2014), p. 158, 161.

Tabla 3.3 Parámetros utilizados para evaluar los mejores resultados en el modelo de digestibilidad *in vitro*

Parámetros	T1	T2
Concentración	A: 0,25 g/11 mL	B: 0,5 g/11 mL
Velocidad de centrifugación	5 000 rpm	10 000 rpm
Tiempo de centrifugación	10 min	20 min

La Figura 3.4 expone los resultados obtenidos, los cuales reflejan diferencias significativas estadísticamente entre las concentraciones 0,25 y 0,5/11 mL ($p < 0,05$). Pero no se obtuvo ninguna diferencia significativa con la velocidad y tiempo de centrifugación.

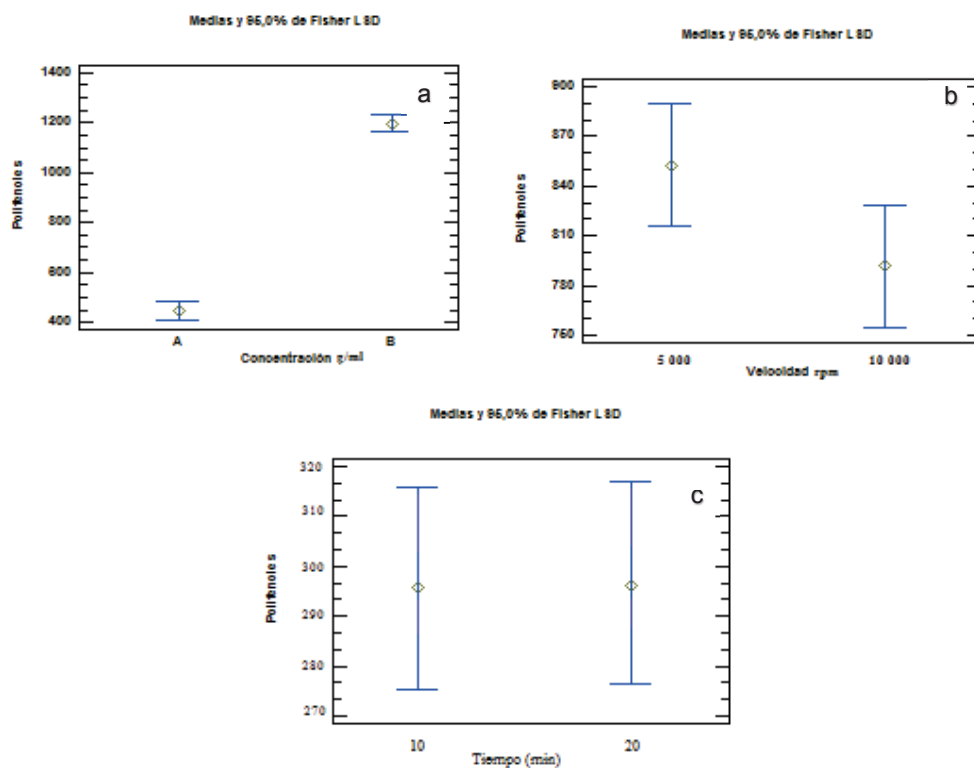


Figura 3.4 Gráficos de medias de polifenoles para cada nivel de: concentración (a), velocidad (b), y tiempo (c)

En base a los resultados obtenidos, se determinó que las condiciones óptimas para llevar a cabo el ensayo de digestión *in vitro* eran: concentración 0,5/11 mL, tiempo de centrifugación 20 min y velocidad de 5 000 rpm.

Finalmente, para evaluar la bioaccesibilidad de los diferentes microencapsulados a estudiar se utilizó como muestra control o de referencia su respectivo liofilizado para taxo, mora y mortiño.

3.3.2. MICROENCAPSULADOS DE MALTODEXTRINA (MD) Y MALTODEXTRINA-GOMA ARÁBIGA (MD-GA)

En la Tabla 3.4 y Tabla 3.5 se evidencia que la cantidad de polifenoles totales y capacidad antioxidante presentes en cada fruta y para cada producto obtenido respectivamente, existe estadísticamente diferencia significativa ($p < 0,05$) con respecto a la interacción del material encapsulante MD y MD-GA como también de los compuestos liofilizados (sin material encapsulante) los mismos que se utilizaron como muestra control.

Tabla 3.4 Tabla ANOVA Análisis de Varianza para Polifenoles Totales

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Frutas	543,607	2	271,803	288,02	0,0000
B:Material Encapsulante	2 613,49	2	1 306,74	1 384,70	0,0000
INTERACCIONES					
AB	638,747	4	159,687	169,21	0,0000
RESIDUOS	16,9867	18	0,943704		
TOTAL (CORREGIDO)	3 812,83	26			

Tabla 3.5 Tabla ANOVA Análisis de Varianza para Capacidad Antioxidante

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Frutas	60 665,7	2	30 332,9	1 310,67	0,0000
B:Material Encapsulante	160 152,	2	80 075,8	3 460,05	0,0000
INTERACCIONES					
AB	88 980,6	4	22 245,2	961,21	0,0000
RESIDUOS	416,573	18	23,143		
TOTAL (CORREGIDO)	310 214,	26			

3.3.2.1. Microencapsulados de taxo

En las Figuras 3.5 y 3.6 se representa la variación del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, respectivamente, de microencapsulados y liofilizados durante el transcurso de las diferentes etapas que conforman la digestión *in vitro*.

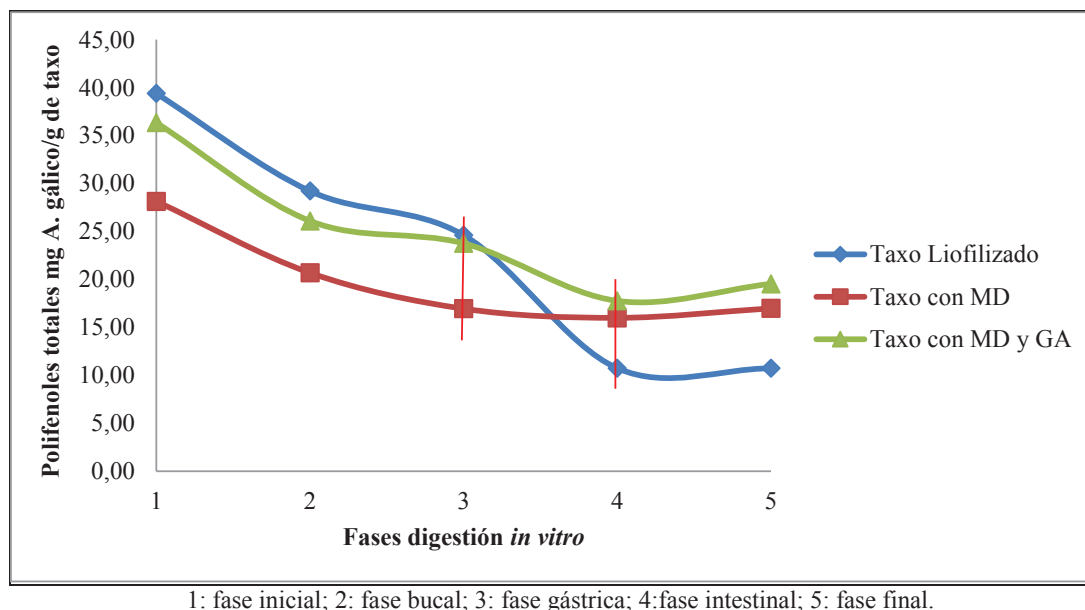


Figura 3.5 Variación de la concentración de polifenoles totales expresados en mg de ácido gálico en cada fase de la simulación *in vitro*; para el taxo

En relación al contenido fenólico, cabe destacar que al final de la digestión los resultados con mayor bioaccesibilidad fueron los microencapsulados que mostraron mejores resultados que los liofilizados de taxo. El contenido fenólico del

lío filizado de taxo disminuyó de forma acentuada después de la fase gástrica en un 50 % aproximadamente, con respecto a los microencapsulados, mientras que en los microencapsulados el contenido fenólico se mantuvo constante para MD y para los microencapsulados con MD-GA se muestra una ligera variación luego de la fase gástrica.

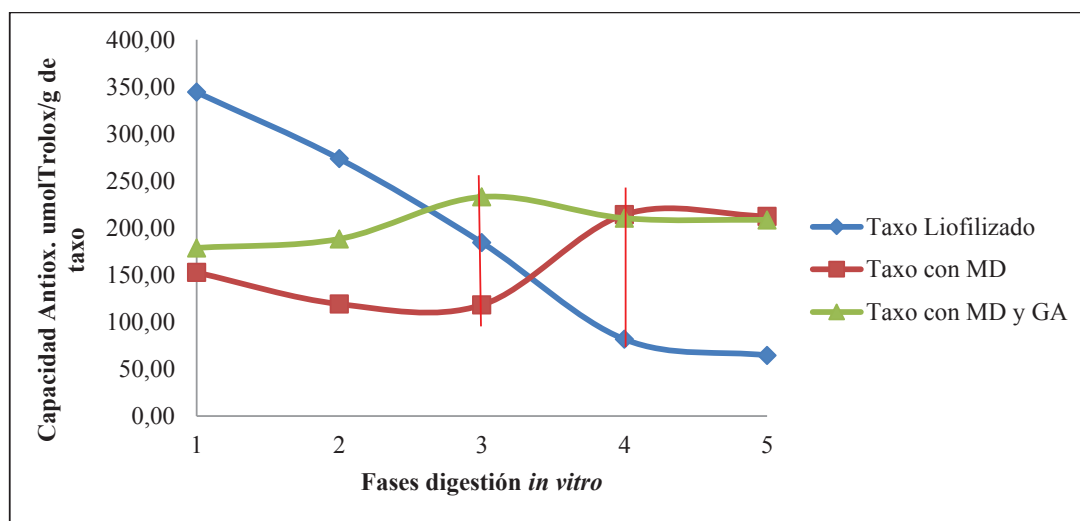
El mejor material encapsulante para el taxo al momento de la liberación del compuesto bioactivo fue MD-GA, ya que permitió obtener una mayor cantidad de polifenoles en la fase intestinal.

Entre las fases: gástrica e intestinal se evidenció una pérdida del 43 % para los lío filizados de taxo. Lo contrario ocurrió con los microencapsulados con MD y MD-GA, ya que están cubiertos por el material encapsulante y no se encuentran expuestos directamente a cambios de pH, medios ácidos o alcalinos como los medios generados en el estómago e intestino delgado en la digestión *in vitro*. Los lío filizados presentaron un comportamiento muy distinto ya que estos compuestos se colocaron directamente a los diferentes medios de la digestión. De esta forma se evidenció una mayor protección de los compuestos bioactivos con la presencia del material encapsulante. Se obtuvo un 6 % menos entre las fases gástrica e intestinal de microencapsulado de MD y un 10 % para microencapsulado de MD-GA. Esta ligera diferencia podría deberse por la acción del pH generado en el estómago sobre el material encapsulante. Estudios similares que realizó Gil-Izquierdo et al., (2002) en el jugo de naranja, han demostrado que en la fase gástrica el contenido de compuestos fenólicos aumenta, lo que corrobora el aumento de polifenoles tras la acción de la fase gástrica en el presente estudio.

En la Figura 3.6 se evidencia que la capacidad antioxidante de los lío filizados disminuyó a lo largo de la digestión, mientras que en el caso de ambos microencapsulados se observa lo contrario; es decir, su capacidad antioxidante aumenta en el transcurso de la digestión.

Ambos microencapsulados exhibieron una capacidad antioxidante 3 veces superior a la del lío filizado. Lo que permite concluir que la adición de enzimas

digestivas, tiempo de exposición del producto en cada fase de la digestión *in vitro* y la velocidad de agitación a 37 °C de 150 rpm afectó directamente a la capacidad antioxidante en los liofilizados. Lo contrario sucedió con los microencapsulados de MD y MD-GA.



1: fase inicial; 2: fase bucal; 3: fase gástrica; 4: fase intestinal; 5: fase final.

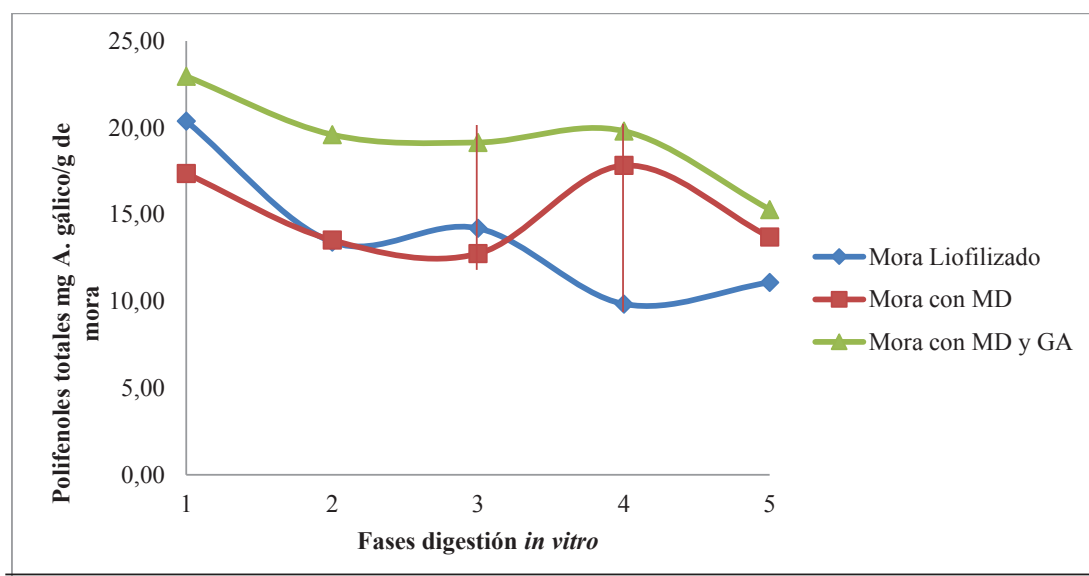
Figura 3.6 Variación de la capacidad antioxidante en cada fase de la simulación *in vitro* para el taxo

Por otro lado, también es importante mencionar que los microencapsulados de MD-GA mostraron una mayor capacidad antioxidante que los microencapsulados con MD en la fase gástrica, lo cual podría significar que mayor protección brinda la mezcla de MD-GA frente a las condiciones de pH, temperatura y enzimas digestivas.

3.3.2.2. Microencapsulados de mora

En la Figura 3.7 se observa como al final de la digestión *in vitro* los microencapsulados de mora mostraron un mayor contenido de polifenoles que su respectivo liofilizado. Este resultado está en consonancia con el obtenido en el taxo.

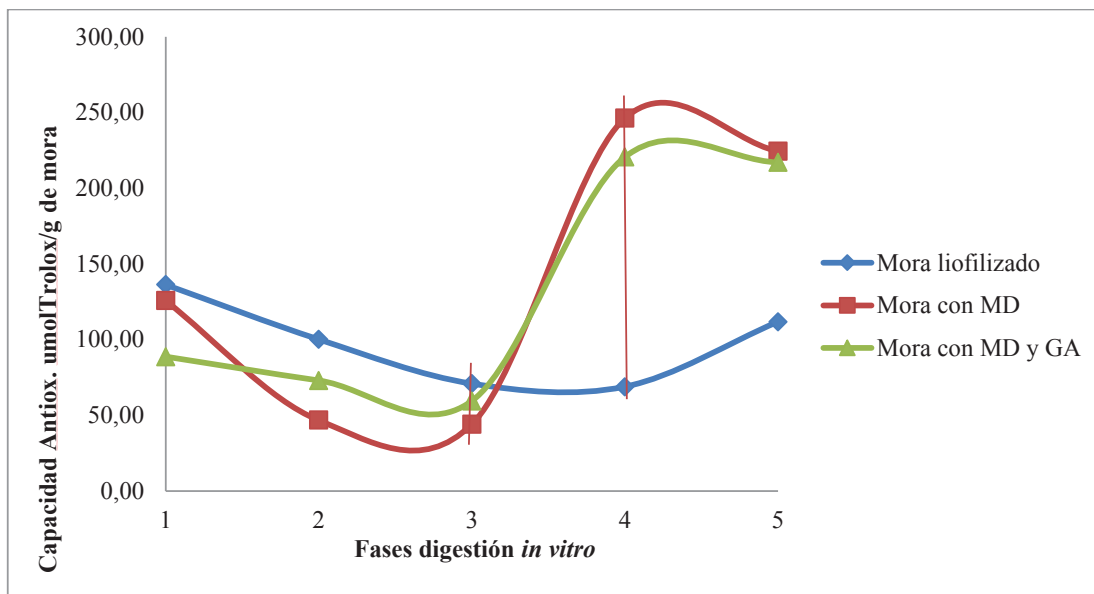
Por otro lado, se observó que el contenido de los compuestos fenólicos de los microencapsulados MD-GA se mantuvo aproximadamente constante a lo largo de la digestión, excepto la fase final que se observa una ligera disminución de compuestos fenólicos. Esta disminución pudo haberse dado al momento de ajustar el pH a 7,2 provocando una variación en su contenido de fenoles. De acuerdo a ensayos realizados por Tagliazucchi et al., (2010) en la uva, determinó el aumento de la cantidad de polifenoles tras la fase gástrica y la disminución de los fenoles en la fase intestinal. Las mismas variaciones se obtuvieron de forma similar ya que tras la fase gástrica los microencapsulados liberan su contenido fenólico por acción al medio característico simulado del estómago y tras la fase intestinal se manifestó una disminución de los compuestos fenólicos por acción de las enzimas y condiciones del medio perteneciente a esa fase.



1: fase inicial; 2: fase bucal; 3: fase gástrica; 4: fase intestinal; 5: fase final.

Figura 3.7 Variación de la concentración de polifenoles totales expresados en mg de ácido gálico en cada fase de la simulación *in vitro* para mora de Castilla

Como se indica en la Figura 3.8 al final de la digestión, la capacidad antioxidante de los microencapsulados fue 2 veces superior al liofilizado. Este resultado corrobora lo obtenido con el taxo anteriormente, es decir, que el uso de material encapsulante cumplió el papel de protección de estos compuestos bioactivos.

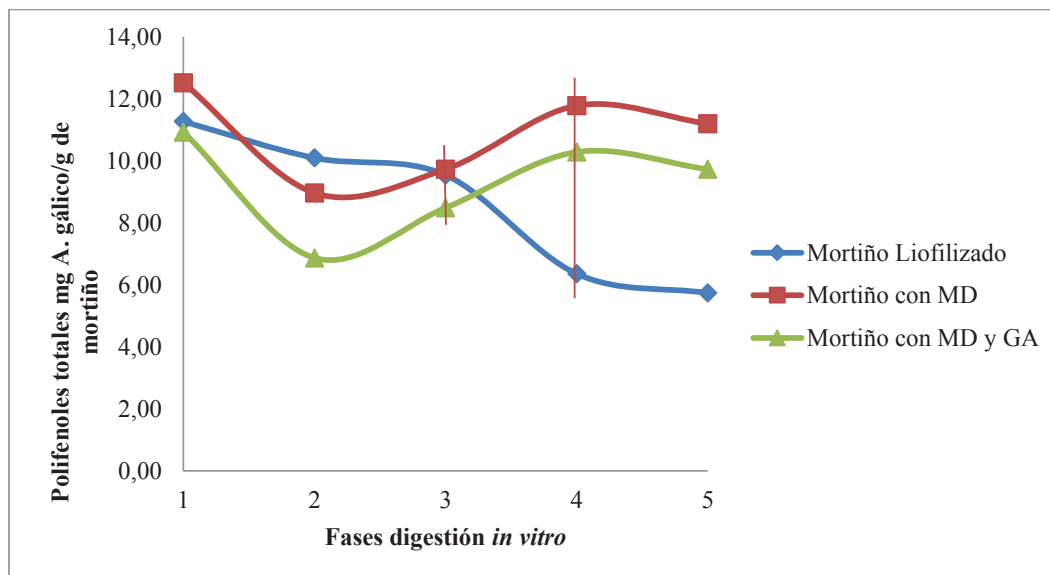


1: fase inicial; 2: fase bucal; 3: fase gástrica; 4: fase intestinal; 5: fase final.

Figura 3.8 Variación de la capacidad antioxidante en cada fase de la simulación *in vitro* para la mora de Castilla

3.3.2.3. Microencapsulados de mortiño

Finalmente, se analizaron los microencapsulados de MD y MD-GA para el mortiño y su correspondiente liofilizado. En relación al contenido fenólico (Figura 3.9) los resultados obtenidos reflejaron un aumento de los compuestos fenólicos en los microencapsulados a partir de la fase gástrica, mientras que por el contrario en el caso del liofilizado su contenido fenólico disminuyó a partir de esta fase. Lo que significa una vez más, que las muestras liofilizadas son susceptibles a medios extremos o cambios de pH.

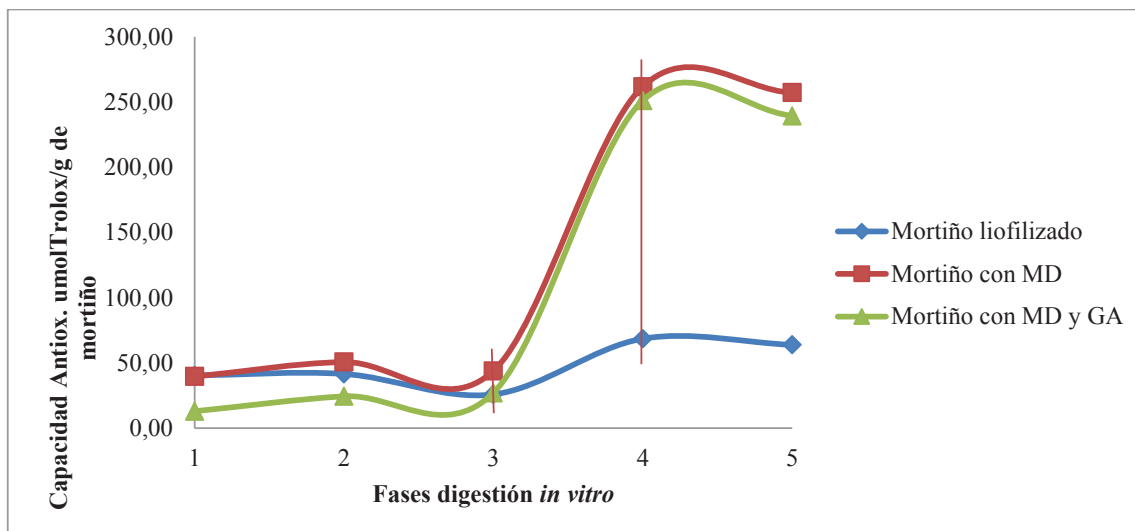


1: fase inicial; 2: fase bucal; 3: fase gástrica; 4: fase intestinal; 5: fase final

Figura 3.9 Variación de la concentración de polifenoles totales expresados en mg de ácido gálico en cada fase de la simulación *in vitro* para el mortiño

En relación a la capacidad antioxidante (Figura 3.10), los microencapsulados y liofilizados muestran un mayor incremento en su actividad antioxidante a partir de la fase gástrica, especialmente los microencapsulados.

Al final de la digestión la capacidad antioxidante de los microencapsulados fue aproximadamente 5 veces superior que la del liofilizado. Este resultado corrobora lo obtenido en taxo y mora anteriormente; lo que significa que el medio gástrico provocó una mayor pérdida de estos compuestos; lo contrario sucedió con los microencapsulados ya que se logró una liberación del 80% aproximadamente en la fase intestinal, de esta forma se aumentó la bioaccesibilidad para el mortiño microencapsulado.



1: fase inicial; 2: fase bucal; 3: fase gástrica; 4: fase intestinal; 5: fase final

Figura 3.10 Variación de la capacidad antioxidante en cada fase de la simulación *in vitro* para el mortiño

En general, para los ensayos que se realizaron en taxo, mora y mortiño; los microencapsulados de MD y MD-GA presentan un comportamiento distinto comparado con los liofilizados; ya que se evidencia en forma general, un aumento de su capacidad antioxidante, lo que significa que su bioaccesibilidad fue incrementando.

El microencapsulado que presenta y promete mayor protección y liberación en la fase intestinal fue el microencapsulado con MD-GA. La fruta microencapsulada que presenta mayor contenido de polifenoles y capacidad antioxidante fue el taxo.

La capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales en los compuestos microencapsulados aumentan su concentración a partir de la fase gástrica de la digestión; lo que evidencia la importancia de microencapsular los compuestos bioactivos presentes en las frutas; ya que sin material encapsulante la cantidad de polifenoles y capacidad antioxidante decrece en cada fase de la digestión, porque son compuestos susceptibles a temperatura y a cambios de pH.

En conjunto, los resultados sugieren que la microencapsulación de los compuestos bioactivos aumentan la bioaccesibilidad provocando grandes beneficios al ser humano; por lo que en el presente trabajo se planteó en forma aplicada la utilización del mejor microencapsulado en una bebida, se evaluó por medio de una digestión *in vitro* el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante.

3.4. EVALUACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS CON Y SIN MICROENCAPSULACIÓN ADICIONADOS EN UNA BEBIDA

Actualmente el taxo es considerado como una fruta exótica rica en compuestos bioactivos; generalmente se usa en repostería por su sabor intenso y agradable, como también en jugos o batidos en los hogares ecuatorianos. Pero no existe evidencias de su uso a nivel industrial en la elaboración de bebidas no carbonatadas o como ingrediente funcional.

Se escogió el taxo, ya que es una fruta de consumo no muy tradicional en comparación con la mora y el mortiño. El taxo según Vasco et al., (2009) es una fuente natural de vitamina C ya que posee 77 mg de ácido ascórbico/100 g de fruta fresca, además contiene cantidades altas de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante como se demostró anteriormente en el presente estudio.

Se realizó una bebida de taxo con el microencapsulado que presentó mejor capacidad de protección y mayor liberación en la fase intestinal del compuesto bioactivo; el material encapsulante escogido fue MD-GA en una proporción de 90 % de MD y 10 % de GA; ya que este presentó los mejores resultados en cuanto a la bioaccesibilidad en la fase intestinal. Como muestra control se realizó una bebida con el liofilizado de taxo.

En las Figuras 3.11 y 3.12 se muestran los resultados del contenido fenólico y capacidad antioxidante de las bebidas. Se evidencia la diferencia del uso de

microencapsulados en una bebida, ya que se observa una disminución de las dos formulaciones de bebidas hasta la fase gástrica (3); a partir de esta fase se nota una alta disminución del componente bioactivo por presencia de enzimas digestivas y cambios de pH bruscos en la bebida preparada con liofilizados; lo contrario ocurre con los microencapsulados ya que el papel del material que cubre los compuestos bioactivos se nota ligeramente afectado en las condiciones de cada fase de la digestión.

La cantidad bioaccesible es mayor cuando se tiene microencapsulados de compuestos bioactivos en una simulación *in vitro*; es decir, 20 mg GAE/g de taxo con microencapsulados y 12 mg GAE/g de taxo con liofilizados. Por lo que el uso de microencapsulados promete una mayor bioaccesibilidad de los compuestos bioactivos en el organismo.

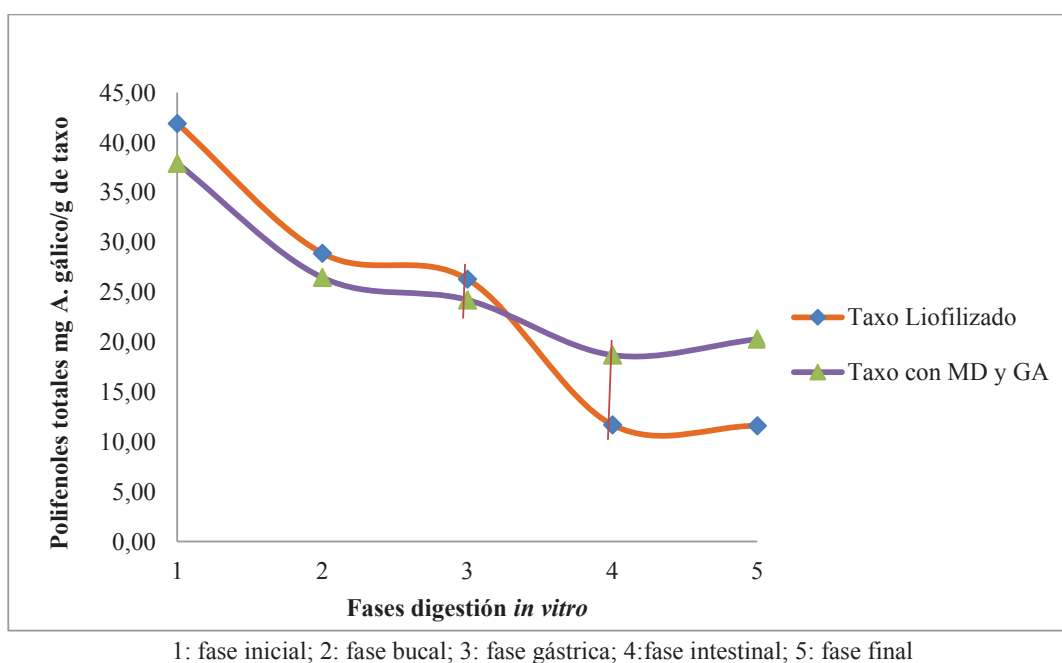


Figura 3.11 Variación de la concentración de polifenoles totales expresados en mg de ácido gálico en cada fase de la simulación *in vitro*; para la bebida de taxo con liofilizados y microencapsulados MD-GA

En relación al contenido fenólico, las bebidas de taxo liofilizado y microencapsulado con MD-GA mostraron un comportamiento similar desde la fase inicial de la digestión hasta la fase gástrica. A partir de esta fase la bebida

con liofilizados presentó una disminución en el contenido fenólico, lo contrario ocurrió con la bebida con microencapsulados; ya que esta permanece relativamente constante a lo largo de la fase gástrica, intestinal y final. Una vez más se corrobora lo mencionado en los anteriores apartados que el efecto de los microencapsulados es positivo al momento de proteger los compuestos bioactivos.

Según Chen et al., (2013) evaluaron 9 jugos de té disponibles comercialmente, y observaron que después de la fase gástrica una disminución significativa en el contenido total de polifenoles de 5 jugos; y que después de la fase intestinal, se obtuvo un aumento adicional en el contenido total de polifenoles en 4 de los jugos. Los autores justifican ese aumento debido a la transformación estructural de los polifenoles que por su exposición a medios drásticos cambian de forma estructural provocando una mayor liberación de compuestos fenólicos. Por lo que el uso de un material que garantice una protección de compuestos activos y una pérdida reducida de los compuestos bioactivos es de gran importancia, como se ha realizado en el presente trabajo el uso de la microencapsulación.

En la Figura 3.12 se presenta el comportamiento de la capacidad antioxidante a lo largo de la digestión *in vitro* de los compuestos fenólicos de las dos bebidas (liofilizado y MD-GA) de taxo. En la fase gástrica existió una disminución del 60 % aproximadamente para la bebida con liofilizados y un aumento del 20 % para la bebida con MD-GA.

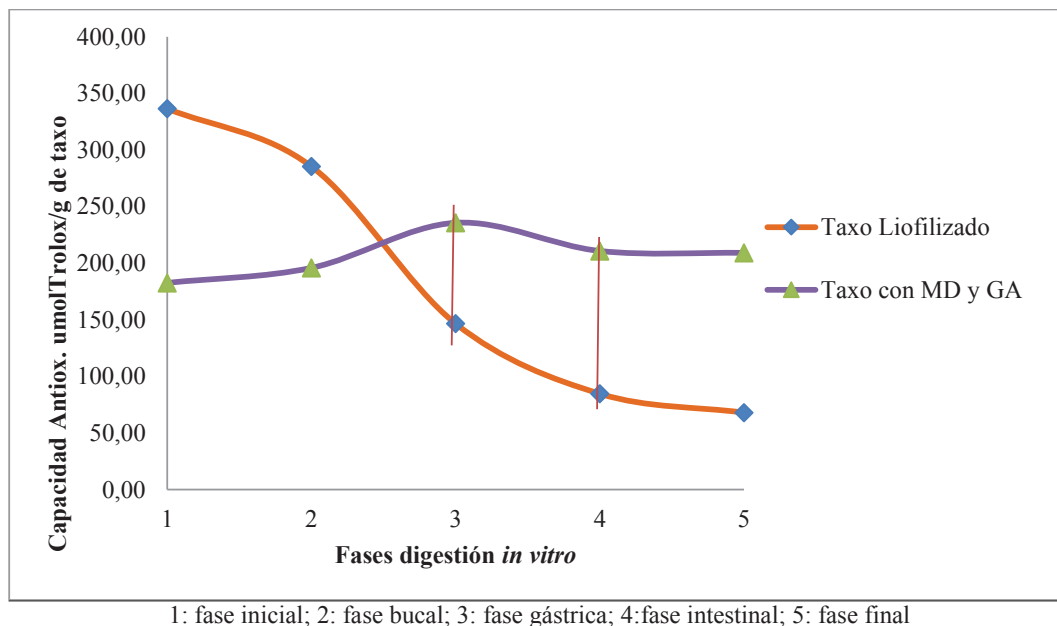


Figura 3.12 Variación de la la capacidad antioxidante en cada fase de la simulación *in vitro*; para la bebida de taxo con liofilizados y microencapsulados MD-GA

En general, la evaluación del uso de los microencapsulados en una bebida, evidenció una vez más el efecto positivo a la hora de conservar y mejorar la bioaccesibilidad de los compuestos bioactivos. Lo que significó que la necesidad de usar un material protector y estabilizador a nivel molecular para resguardar el potencial de los compuestos bioactivos en la producción de alimentos funcionales que contribuyan positivamente a mejorar la salud.

3.4.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

Con el objetivo de evaluar posibles diferencias en los atributos sensoriales de las bebidas elaboradas con liofilizados y microencapsulados de taxo, se procedió a realizar un análisis sensorial. Para ello se contó con la colaboración de 12 panelistas semi entrenados. Los atributos evaluados fueron: apariencia, color, aroma, sabor, acidez, astringencia y presencia de sabores extraños de la bebida.

En este análisis se realizó un test sensorial con una escala endónica de 9, como se muestra en el ANEXO 1. La escala de valores fue desde 0 a 10; siendo 0

desagradable y 10 agradable. Los resultados del análisis sensorial se presentan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Resultados de la evaluación sensorial para bebida enriquecida con liofilizado de taxo y bebida enriquecida con microencapsulados de taxo

	ATRIBUTOS						
	Apariencia	Color	Aroma a Taxo	Sabor a fruta	Acidez	Astringencia	Presencia sabores extraños
T ₁	8,50 ± 0,17	7,86 ± 0,05	7,96 ± 0,15	6,76 ± 0,05	3,76 ± 0,05	0,23 ± 0,05	0,83 ± 0,28
T ₂	9,10 ± 0,10	8,03 ± 0,15	8,20 ± 0,17	6,73 ± 0,05	3,83 ± 0,20	0,5 ± 0,0	2,0 ± 0,05
P*	0,0065	0,1518	0,1550	0,5185	0,6213	0,0013	0,0022

$\bar{x} \pm \sigma$ (n=3)

T1:bebida enriquecida con liofilizados de Taxo

T2:bebida enriquecida con microencapsulados de Taxo

*Análisis estadístico de cada tratamiento por cada atributo.

A continuación se presenta el análisis por cada atributo.

3.4.1.1. Análisis de la apariencia

La apariencia es uno de los atributos más importantes, ya que es decisiva para el consumo y compra del producto. En este análisis se comprobó los cambios de este parámetro ante la presencia de microencapsulados de taxo presentes en una bebida.

Los resultados obtenidos (Tabla 3.6) reflejaron que los panelistas percibieron una apariencia más agradable en la bebida obtenida a partir del microencapsulado de taxo (9,10) que a partir del liofilizado (8,50). Lo que significa que la alta valoración de ambas bebidas podría reflejarse en una mejor aceptación por parte del consumidor. De acuerdo al análisis estadístico realizado se obtuvo que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) con 0,0065 para el presente atributo.

La percepción de la apariencia por parte de los panelistas es más homogénea y agradable en la bebida preparada con el microencapsulado que con el liofilizado, como se observa en la Figura 3.13. del gráfico de medias para este atributo.

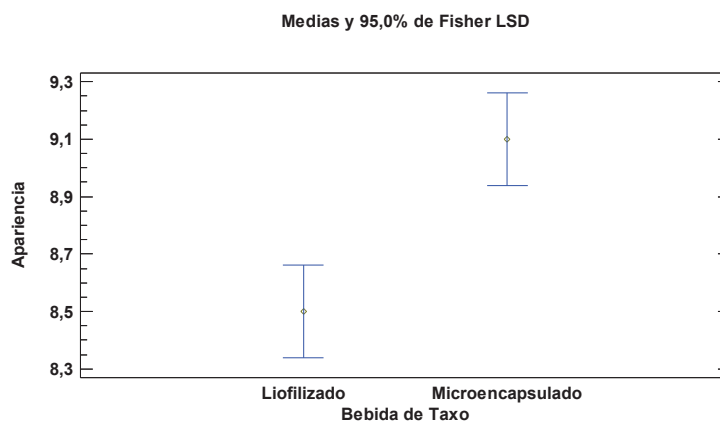


Figura 3.13 Gráfico de medias para atributo apariencia por bebida de taxo

3.4.1.2. Análisis de el color

El color es un atributo determinante, ya que puede influir en la percepción de otro atributo como es el sabor. La percepción de un color desagradable se puede asociar a un sabor desagradable; por lo cual es de gran importancia el atributo color en la evaluación de un nuevo producto.

En la Tabla 3.6 se detalla los resultados obtenidos, donde los panelistas percibieron un color más agradable en la bebida obtenida a partir del microencapsulado de taxo (8,03) que a partir del liofilizado (7,86). De acuerdo al análisis estadístico realizado se obtuvo que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$).

En la Figura 3.14 muestra que la bebida enriquecida con microencapsulados tiene una mayor percepción de color más intenso con relación a la bebida enriquecida con liofilizados; pero los panelistas no percibieron una gran diferencia para este atributo.

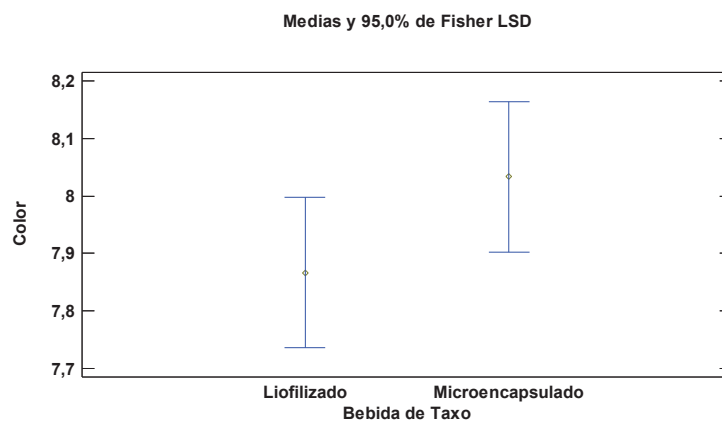


Figura 3.14 Gráfico de medias para atributo color por bebida de taxo

3.4.1.3. Análisis de aroma a Taxo

El aroma es también una de las propiedades importantes de los alimentos, por lo que su percepción agradable e intensa influye notoriamente a la hora de elegir un producto. Se realizó un análisis estadístico ANOVA con el 95 % de confianza, donde no existe diferencia significativa ($p < 0,05$), donde el valor de p es de 0,15 entre las bebidas con microencapsulados y liofilizados.

Los panelistas percibieron un aroma a taxo más intenso en la bebida obtenida a partir del microencapsulado de taxo (8,20) que a partir del liofilizado (7,96). Lo que significa que la alta valoración en el presente atributo de las bebidas podría reflejar una alta aceptación por parte del consumidor.

En la Figura 3.15 se observa el gráfico de medias para este atributo y los diferentes niveles de la bebida de taxo, por lo que se induce que el aroma a taxo se percibió con mayor intensidad en la bebida con microencapsulado.

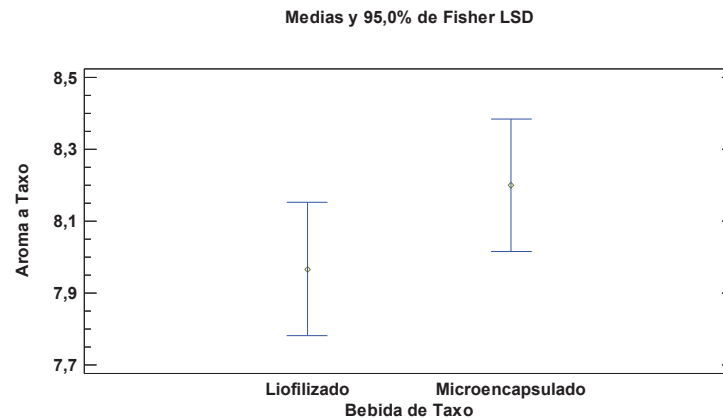


Figura 3.15 Gráfico de medias para atributo aroma a taxo por bebida de taxo

3.4.1.4. Análisis de sabor a fruta

El sabor a fruta en una bebida es un factor diferenciador entre productos similares por lo que es de gran importancia su percepción; como resultado se obtuvo un promedio de calificación de 6,73 para la bebida con microencapsulados. Se realizó un análisis estadístico ANOVA con 95 % de confianza, y se determinó que no existe estadísticamente diferencia significativa entre los dos tipos de muestras.

Según la Figura 3.16 la bebida con microencapsulados tiene una pequeña diferencia con la bebida de liofilizados; los panelistas percibieron un poco de mayor intensidad el sabor a fruta en la bebida con liofilizados.

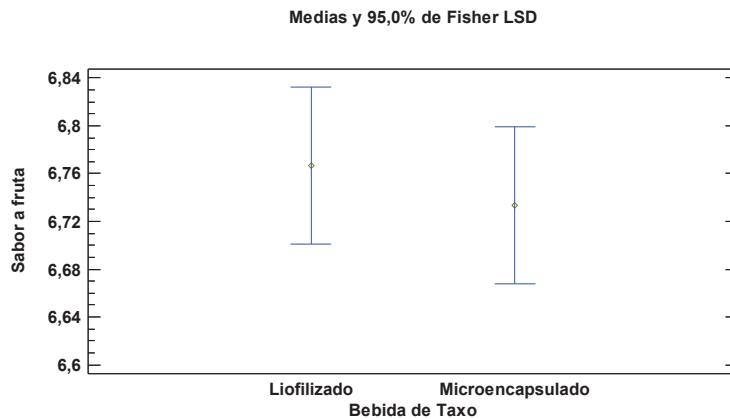


Figura 3.16 Gráfico de medias para atributo sabor a fruta por bebida de taxo

3.4.1.5. Análisis de la acidez

Se realizó un análisis estadístico ANOVA, y se encontró que tampoco existe diferencia significativa para este atributo entre las muestras preparadas con liofilizados y encapsulados; además según la Figura 3.17 los panelistas no percibieron diferencia con relación a este atributo característico en frutas en los dos tipos de muestras analizadas.

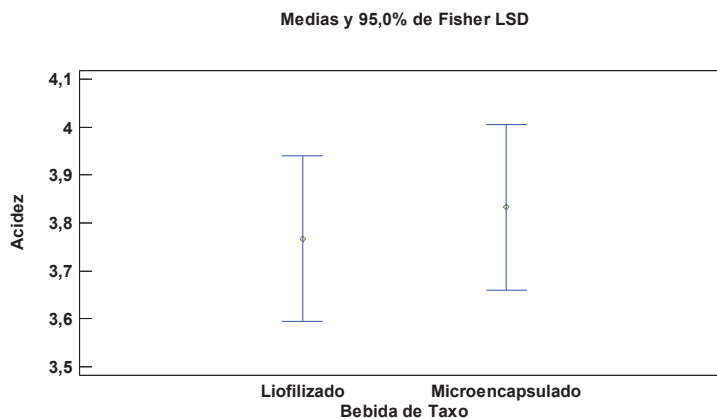


Figura 3.17 Gráfico de medias para atributo acidez por bebida de taxo

3.4.1.6. Análisis de la astringencia

Se realizó un análisis estadístico ANOVA, donde el valor de p fue de 0,0013 (Tabla 3.6). Los resultados obtenidos reflejaron que los panelistas percibieron en ambas bebidas la astringencia con: 0,23 para la bebida con liofilizados y 0,5 para la bebida con microencapsulados. Por lo tanto, existe diferencia significativa para este atributo.

Según la Figura 3.18. muestra el atributo astringencia entre los dos niveles de bebida de taxo, donde los panelistas percibieron diferencia entre las bebidas. Esta diferencia en la percepción de este atributo, podría justificarse debido a la presencia del material encapsulante presente en los microencapsulados de taxo y donde los panelistas distinguieron un sabor diferente en comparación a la bebida con liofilizado.

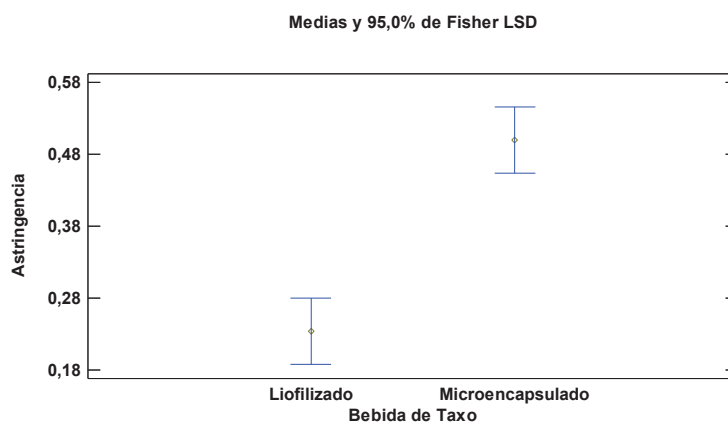


Figura 3.18 Gráfico de medias para atributo astringencia por bebida de taxo

3.4.1.7. Análisis de la presencia de sabores extraños

Finalmente se evaluó la posible percepción de la presencia de sabores extraños en las dos bebidas. Estos sabores podrían ser causados por el material utilizado como material encapsulante, como son: goma arábica y maltodextrina.

Se realizó un análisis estadístico ANOVA, donde el (valor de p) fue de 0,0022 por lo tanto existe diferencia significativa entre los dos tipos de bebida. Los resultados obtenidos (Tabla 3.6) reflejaron que los panelistas percibieron sabores extraños en la bebida obtenida a partir de microencapsulados (2,0) que a partir de liofilizados (0,83). La presencia del material encapsulante fue detectado como sabor extraño, aunque su valoración es mínima y no afectó la presentación del producto. Se debería utilizar aditivos que enmascaren los sabores extraños o que a su vez acentuen con mayor intensidad el sabor a taxo.

En la Figura 3.19 se observa la gráfica de medias del presente atributo y la diferencia significativa producto de la percepción de los panelistas.

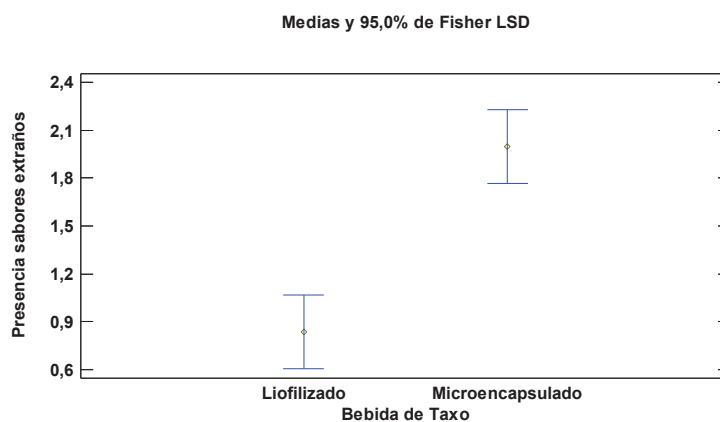
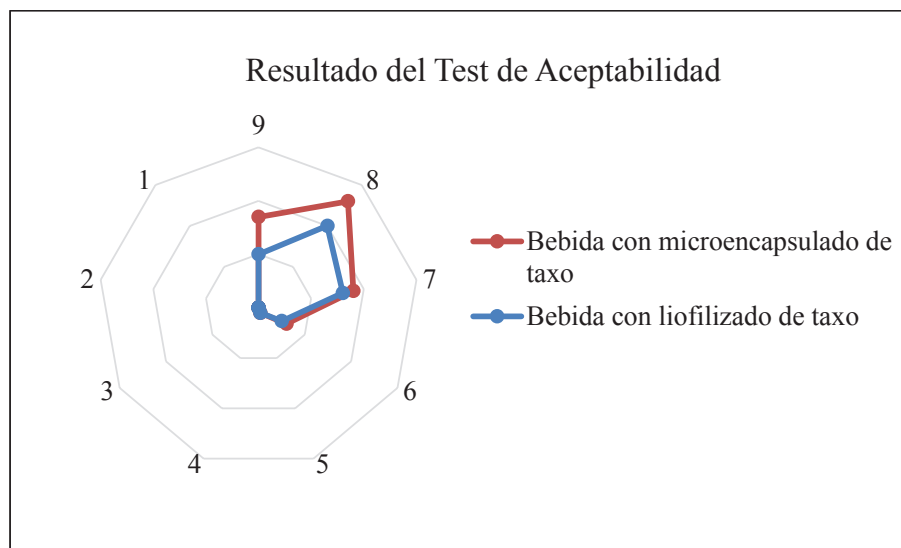


Figura 3.19 Gráfico de medias para atributo presencia de sabores extraños por bebida de taxo

Los resultados determinados en el análisis sensorial para la bebida de taxo con microencapsulados, definen que la utilización del taxo en una bebida promete un gran potencial en el mercado de bebidas no carbonatadas. Su sabor único, intenso y color característico podría atraer a los consumidores y aumentar su interés en una bebida única y con grandes aportes a la salud humana. Cada atributo mostró las mejores características y puntajes en comparación a la bebida de taxo con liofilizados.

3.4.2. EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DE LA BEBIDA CON COMPUESTOS BIOACTIVOS MICROENCAPSULADOS

Con el propósito de evaluar la aceptación de la bebida enriquecida con microencapsulados de taxo se realizó un test de aceptabilidad a 120 personas; donde se utilizó una bebida de taxo con liofilizados como muestra control o referencial. A continuación se describen los resultados de la evaluación de la aceptabilidad:



*9-Me gusta muchísimo; 8-Me gusta mucho; 7-Me gusta bastante; 6-Me gusta ligeramente; 5-Ni me gusta ni me disgusta; 4-Me disgusta ligeramente; 3-Me disgusta bastante; 2-Me disgusta mucho; 1-Me disgusta muchísimo

Figura 3.20 Gráfico radial del Test de Aceptabilidad realizado a 120 personas

De acuerdo a la Figura 3.20 las personas encuestadas prefirieron o sintieron mayor aceptabilidad con la bebida enriquecida con microencapsulados de taxo; se observa claramente que existe mayor cantidad de personas que calificaron a la bebida con microencapsulados entre las opciones: Me gusta muchísimo (9); Me gusta mucho (8) y Me gusta bastante (7).

Se realizó un análisis más detallado sobre el test de aceptabilidad realizado, donde se obtuvo los siguientes resultados:

- Pruebe las siguientes muestras y marque con una X en la región que corresponda en la escala.

Como se muestra en la Figura 3.21. El 28 % de la población encuestada escoge la bebida B con la opción “Me gusta muchísimo”, en comparación al 16 % que catalogan al producto A como mejor opción. Lo que indica que la bebida con mayor potencial para ingresar en el mercado de bebidas es el producto B, debido a la aceptación del mismo.

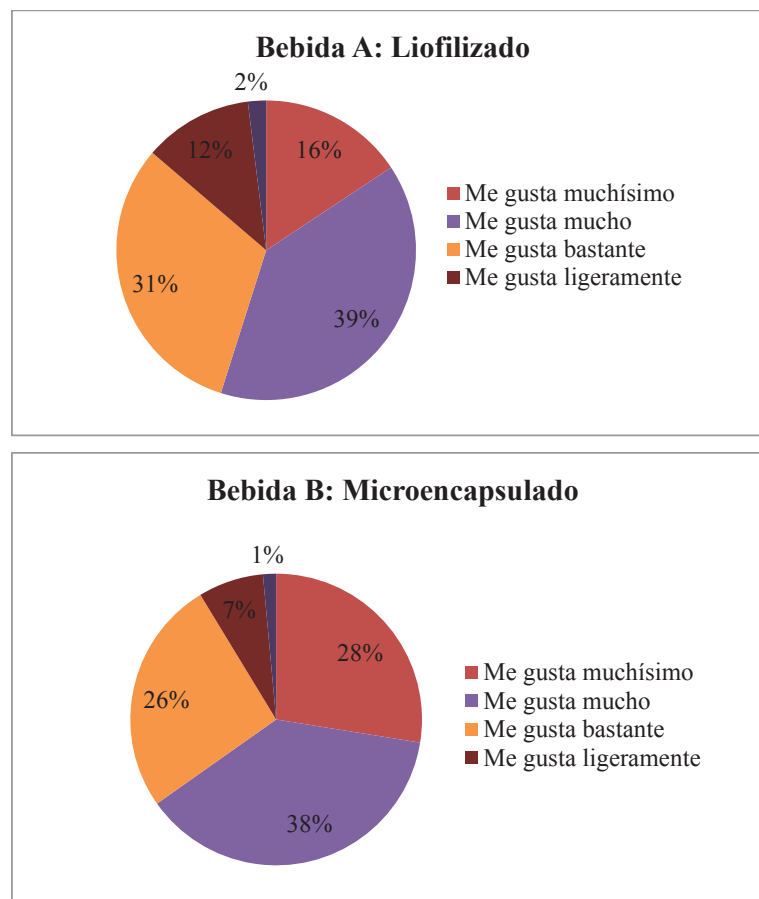


Figura 3.21 Porcentaje de respuesta de la escala endónica para A y B

- ¿Conoce el beneficio al consumir productos ricos en antioxidantes?
Si___ No___

El 71 % de la población encuestada desconoce los beneficios para la salud de consumir productos ricos en antioxidantes, como se puede observar en la Figura 3.22. Por lo que se debería informar al consumidor cuales son los beneficios del consumo de alimentos enriquecidos con antioxidantes.

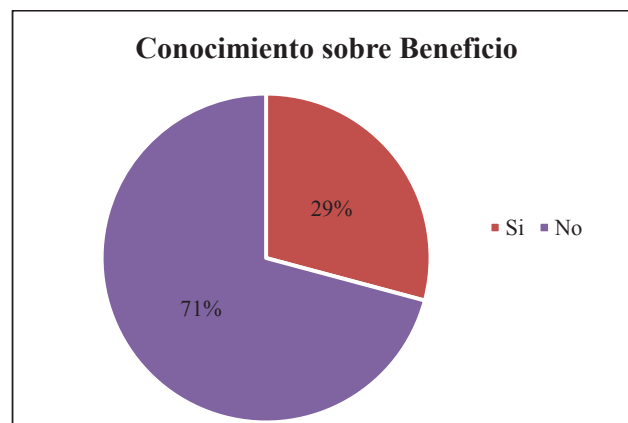


Figura 3.22 Porcentaje de conocer beneficios de productos ricos en antioxidantes

- ¿Si el producto que usted degustó estuviera disponible en el mercado lo consumiría?
Si___ No___

El 91 % de las personas encuestadas responden que si el producto estuviera disponible a la venta en el mercado lo compraría y consumiría, al contrario del 9 % que no muestra interés en adquirir el producto como muestra la Figura 3.23. Esto significa que la probabilidad de éxito y la introducción del producto en el mercado es prometedora.

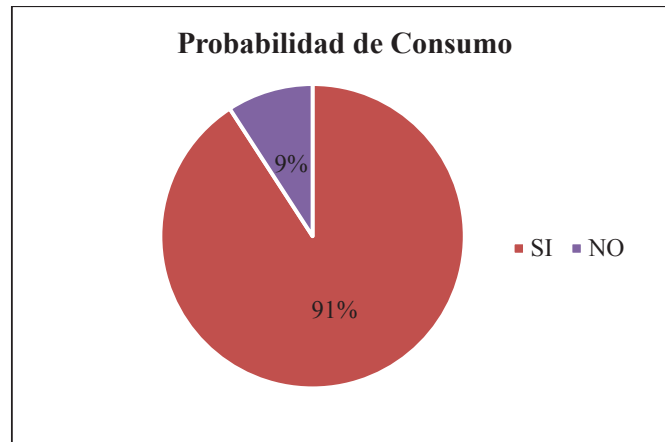


Figura 3.23 Porcentaje de la probabilidad de consumo

- ¿Si su respuesta es afirmativa, cuántas veces consumiría el producto?

1 a 2 veces por semana___ 3 a 4 veces por semana___ 1 vez por mes___

La Figura 3.24, muestra que el 58 % de la población objeto de nuestra encuesta consideraría el consumo del producto de 3 a 4 veces por semana y el 37 % lo consumiría de 1 a 2 veces por semana. Esto demuestra el agrado e interés del consumo del producto.

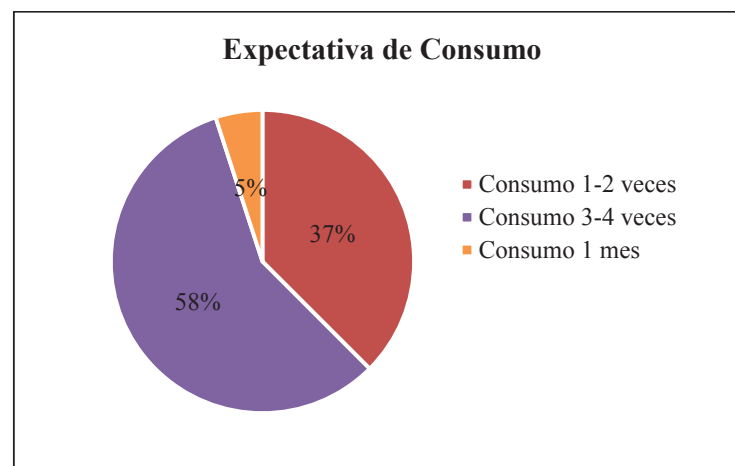


Figura 3.24 Porcentajes por expectativa de consumo

- ¿Qué presentaciones de envase le gustaría que existan en el mercado?

250 mL___ 500 mL___ 1 L___ 2 L___

Se observa en la Figura 3.25, el 48 % del universo encuestado prefirieron una presentación de 250 ml y el 38 % deseó la presentación de 1 litro, por lo que el producto en las dos presentaciones son de mayor preferencia en la demanda de bebidas no alcohólicas, aún más si presenta un beneficio a la salud.

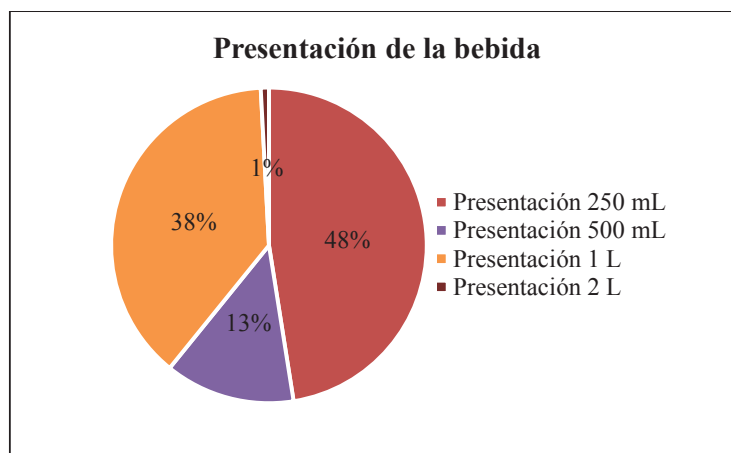


Figura 3.25 Porcentajes de presentación del producto por 120 encuestados

3.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO ENRIQUECIDO CON COMPUESTOS BIOACTIVOS MICROENCAPSULADOS

Se realizó una estimación económica para el desarrollo de una bebida con compuestos bioactivos microencapsulados. Cabe aclarar que para la presente estimación se consideró: ubicación de la planta, costo del terreno, equipos relacionados con el proceso productivo, gastos administrativos, volumen de producción, etc.; no se consideró ningún rubro o forma de financiamiento.

La ciudad de Machachi es un territorio ambientalmente sostenible, que valora y protege sus recursos; cuenta con una estratégica ubicación a nivel industrial para

la elaboración, producción, distribución y comercialización de productos. De acuerdo a lo mencionado anteriormente se escogió a la ciudad de Machachi como el lugar idóneo para la localización de la planta para la producción de una bebida con compuestos bioactivos microencapsulados.

Las frutas como: taxo, mora y mortiño se consideraron como materia prima para la elaboración de bebidas con microencapsulados. El costo de la materia prima oscila entre 1,00 USD para taxo, mora 1,50 USD y para mortiño 1,77 USD por cada kilogramo de fruta respectivamente. Se asumió que semanalmente se comprará 560 kg de taxo, 400 kg de mora y 560 kg de mortiño.

Se consideró un volumen de producción de 8 000 L diarios, y también que la capacidad real de producción es 10 000 L diarios de producto terminado; ya que podría existir una mayor demanda del producto. Los equipos principales que se necesitan para la producción de la bebida son: despulpador, secador spray dryer, mezclador, pasteurizador, envasadora. Los mismos que con ayuda de catálogos en internet se pudo estimar el costo para la adquisición de cada uno de ellos. En la Tabla 3.7 se detalla el precio de cada equipo relacionado con el proceso de producción.

Tabla 3.7 Precio aproximado de los equipos considerados en el proceso de elaboración de la bebida

Equipos	Cantidad	Precio USD
Despulpador	2	4 500
Secador spray dryer	1	75 000
Mezclador Almix	1	5 000
Homogenizador	1	10 000
Pasteurizador	1	45 000
Envasador	2	9 800

Los utensilios e instrumentación que se requiere principalmente son: pHmetro, vidones, refractómetro, balanzas analíticas, material de laboratorio.

Para la elaboración de la bebida se requerirá la contratación de: 4 colaboradores para el área de producción, un analista de calidad, un jefe de planta y una secretaria; se consideró que la fuerza laboral se incrementará a medida que se genere mayores rubros para la planta.

A continuación en la Figura 3.26 se observa el diagrama de flujo del proceso para la producción de una bebida con microencapsulados.

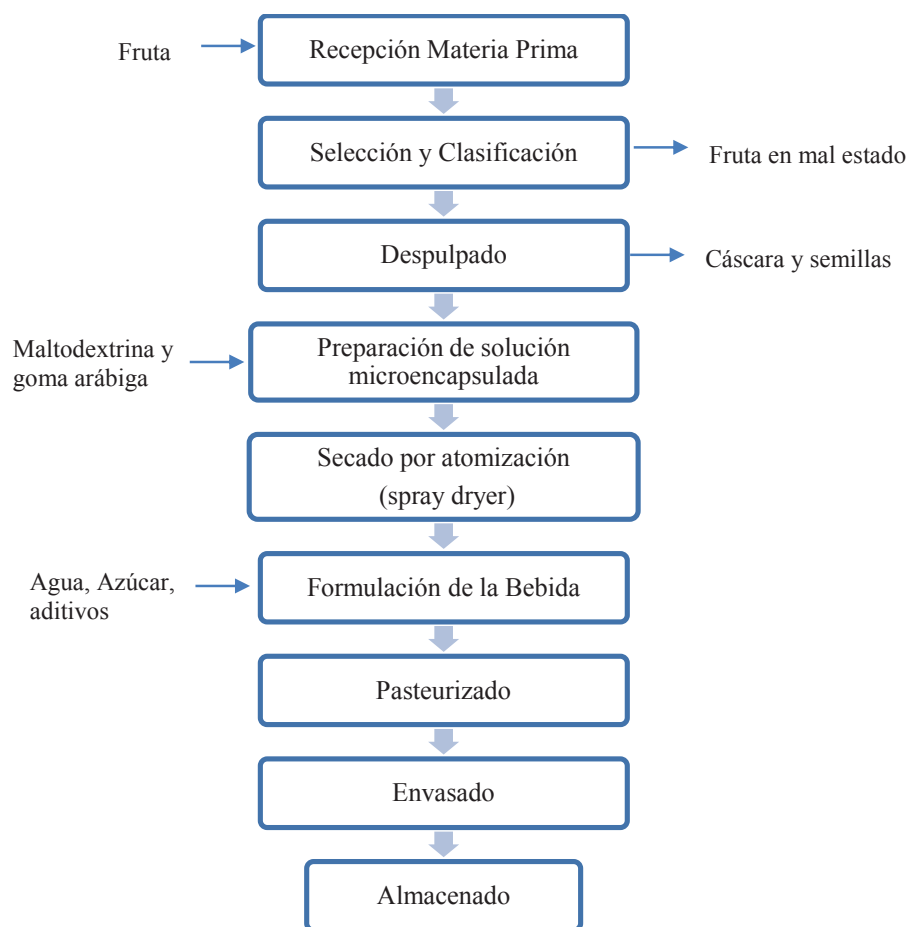


Figura 3.26 Diagrama de proceso para la obtención de una bebida enriquecida con microencapsulados

Se propuso 3 presentaciones del producto terminado siendo estas de: 250 mL, 750 mL y 1 L. Actualmente el mercado de bebidas, como jugos enriquecidos,

néctar, zumos, etc. constan de una gran variación de presentaciones y precios para el consumidor, donde los volúmenes más comunes son: 250 mL y 1 L.

El producto obtenido se venderá en supermercados como AKI, Santa María, Supermaxi. Estos supermercados son de mayor preferencia por el consumidor. El precio del producto se calculó tomando en cuenta: costos directos e indirectos, depreciaciones y mantenimiento.

A continuación se detallan los costos relacionados con la producción de la bebida.

Se observa la inversión del activo fijo en la Tabla 3.8, el cual tiene un monto de 345 804 USD, siendo el activo diferido de 21 911 USD que representa el 6 % de la inversión total y el capital de trabajo con 50 000 USD que corresponde al 14 %.

Tabla 3.8 Inversiones implicadas en la producción de una bebida con microencapsulados

INVERSIÓN TOTAL		
Rubro	Valor USD	%
<u>Activo fijo</u>		
Maquinaria y equipo	149 300	43
Instalación maquinaria y equipo	3 200	1
Terreno y construcciones	102 000	29
Utensilios e instrumentación	2 850	1
Equipo y muebles de oficina	3 500	1
Imprevistos 5 %	13 043	4
Activo diferido	21 911	6
Capital de Operación	50 000	14
<u>Total USD</u>	345 804	100

La Tabla 3.9 detallan los costos mensuales de producción de la bebida con microencapsulados, mismos que son: costos de materia prima, materiales directos e indirectos de producción, suministros de agua, energía, combustible, mano de obra directa e indirecta, depreciaciones; mantenimiento de maquinaria y de infraestructura.

Tabla 3.9 Costos mensuales considerados en la producción de una bebida con microencapsulados

Costos Mensuales Producción		
Rubro	Valor USD	%
<u>Materiales Directos</u>		
Materia prima	8 600	38
Mano de obra directa	5 480	24
<u>Rubros indirectos</u>		
Mano de obra indirecta	1 232	5
Materiales indirectos	800	4
Suministros	1 500	7
<u>Depreciaciones</u>		
Construcciones	425	2
Maquinaria y equipo	1 244	6
Activo intangible	200	1
<u>Mantenimiento</u>		
Maquinaria y equipos	1 500	7
Edificios	1 000	4
<u>Sub total</u>	21 981	
Imprevistos	440	2
<u>Total USD</u>	22 421	100

Se observa que el valor más alto con 38 % corresponde al rubro de costos por materia prima con relación al costo total de producción.

La Tabla 3.10, muestra los costos operacionales mensuales; se detalla los costos de producción, costo de ventas, gastos administrativos y financieros.

Tabla 3.10 Costos operacionales mensuales para producir una bebida con microencapsulados

Rubro	Valor USD	%
Costo producción	22 421	58
Costo de ventas	7 200	19
Gastos administrativos	6 500	17
Gastos financieros	2 692	7
<u>Total USD</u>	38 813	100
Litros producidos mensual	24 000	
Costo por litro	2.04	

Para una mayor accesibilidad en el mercado de jugos y bebidas se realizó un análisis de costos para 3 tipos de presentación: 250 mL, 750 mL y de 1 L.

En la Tabla 3.11 se detalla los costos y precios de cada presentación, como también las unidades producidas; teniendo precios desde 0,46 USD hasta 1,86 USD el precio por bebida con microencapsulados. Se comparó con una bebida enriquecida con vitamina C (Cifrut) su precio oscila entre 0,25 USD y 1,25 USD, lo que significa que nuestro producto tendría una gran acogida en el mercado de bebidas ya que posee ventajas competitivas como: nuevos y mejores sabores y beneficios adicionales para la salud del consumidor.

Tabla 3.11 Costo unitario y precio unitario por cada presentación de la bebida con microencapsulados

Presentación	Costo USD	Precio USD	Unidades Producidas
Envase 250 mL	0,40	0,46	40 000
Envase 750 mL	1,21	1,39	12 000
Envase 1 L	1,62	1,86	5 000

Actualmente el mercado de bebidas es muy saturado debido a los diferentes productos, precios y presentaciones que existen; por lo que la presente estimación de costos se realizó con el objeto de evaluar los costos de la producción de una bebida con microencapsulados rica en compuestos bioactivos.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. La fruta con mayor cantidad de compuestos fenólicos fue el taxo con un valor de $1\,201,87 \pm 47,7$ mg GAE/100 g, seguido por mora de Castilla con $782,19 \pm 41,8$ mg GAE/100 g y mortiño con $436,59 \pm 21,9$ mg GAE/100 g.
2. La capacidad antioxidante del taxo fue $71,22 \pm 5,50$ μ mol Trolox/g, mora de Castilla con $43,18 \pm 1,91$ μ mol Trolox/g y mortiño con $21,69 \pm 1,77$ μ mol Trolox/g.
3. Los mejores resultados de bioaccesibilidad en cada fase de la digestión *in vitro*, correspondieron al uso de microencapsulados de maltodextrina y goma arábica para las tres frutas estudiadas.
4. En cada fase de la digestión *in vitro*, los compuestos fenólicos microencapsulados sufrieron una disminución de sus compuestos bioactivos y de su capacidad antioxidante. Con las frutas liofilizadas, la disminución fue del 50 % sobre todo en la fase gástrica.
5. El contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante se vió afectado en las fases en donde el cambio del pH induce una afectación del material encapsulante provocando una liberación de los compuestos fenólicos.
6. En la fase intestinal se obtuvieron valores de liberación del 60 % y 80 % de taxo, mora y mortiño para polifenoles totales, respectivamente. En las muestras liofilizadas la cantidad de componentes bioaccesibles fue reducida, ya que su liberación fue significativa en la fases de la digestión previa a la fase intestinal.

7. La capacidad antioxidante de los microencapsulados de cada fruta con relación a la muestra control aumentaron 3, 2 y 5 veces más para taxo, mora y mortiño, respectivamente, en la fase intestinal.
8. El análisis sensorial demostró que los atributos como: apariencia, color, sabor, aroma y acidez evaluados en la bebida con microencapsulados; no se vieron alterados por la presencia del material encapsulante. La astringencia y presencia de sabores extraños fueron atributos que los panelistas percibieron diferencia en comparación con la muestra control sin que estas sean estadísticamente significativas.
9. La aceptabilidad del producto fue satisfactoria de acuerdo a las evaluaciones realizadas; el 91 % de las personas encuestadas manifestaron su deseo de consumir la bebida con microencapsulados si esta estuviera disponible en el mercado.
10. La estimación de costos realizada sugiere que el producto posee un precio competitivo, siendo 0,46 USD para presentaciones de 200 mL, 1,39 USD para 750 mL y 1,86 USD para 1 L.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio más detallado para la evaluación de la bioaccesibilidad y su posterior biodisponibilidad de compuestos bioactivos utilizando métodos *in vitro* como células Caco-2 o su vez métodos *in vivo*.
2. Para mejorar la aceptabilidad del producto obtenido se recomienda usar aditivos que resalten el sabor a la fruta y enmascaren el sabor del material encapsulante.
3. Hacer un estudio de mercado y de factibilidad técnico económica para determinar con mayor precisión el precio real de una bebida preparada con microencapsulados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abadiano, L. (2015). *Desarrollo de un ingrediente funcional a partir de pulpa de mora (Rubus glaucus Benth) y pulpa de mortiño (Vaccinium floribundum Kunth), mediante la microencapsulación de compuestos fenólicos*. (Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniera Agroindustrial). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
2. AOAC International. (2007). Association of Official Analytical Chemist, 2005, "Official Methods of Analysis", 18th Edition, Virginia, D. C. USA.
3. Arias, J. (2013). *Estudio del efecto de pre-tratamientos en la deshidratación de mortiño (Vaccinium floribundum Kunth) sobre la velocidad de secado y contenido de polifenoles y antocianinas*. (Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniera Química). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
4. Avello, M. y Suwaslky, M. (2006). Radicales libres, Antioxidantes naturales y Mecanismos de protección. *Revista Científica de América Latina y El Caribe*, España y Portugal, 494, 161-172.
5. Barba, F., Esteve, M., Tedeschi, P., Brandolini, V. y Frígola, A. (2013). A comparative study of the analysis of antioxidant activities of liquid foods employing spectrophotometric, fluorometric, and chemiluminescent methods. *Food Anal Methods*. 6(1), 317-32. doi: 10.1007/s12161-012-9441-3.
6. Bermúdez, M., Tomas, F. y García, M. (2007). Stability of polyphenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to *in vitro* gastric and pancreatic digestion. *Food Chemistry*, 102, 865-874. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.06.025.

7. Botero, V., María, L., Sandra, C., Ricaurte, A., Carlos, E., Monsalve, G. y Rojano, B. (2007). Capacidad Reductora de 15 frutas tropicales. *Scientia Et Technica*, vol XII. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia, p. 295-296.
8. Bouayed, J., Deusser, H., Hoffmann, I. y Bohn, T. (2012). Bioaccessible and dialysable polyphenols in selected apple varieties following *in vitro* digestion vs. their native patterns. *Food Chemistry*, 131, 1 466-1 472.
9. Brandon, A., Oomen, G., Rompelberg, M., Versantvoort, M., Van Engelen, M. y Sips, A. (2006). Consumer product *in vitro* digestion model: Bioaccessibility of contaminants and its application in risk assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 44, 161-171.
10. Bratati, D. y Archana, B. (2010). Antioxidant Activity of the Phytochemicals. *Comprehensive Bioactive Natural Products. Antioxidants and Nutraceuticals*. Global Media, Texas, USA, p. 208, 209, 380-384.
11. Bravo, L. (1998). Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*, 56 (11), 317-333.
12. Carbonell-Capella, J., Buniowska, M., Barba, F., Esteve, M. y Frígola, A. (2014). Analytical Methods for Determining Bioavailability and Bioaccessibility of Bioactive Compounds from Fruits and Vegetables: A Review. *Institute of Food Technologists*, 13, 155-171. doi: 10.1111/1541-4337-12049.
13. Carranco, M., Calvo M., Pérez., F. (2011). Carotenoides y su función antioxidante. *Revista Scielo Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)*, 61(3), 233-241.

14. Castañeta, H., Gemio, R., Yapu, W. y Nogales, J. (2011). Microencapsulación, un método para la conservación de propiedades fisicoquímicas y biológicas de sustancias químicas. *Revista Boliviana de Química*. 28, 135-139.
15. Chen, G., Hu, K., Zhong, N., Guo, J., Gong, Y., Deng, X., Huang, Y., Chu, D. y Gao, Y. (2013). Antioxidant capacities and total polyphenol content of nine commercially available tea juices measured by an *in vitro* digestion model. *Eur. Food Res Technol*. 236, 303-310. doi: 10.1007/s00217-012-1897-2.
16. Chiappetta, D. (2007). Microencapsulación de medicamentos. Recuperado en: <http://www.ffyb.uba.ar/farmacotecnia%20I/Microencapsulacion.htm>. p. 1-10. (Febrero 2016).
17. Cilla, A., Perales, S., Lagarda, M., Barberá, R., Clemente, G. y Farré, R. (2011). Influence of storage and *in vitro* gastrointestinal digestion on total antioxidant capacity of fruit beverages. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 87-94. doi: 10.1016/j.jfca.2010.03.029.
18. Cuaspud, M. (2015). *Obtención de aceite de aguacate microencapsulado mediante secado por atomización*. (Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
19. Desai, K. G. H. and H. J. Park. (2005). Recent developments in Microencapsulation of Food Ingredients. *Drying Technology*, 23(7), 1 361-1 394. doi: 10.1081/DRT-200063478.

20. Donhowe, E. y Kong, F. (2014). Beta-carotene: Digestion, Microencapsulation, and *In Vitro* Bioavailability. *Food Bioprocess Technol*, 7, 338-354. doi: 10.1007/s11947-013-1244-z.
21. Dupont, D., Bardoni, A., Brodkorb, F., Capozzi, T., Cirkovic Velickovic, T., Corredig, M., Cotter, P., De Noni, I., Gaudichon, C., Golding, M., Lea, T., Le Huërou-Luron, I., MacKie, A., Madsen, C., De Meulenaer, B., Nys, Y., Pihlanto, A., Recio, I., Rémond, D., Requena, T., Souchon, I., Swiatecka, D., Turgeon, S., Vegarud, G., Vreeburg, R., Weitschies, W. y Wickham, M. (2011). An international network for improving health properties of food by sharing our knowledge on the digestive process. *Food Digestion*. 2, 23-25. doi: 10.1007/s13228-011-0011-8
22. Eroski. (2013). Guía de frutas-mora. Recuperado de: <http://frutas.consumer.es/documentos/frescas/mora/intro.php>. (Mayo, 2015).
23. Espín, J. y Tomas, M. (2010). Constituyentes Bioactivos no-nutricionales con actividad antioxidante. En Juárez, M. y Perote, A. (Ed.). *Alimentos Funcionales y de diseño específico*. Madrid, España. p. 75-95.
24. Fuentealba, C. (2013). *Determinación de la bioaccesibilidad de lignanos de linaza mediante un simulación in vitro del proceso digestivo*. (Disertación Doctoral). Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile.
25. García, C., Romarís, V., Barciela, M., Moreda, A., Dominguez, R., y Bermejo, P. (2011). Use of an *in vitro* digestion method to evaluate the bioaccessibility of arsenic in edible seaweed by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Microchemical Journal*, 98, p. 91-96. doi:10.1016/j.microc.2010.12.001.

26. Gil, A. (2010). Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Tratado de Nutrición. Madrid, España: Madrid-Médica Panamericana, 2, 12-46.
27. Gil-Izquierdo, A., Gil, M., Ferreres, F. y Tomas F. (2001). In vitro availability of flavonoids and other phenolics in orange juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1 035-1 041. doi: 10.1021/jf0000528.
28. Guadalupe, M. (2011). *Proyecto de perfectibilidad para la producción y exportación de Taxo al mercado canadiense*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniería en Comercio Exterior e Integración). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
29. Guerrero, C. (2012). *Determinación del contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en fibra dietética extraída de cultivos ancestrales andinos para su utilización como suplemento alimenticio*. (Proyecto previo a la obtención del Título Ingeniero Bioquímico). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
30. Guzmán, P. (2014). *Diseño de una planta para la obtención de una bebida carbonatada de jugo clarificado de mora (Rubus glaucus Benth) por microfiltración tangencial*. (Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
31. Hedrén, E., Díaz, V., Svanberg, U. (2002). Estimation of carotenoid accessibility from carrots determined by an *in vitro* digestion method. *European journal of Clinical Nutrition*, 56, 425-430. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601329.

32. Hur, J., Park, J. y Jeong, H. (2011). Effect of Buckwheat Extract on the Antioxidant Activity of Lipid in Mouse Brain and Its Structural Change during *in Vitro* Human Digestion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, p. 10 699-10 704. doi: 10.1021/jf202279r
33. INEN. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Catálogo de Normas técnicas Ecuatorianas. NTE INEN 2427:2010. Frutas frescas. Mora, requisitos.
34. Lopretti, M., Barreiro, F., Fernandez, I., Damboriarena, A., Ottati, C., Olivera, A. (2007). Microencapsulación de compuestos de actividad biológica. *Revista LATU* (2), 19-23.
35. Macheix, J., Fleuriet, A. y Billot, J. (1990). *Fruit phenolics*. Florida, United States: Boca Raton.
36. Martínez, A., Beltrán, O., Velasteguí, G., Ayala, G., Jácome, R. y Yáñez, W. (2007). *Manual del cultivo de mora de Castilla (Rubus glaucus B)*. (1). Ambato, Ecuador: CFF.
37. Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Balance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carrière, F., Boutrou, R., Correding, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S. y Brodkorb, A. (2014). A standardized static *in vitro* digestion method suitable for food – an international consensus. *Food and Function*, 5, 1 113, 1 115-1 124. doi: 10.1039/c3fo60702.
38. Minekus, M., Marteau, P., Havenaar, R. y Huisintveld, J. (1995). A multicompartmental dynamic computer-controlled model simulating the stomach and small-intestine. *Atla-Alternatives to Laboratory Animals*, 23, 197-209.

39. Mujumdar, A. (1995). *Handbook of Industrial Drying*. Ed. Marcel Dekker, Inc., New York. 1995. p. 263-309.
40. Muñoz, S., Gómez, C. y Gil, A. (2010). Compuestos bioactivos de los alimentos de origen vegetal y obesidad. *Nutrición Clínica en Medicina*, 4(3), 139.
41. Nuñez, I. Mercadante, A. (2007). Encapsulation of lycopene Using Spray-Drying and Molecular Inclusion Processes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(5), 893-900.
42. Owen, R., Mier, W., Giocosa, A., Hull, W., Spiegelhalder, B. y Bartsch, H. (2000). Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids y lignans and squalene. *Food Chemistry and Toxicology*. 38(8), 647-659.
43. Parra, R. (2010). Revisión: Microencapsulación de Alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 63(2), 5 669-5 684.
44. Pérez, A. y Valdivieso, C. (2007). *Colección y caracterización morfológica in situ del mortiño*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario no publicado). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.
45. Pokorny, J., Yanishlieva, N. y Gordon, M., (2001), Antioxidantes de los Alimentos. Aplicaciones prácticas. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España, p. 1-2,43-45.
46. Porras, A., López, A. (2009). Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 3-1*. Puebla, México, p. 121-134.

47. Posada, M., Pineda, V., y Agudelo, G. (2003). Los antioxidantes de los alimentos y su relación con las enfermedades crónicas, p. 12-22. Recuperado:http://chocolatecorona.com.co/docs/libro_antioxidantes.pdf (Abril, 2016).
48. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. y Rice-Evans, C., (1999). "Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay". *Free Radical Biology & Medicine*, (26), 1 231.
49. Registro de Tumores SOLCA. (2012). Estadísticas del cáncer de mama. Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <http://www.estadisticas.med.ec/Publicaciones/Mama.pdf>. (Mayo, 2015).
50. Roccia, P., Martínez, M., Llabot, J. y Ribotta, P. (2014). Influence of spray-drying operating conditions on sunflower oil powder qualities. *Powder Technology*, (1), 7. doi: 10.1016/j.powtec.2014.01.044.
51. Sandoval, A., Rodríguez, E. y Ayala, A. (2004). Encapsulation de Aditivos para la Industria Alimentaria. *Ingeniería y Competitividad*. Colombia, 5(2), 73-74.
52. Sanjinés, A., Olgaard, B. y Balslev, H. (2006). Frutos comestibles. *Botanica Económica de los Andes centrales*, p. 335.
53. Senatore, D., Laven, J., Benthem, R., La Camera, D. y With, G. (2010). Microencapsulation of Epoxidized Linseed Oil Liquid Cross-Linker in Poly (N-vinyl-pyrrolidone): Optimization by a Design-of-Experiments. *Journal of industrial, Engineering Chemistry Research*. 49, 342-353.

54. Shahidi, F. y Naczk, M. (2004). Phenolics in food and nutraceuticals. *CRC Press*. Londres, p. 1-16.
55. Slinkard, K. y Singleton, V. (1997). Total phenol analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *Am. J. Enol. Vitic*28(1), 38, 49-55.
56. Spray Process. (2009). Proceso de secado por atomización. Brazil. Recuperado de: <http://www.sprayprocess.com.br/espanhol/proceso-de-secado-por-atomizacion.asp>. (Enero, 2016).
57. Sumeri, I., Arike, L., Adamberg, K. y Paalme, T. (2008). Single bioreactor gastrointestinal tract simulator for study of survival of probiotic bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 80, 317-324.
58. Szajdek, A. y Borowska, E. (2008). Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Berry Fruits: A Review. *Plants Food Human Nutrition*. 63, 147-156.
59. Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D. y Conte, A. (2010). *In vitro* bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chem* 120, 599–606.
60. Tsao, R. (2010). Chemistry and Biochemistry of Dietary polyphenols. *Guelph Food Research Centre, Agriculture & Agri-Food*. 2, 1 231-1 246.
61. Tupuna, D. (2012). *Obtención de jugo clarificado concentrado de mortiño (Vaccinium floribundum Kunth) mediante el uso de tecnologías de membranas*. (Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

62. Vasco, C. (2009). Phenolic Compounds in Ecuadorian Fruits (Disertación Doctoral). Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Suecia.
63. Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, J. y Kamal-Eldin, A. (2009). Chemical composition and phenolic compound profile of mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (18), 8 274-8 281. doi: 10.1021/jf9013586
64. Vasco, C., Ruales, J. y Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111(4), 816-823. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.04.054.
65. Vasco, C., Ruales, J., Kaisu, R. y Afaf, K. (2009). Phenolic compounds in Rosaceae Fruits in Ecuador. *Agriculture and Food Chemistry*, 1(59), 1 204-1 212.
66. Villena, M., Morales, H., Gallardo, L. y Ruiz, M. (2009). Técnicas de Microencapsulación: Una propuesta para microencapsular probióticos. *Ars Pharm*, 50(1), 43-50.
67. Yáñez, F., Salazar, J., Chaires, M., Jiménez, H., Márquez, R. y Ramos, R. (2002). Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. *Avance y Perspectiva* 21, 313-319.
68. Yoo, J. y Chen, X. (2006). GIT Physicochemical Modeling - A Critical Review. *International Journal of Food Engineering*, 2, 1 557-3 758. doi: 10.2202/1556-3758.1144.

69. Zibadi, S., Farid, R., Moriguchi, S., Lu, Y., Foo, L. Y., Tehrani, P. M., Ulreich, J. B., Watson, R. (2007). Oral administration of purple passion fruit peel extract attenuates blood pressure in female spontaneously hypertensive rats and humans. *Nutrition Research*, 27(7), 408-416. doi:10.1016/j.nutres.2007.05.004.

ANEXOS

ANEXO I
TEST DE EVALUACIÓN SENSORIAL
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

NOMBRE:

FECHA:

Usted ha recibido 2 muestras con distinta codificación; por favor escriba el código de cada muestra y luego califique cada atributo, marque con una raya sobre la línea horizontal. Tome en cuenta que en el lado izquierdo se especifica el 0 del atributo y en el lado derecho el 10.

• **Apariencia**

Muestra #

Heterogénea

Homogénea

• **Color**

Muestra #

Débil

Intenso

• **Aroma a Taxo**

Muestra #

Débil

Intenso

- **Sabor a fruta**

Muestra #	Débil	Intenso
-----------	-------	---------

_____	_____	_____
_____	_____	_____

- **Acidez**

Muestra #	Débil	Intenso
-----------	-------	---------

_____	_____	_____
_____	_____	_____

- **Astringencia**

Muestra #	Ninguno	Intenso
-----------	---------	---------

_____	_____	_____
_____	_____	_____

- **Presencia de Sabores Extraños**

Muestra #	Ninguno	Intenso
-----------	---------	---------

_____	_____	_____
_____	_____	_____

Comentarios:

.....

.....

Gracias por su colaboración!!!!

GM/JR

ANEXO II

TEST DE EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

OBJETIVO: Determinar la aceptabilidad del producto.

El producto a evaluar es un deshidratado de taxo disuelto en agua; el taxo es una fruta muy rica en antioxidantes y pro vitamina A; estos compuestos muy beneficiosos son susceptibles a cambios de temperatura y otros, por lo que se encapsuló estos compuestos con la finalidad de conservarlos y aumentar a accesibilidad dentro del organismo.

INSTRUCCIONES: Colocar una X en las respuestas que correspondan.

Datos Informativos:

Sexo: M_____ F_____

Edad: Menor a 20 años_____ de 20 a 40 años_____ de 41 a 60 años_____ mayor a 60 años_____

Sector donde vive: Norte_____ Sur_____ Centro_____ Valles_____

Pruebe las siguientes muestras y marque con una X en la región que corresponda en la escala.

ESCALA	A	B
Me gusta muchísimo		
Me gusta mucho		
Me gusta bastante		
Me gusta ligeramente		
Ni me gusta ni me disgusta		
Me disgusta ligeramente		
Me disgusta bastante		
Me disgusta mucho		
Me disgusta muchísimo		

1. Si el producto no fue de su agrado indique sus razones:

2. ¿Conoce el beneficio al consumir productos ricos en antioxidantes?

Si___ No___

3. ¿Si el producto que usted degustó estuviera disponible en el mercado lo consumiría?

Si___ No___

4. ¿Si su respuesta es afirmativa, cuántas veces consumiría el producto?
1 a 2 veces por semana___ 3 a 4 veces por semana___ 1 vez por
mes___

5. ¿Qué presentaciones de envase le gustaría que existan en el mercado?
250 mL___ 500 mL___ 1 L___ 2 L___

Comentarios y Sugerencias:

Muchas GRACIAS por su colaboración!

GM/JR