

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**ASPECTOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS Y SALUDABLES DEL CACAO (*Theobroma cacao*)
Y LA MACA (*Lepidium meyenii*) COMO HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO E
INNOVACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS**

TRABAJO FIN DE GRADO

SEPTIEMBRE- 2021

Autor: Mar Gosálbez Baldó

Tutor: José Ángel Pérez Álvarez

Escuela Politécnica Superior de Orihuela

Universidad Miguel Hernández

Aspectos científicos-tecnológicos y saludables del cacao (*Theobroma cacao*) y maca (*Lepidium meyenii*) como herramienta para el desarrollo e innovación de nuevos productos.

Healthy scientific technological aspects of cocoa (*Theobroma cacao*) and maca (*Lepidium meyenii*) as a base tool for the development and innovation of new products.

RESUMEN.

La pandemia del SARS-COVID-19 ha modificado tanto hábitos de vida como el consumo de alimentos. Cada vez más empresas están innovando para satisfacer las demandas de los consumidores y ofertar nuevos productos con ingredientes “exóticos” que no solo le den valor nutritivo, hedonismo u otros aspectos culturales o antropológicos. Uno de los alimentos más consumidos durante la pandemia es el chocolate, sin embargo, no ha dejado de innovar, ofertando las empresas del sector muchos nuevos productos. Dentro del “exotismo” la maca (*Lepidium meyenii*) cumple perfectamente las expectativas del consumidor joven. En este trabajo se da una visión de las principales características científico-tecnológicas y saludables del chocolate y la maca como base para la Investigación, Desarrollo, Innovación y Comunicación (I+D+I+C) en nuevos productos.

Palabras clave: *Maca (Lepidium meyenii)*, *Cacao (Theobroma cacao)*, chocolate, alimentos funcionales, propiedades saludables.

ABSTRACT.

The SARS-COVID-19 pandemic has changed both lifestyle habits and food consumption. More and more companies are innovating to meet consumer demands and offer new products with "exotic" ingredients that not only provide nutritional value, hedonism or other cultural or anthropological aspects. One of the most consumed foods during the pandemic is chocolate, however, it has not ceased to innovate, with companies in the sector offering many new products. Within the "exoticism", maca (*Lepidium meyenii*)

perfectly meets the expectations of young consumers. This paper gives an overview of the main scientific-technological and healthy characteristics of chocolate and maca as a basis for Research, Development, Innovation and Communication (R+D+I+C) in new products.

Keywords: Maca (*Lepidium meyenii*), Cacao (*Theobroma cacao*), chocolate, functional foods, healthy properties.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN:	Pág. 9
1.1. EL CORONAVIRUS (SARS-COV-2/COVID-19) Y LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS....	Pág. 9
1.1.1. EFECTO DEL CONFINAMIENTO EN EL CONSUMO DE ALIMENTOS.....	Pág. 9
1.2. EL CONSUMO CHOCOLATE DURANTE LA PANDEMIA.....	Pág. 10
2 CHOCOLATE:	Pág. 11
2.1. ASPECTOS LEGALES. :.....	Pág. 11
2.2. VALOR NUTRICIONAL Y ASPECTOS SALUDABLES:.....	Pág. 14
2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES:.....	Pág. 19
2.4. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DEL CHOCOLATE. :.....	Pág. 22
2.4.1. TEMPLADO/ATEMPERADO.	Pág. 22
2.4.2. CRISTALIZACIÓN DE LA MANTECA DE CACAO.	Pág. 24
2.4.3. BLOOMING.	Pág. 26
2.5. LA SOSTENIBILIDAD COMO EJE DE LA INDUSTRIA DEL PROCESAMIENTO DEL CACAO.....	Pág. 27
2.6. OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE Y ECONOMÍA CIRCULAR.....	Pág. 28
2.7. ASENTAMIENTO DE COMUNIDADES RURALES EN TORNO A SU PRODUCCIÓN, TRANSFORMACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN.	Pág. 28
2.8. RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA DE LA INDUSTRIA DEL CACAO.....	Pág. 29
2.9. VALORIZACIÓN DE COPRODUCTOS DEL CACAO.....	Pág. 30

2.10. PROPIEDADES SENSORIALES Y FISIOLÓGICAS DEL CACAO Y SUS PRODUCTOS.....	Pág. 31
3. MACA (<i>Lepidium meyenii</i>)	Pág. 34
3.1. DEFINICIÓN.....	Pág. 34
3.2. ASPECTOS ANTROPOLÓGICOS DEL CONSUMO DE MACA.....	Pág. 36
3.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MACA EN EL MERCADO.....	Pág. 39
3.3.1. TAMAÑO DE MERCADO.....	Pág. 39
3.3.2. PERFIL DEL CONSUMIDOR DE PRODUCTOS CON MACA.....	Pág. 40
3.4. VALOR NUTRICIONAL DE LA MACA ANDINA.....	Pág. 42
3.5. COMPUESTOS ACTIVOS RESPONSABLES DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA.....	Pág. 45
3.5.1. MACAENOS Y MACAMIDAS.....	Pág. 46
3.5.2. GLUCOSINOLATOS.....	Pág. 47
3.5.3. ALCALOIDES.....	Pág. 49
3.5.4 ESTEROLES.....	Pág. 50
3.6. PROPIEDADES FUNCIONALES Y SALUDABLES DE LA MACA.....	Pág. 51
3.6.1. MACA Y FERTILIDAD.....	Pág. 52
3.6.2. MACA Y EL SISTEMA NERVIOSO.....	Pág. 52
3.6.3. MACA Y FUNCIÓN REPRODUCTIVA FEMENINA.....	Pág. 53
3.6.4. MACA COMO ENERGIZANTE.....	Pág. 54
3.6.5. MACA Y OSTEOPOROSIS.....	Pág. 56

3.6.6. MACA Y PROCESOS COGNITIVOS.....	Pág. 56
3.6.7. OTROS EFECTOS ASOCIADOS AL CONSUMO DE LA MACA.....	Pág. 57
3.7. APLICACIONES DE LA MACA.....	Pág. 57
3.8. MACA (<i>Lepidium meyenii</i>) Y COVID-19.....	Pág. 59
4. INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, INNOVACIÓN Y COMUNICACIÓN (I+D+i+C).....	Pág. 60
5. CONCLUSIONES.....	Pág. 63
6. BIBLIOGRAFÍA.....	Pág. 64

Lista de figuras

Figura 1.....	Pág. 18
Figura 2.....	Pág. 20
Figura 3.....	Pág. 27
Figura 4.....	Pág. 33
Figura 5.....	Pág. 35
Figura 6.....	Pág. 36
Figura 7.....	Pág. 38
Figura 8.....	Pág. 39
Figura 9.....	Pág. 58

Lista de tablas

Tabla 1.....	Pág. 15
Tabla 2.....	Pág. 16
Tabla 3.....	Pág. 17

Tabla 4.....	Pág. 23
Tabla 5.....	Pág. 42
Tabla 6.....	Pág. 43
Tabla 7.....	Pág. 44
Tabla 8.....	Pág. 44
Tabla 9.....	Pág. 44

1.INTRODUCCIÓN:

1.1. EL CORONAVIRUS Y LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

1.1.1. EFECTO DEL CONFINAMIENTO EN EL CONSUMO DE ALIMENTOS.

En este apartado explicaremos qué ha acontecido con respecto a la alimentación de la población desde la pandemia COVID-2019 ocurrido desde el mes de marzo del 2020 hasta nuestros días.

Una de las principales consecuencias de la pandemia de COVID-19 ha sido que los hábitos alimentarios y las rutinas de la población, cambiaron drásticamente en todo el mundo. Como ejemplo, un cambio muy significativo fue el pasar más tiempo cocinando que el tiempo que se dedicaba habitualmente a este menester. Por este motivo, la demanda de distintos ingredientes de la cultura gastronómica tradicional, se incrementaron notablemente, llegando incluso a haber escasez en las primeras etapas de la pandemia, como fue el caso de la harina de trigo o la levadura, entre otros.

Dentro de los alimentos industrializados, creció, en la misma medida, el consumo de snacks (aperitivos, botanas, algos, tapas). Debido al confinamiento, otro factor clave para entender el aumento de peso de la población, fue el mayor tiempo dedicado al “ocio virtual” (TV a través de las distintas plataformas, videojuegos, etc.) en detrimento del ejercicio físico (Carroll., et al, 2020).

Aunque este factor se corrigió, en buena medida, con el tiempo ya que el ejercicio físico comenzó a realizarse en casa y la venta de aditamentos para realizarlo también se incrementó notablemente. A modo de ejemplo, en los EE.UU. un tercio de las familias aumentaron el consumo de alimentos con un alto contenido calórico (dulces, postres y snacks) (Adam., et al, 2020).

Aunado a esto, la pandemia también generó en la población un alto grado de estrés, siendo este mucho más importante en la población infantil un estrés superior al normal en niños durante el confinamiento (Jansen., et al, 2021). Estos mismos autores mencionan que, en la mayoría de los casos siguieron teniendo horarios de comida regulares, pero el consumo de snacks tanto dulces como salados se vio afectado por los horarios irregulares al permanecer durante todo el día en el domicilio y al estrés

ocasionado por el confinamiento domiciliario. Coulthard y colaboradores mencionan que también, hay que considerar que el consumo de los snacks ya era alto en la prepandemia y el estrés generado por el COVID-19 incrementó la alimentación emocional y, además, de forma descontrolada (Coulthard., et al, 2021).

En otro orden de cosas, se realizaron cuestionarios a población española (Laguna et al., 2020), donde los resultados indicaron que: las pastas y las verduras fueron compradas con mayor frecuencia principalmente, por motivos de salud, ya que los consumidores las consideran “más saludables”. En este mismo estudio se dictamina que el consumo de queso y nueces fueron comprados con el fin de aumentar el estado de ánimo de los consumidores.

Por otro lado, otro estudio realizado a población italiana adulta (Scacchi et al., 2021) concluyó que alrededor del 50% de los encuestados "usaron alimentos para responder a los sentimientos de ansiedad" y el 55% respondieron una "necesidad de aumentar la ingesta de alimentos para sentirse mejor". Este mismo estudio concluyó que el consumo de alimentos considerados apetitosos (dulces, postres, patatas fritas y bocadillos) aumentó considerablemente como forma de combatir el estrés causado por el COVID-19.

Explicado el efecto del confinamiento en el consumo de alimentos en general, se continuará explicando lo acontecido con el consumo del chocolate en la época de pandemia y confinamiento domiciliario.

1.2. EL CONSUMO DE CHOCOLATE DURANTE LA PANDEMIA.

Dentro de la amplia gama de snacks que hay en el mercado internacional y por ende el español, el que más incrementó su consumo fue el chocolate, refugio del estrés emocional (Gallar, 2015).

En los estudios realizados por parte del Grupo Colaborativo de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC, 2020) determinaron los principales cambios que ocurrieron en la alimentación de la población prepandemia. En dichos estudios, se determinó que se había reducido el consumo de productos cárnicos y productos con

azúcares añadidos, viéndose afectado el consumo de chocolate, decreciendo éste un 25,8% su consumo (Pérez-Rodrigo et al., 2020). Sin embargo, ya durante la pandemia (2021), las ventas de chocolate crecieron un 4,2%, mientras que las ventas de dulces sin chocolate crecieron un 2,9% durante 2020, según el informe de 2021 de la Asociación Nacional de Confiteros de los Estados Unidos (NCA,2021).

Otro estudio realizado sobre las compras durante la pandemia mencionó que los consumidores disminuyeron sus compras de productos como snacks salados, pescado fresco y panadería, a la vez que se incrementó el consumo de verduras y fruta fresca, ingredientes para hornear y chocolate (Manning, 2021).

Estos mismos autores mencionan que el chocolate se consume “para mejorar el estrés y la ansiedad”, a la vez de mejorar el estado de ánimo de las personas que lo consumen. Esta razón podría ser el motivo por el que durante los períodos de estrés se incrementa la compra de chocolate y otros productos que lo incluyen dentro de sus formulaciones (galletas, helados, etc.) (Manning, 2021). Similares resultados fueron descritos por Laguna y colaboradores para el chocolate en la población española (Laguna et al., 2020).

2. CHOCOLATE.

2.1. ASPECTOS LEGALES.

Según la Real Académica de la Lengua (RAE, 2020) el chocolate tiene distintas acepciones (sólo se hará mención de aquellas relacionadas con la alimentación) que se detallan a continuación:

- 1.- Sustancia alimenticia que se elabora con una pasta de cacao en polvo y azúcar pulverizado y que se presenta en diversas formas y variedades según los procesos de elaboración utilizados y los ingredientes añadidos.
- 2.- Bebida que se prepara con chocolate desleído, y generalmente cocido, en agua o en leche y que puede tener mayor o menor grado de espesor.

Desde el marco legislativo español el chocolate se rige por la Reglamentación Técnico-Sanitaria sobre los productos de cacao y chocolate destinados a la alimentación humana, descrito en el Real Decreto 1055/2003, de 1 de agosto, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria sobre los productos de cacao y chocolate destinados a la alimentación humana (BOE, 2003).

De acuerdo con el Real Decreto 1055/2003, se plantean los distintos tipos de productos, sus características y las denominaciones de venta permitidas relacionados con el cacao, a saber:

1. Definiciones.

1.1. Manteca de cacao.

Es la materia grasa obtenida de granos o parte de granos de cacao y que tenga las características siguientes:

a) Contenido de ácidos grasos libres expresados en ácido oleico: 1,75 por ciento como máximo. b) Materia insaponificable determinada mediante éter de petróleo: 0,5 por ciento como máximo, excepto para la manteca de cacao de presión, en la que no superará el 0,35 por ciento.

1.2. Cacao en polvo, cacao.

Es el producto obtenido por la transformación en polvo de granos de cacao limpios, descascarillados y tostados y que contenga un 20 por ciento, como mínimo, de manteca de cacao, calculado sobre el peso de la materia seca, y, como máximo, un 9 por ciento de agua.

1.3 Cacao magro en polvo, cacao magro, cacao desgrasado en polvo, cacao desgrasado.

El cacao en polvo que contenga menos del 20 por ciento de manteca de cacao calculado sobre materia seca.

1.4 Chocolate en polvo.

Es el producto consistente en una mezcla de cacao en polvo y azúcares que contenga, como mínimo, un 32 por ciento de cacao en polvo.

1.5. Chocolate en polvo para beber, chocolate familiar en polvo, cacao azucarado, cacao en polvo azucarado.

Es el producto consistente en una mezcla de cacao en polvo y de azúcares que contenga, como mínimo, un 25 por ciento de cacao en polvo.

1.6. Chocolate.

a) Es el producto obtenido a partir de productos de cacao y azúcares.

b) de este apartado, vemos que de un 35 por ciento, como mínimo, de materia seca total de cacao, del cual un 18 por ciento como mínimo será manteca de cacao y un 14 por ciento como mínimo materia seca y desgrasada de cacao.

c) No obstante, cuando esta denominación se utilice y complete con los términos:

1º «Copos», «fideos», el producto presentado en alguna de esas formas contendrá como mínimo un 32 por ciento de materia seca total de cacao, de la cual un 12 por ciento, como mínimo, será de manteca de cacao, y un 14 por ciento, como mínimo, de materia seca y desgrasada de cacao.

2º «Cobertura», el producto contendrá al menos el 35 por ciento de materia seca total de cacao, de la cual un 31 por ciento, como mínimo, será manteca de cacao, y un 2,5 por ciento, como mínimo, de materia seca y desgrasada de cacao.

3º Chocolate con avellanas «gianduja» (o uno de los derivados de la palabra «gianduja»), el producto debe ser obtenido, en primer lugar, a partir de chocolate con un contenido mínimo de materia seca total de cacao del 32 por ciento, del cual un 8 por ciento, como mínimo, será materia seca y desgrasada de cacao, y, en segundo lugar, a partir de avellanas finamente trituradas en cantidades que oscilan entre un mínimo de 20 g y un máximo de 40 g por cada 100 g de producto.

2.2. VALOR NUTRICIONAL Y ASPECTOS SALUDABLES.

El chocolate en muchos casos se considera un alimento “chatarra”, “basura”, “calorías vacías”, etc. Sin embargo, los derivados del cacao, entre ellos el chocolate, tienen aspectos positivos desde el punto de vista de la nutrición. Entre ellos destaca la fibra dietética, los compuestos bioactivos, minerales, etc. Si bien es sabido que el chocolate, no se consume por estas propiedades sino por el efecto que tiene sobre nuestro estado emocional. El consumo de chocolate (Meier et al., 2017) de forma consciente favorece la mejora del estado de ánimo frente a el consumo de otros alimentos (galletas saladas). Sin embargo, los mecanismos involucrados en estos procesos aún no se conocen.

Como cualquier alimento el chocolate tiene valores nutricionales (tablas 1, 2 y 3) y un elevado aporte energético debido a su contenido en grasas. A continuación, se expondrá en tablas el valor nutricional del chocolate blanco, con leche y negro:

Tabla 1 Valor nutricional chocolate blanco de acuerdo con las bases de datos españolas
(BEDCA 2007)

CHOCOLATE BLANCO		
Información de composición (por 100 g de porción comestible)		
COMPONENTE	VALOR	UNIDAD
ENERGÍA, total	2279 (547)	kJ (kcal)
GRASA, total (lípidos totales)	30,9	g
proteína, total	8	g
agua (humedad)	1,5	g
Hidratos de Carbono		
fibra, dietética total	0,8	g
carbohidratos	58,8	g
GRASAS, total (lípidos totales)		
ácido graso 22:6 n-3 (ácido docosahexaenoico)	-	-
ácidos grasos, monoinsaturados totales	9,9	g
ácidos grasos, poliinsaturados totales	1,1	g
ácidos grasos saturados totales	18,2	g
ácido graso 12:0 (láurico)	-	-
ácido graso 14:0 (ácido mirístico)	-	-
ácido graso 16:0 (ácido palmítico)	-	-
ácido graso 18:0 (ácido esteárico)	-	-
ácido graso 18:1 n-9 cis (ácido oleico)	-	-
colesterol	23	mg
ácido graso 18:2	-	-
ácido graso 18:3	-	-
ácido graso 20:4 n-6 (ácido araquidónico)	-	-
ácido graso 20:5 (ácido eicosapentaenoico)	-	-
VITAMINAS		
Vitamina A	26	ug
Vitamina D	traza	ug
Vitamina E	1,14	mg
folato, total	10	ug
equivalentes de niacina, totales	5,4	mg
riboflavina	0,49	mg
tiamina	0,08	mg
Vitamina B-12	traza	ug
Vitamina B-6, Total	0,07	mg
Vitamina C (ácido ascórbico)	0	mg
MINERALES		
calcio	270	mg
hierro, total	0,2	mg
potasio	350	mg
magnesio	26	mg
sodio	110	mg
fósforo	230	mg
ioduro	6	ug
selenio, total	3	ug
zinc (cinc)	0,9	mg

Tabla 2. Valor nutricional chocolate con leche de acuerdo con las bases de datos españolas (BEDCA 2007)

CHOCOLATE CON LECHE		
Información de composición (por 100 g de porción comestible)		
Componente	Valor	Unidad
ENERGÍA, total	2241 (538)	kJ (kcal)
GRASA, total (lípidos totales)	31,5	g
proteína, total	9,19	g
agua (humedad)	2,9	g
Hidratos de Carbono		
fibra, dietética total	0,8	g
carbohidratos	54,1	g
GRASAS, total (lípidos totales)		
ácido graso 22:6 n-3 (ácido docosahexaenoico)	-	-
ácidos grasos, monoinsaturados totales	10,23	g
ácidos grasos, poliinsaturados totales	1,088	g
ácidos grasos saturados totales	18,96	g
ácido graso 12:0 (láurico)	0,177	g
ácido graso 14:0 (ácido mirístico)	0,555	g
ácido graso 16:0 (ácido palmítico)	8,1	g
ácido graso 18:0 (ácido esteárico)	9,353	g
ácido graso 18:1 n-9 cis (ácido oleico)	7,781	g
colesterol	28	mg
ácido graso 18:2	1,008	g
ácido graso 18:3	0,071	g
ácido graso 20:4 n-6 (ácido araquidónico)	-	-
ácido graso 20:5 (ácido eicosapentaenoico)	-	-
VITAMINAS		
Vitamina A	33,16	ug
Vitamina D	0	ug
Vitamina E	0,7	mg
folato, total	10	ug
equivalentes de niacina, totales	2,223	mg
riboflavina	0,37	mg
tiamina	0,11	mg
Vitamina B-12	traza	ug
Vitamina B-6, Total	0,11	mg
Vitamina C (ácido ascórbico)	traza	mg
MINERALES		
calcio	247	mg
hierro, total	1,7	mg
potasio	465	mg
magnesio	71	mg
sodio	58	mg
fósforo	261	mg
ioduro	5,5	ug
selenio, total	3	ug
zinc (cinc)	1,7	mg

Tabla 3. Valor nutricional chocolate negro de acuerdo de acuerdo con las bases de datos españolas (BEDCA 2007)

CHOCOLATE NEGRO		
Información de composición (por 100 g de porción comestible)		
Componente	Valor	Unidad
ENERGÍA, total	2262 (543)	kJ (kcal)
GRASA, total (lípidos totales)	29,2	g
proteína, total	4,7	g
agua (humedad)	1,3	g
Hidratos de Carbono		
fibra, dietética total	-	-
carbohidratos	64,8	g
GRASAS, total (lípidos totales)		
ácido graso 22:6 n-3 (ácido docosahexaenoico)	-	-
ácidos grasos, monoinsaturados totales	9,3	g
ácidos grasos, poliinsaturados totales	1,2	g
ácidos grasos saturados totales	16,9	g
ácido graso 12:0 (láurico)	0,016	g
ácido graso 14:0 (ácido mirístico)	0,045	g
ácido graso 16:0 (ácido palmítico)	8,432	g
ácido graso 18:0 (ácido esteárico)	10,883	g
ácido graso 18:1 n-9 cis (ácido oleico)	8,013	g
colesterol	9	mg
ácido graso 18:2	0,989	g
ácido graso 18:3	0,048	g
ácido graso 20:4 n-6 (ácido araquidónico)	-	-
ácido graso 20:5 (ácido eicosapentaenoico)	0,003	g
VITAMINAS		
Vitamina A	8,667	ug
Vitamina D	0	ug
Vitamina E	0,1333	mg
folato, total	6	ug
equivalentes de niacina, totales	0,9667	mg
riboflavina	0,1367	mg
tiamina	0,0467	mg
Vitamina B-12	0	ug
Vitamina B-6, Total	0,05	mg
Vitamina C (ácido ascórbico)	0	mg
MINERALES		
calcio	37,667	mg
hierro, total	1,5	mg
potasio	359,667	mg
magnesio	123,667	mg
sodio	12,333	mg
fósforo	181,333	mg
ioduro	2,3	ug
selenio, total	6,8	ug
zinc (cinc)	2,233	mg

Teniendo en cuenta la legislación vigente (BOE, 2009) se puede considerar que el chocolate blanco es fuente de potasio y posee alto contenido en vitamina B2 (riboflavina) y fósforo. El chocolate con leche es fuente de vitamina B2 (riboflavina) y magnesio y posee alto contenido en calcio y fósforo. Finalmente, el chocolate negro es fuente de fósforo y magnesio.

Un aspecto muy importante en el cacao y sus derivados (chocolate blanco, con leche y negro) que los diferencia son los distintos grados de riqueza en cacao (Figura 1).



Figura 1. Muestras de diferentes tabletas de chocolates (negro con distintas riquezas en cacao y con leche) presentes en el mercado español con la aplicación del sistema NUTRI-SCORE.

Nutri-Score es un sistema creado por el Ministerio de Sanidad de España en noviembre de 2018 cuya finalidad es que los consumidores puedan evaluar la calidad nutricional de un producto alimentario en el momento de su compra y a su vez crear una necesidad a la industria agroalimentaria para mejorar la composición nutricional de sus productos (Galan et al., 2019). El sistema Nutri-Score para el chocolate no se ha incorporado en muchas marcas de chocolate, sin embargo, se han encontrado tabletas de chocolate donde sí se observa la escala, siendo los valores entre D y E, dependiendo del chocolate seleccionado.

2.3. PROPIEDADES FUNCIONALES.

Los lugares con mayor consumo de chocolate son Estados Unidos y Europa occidental, siendo Suiza el mayor consumidor con 9 kg/año por habitante (mayor a 209 barras de chocolate de tamaño normal de 43g o 1,5 oz por persona), seguido de Estados Unidos con 4,3 kg/año (Wickramasuriya y Dunwell, 2018).

El chocolate, además de ser considerado como un alimento consumido por sus propiedades organolépticas (sensoriales), posee diversos aspectos saludables y propiedades funcionales que se detallan a continuación, los cuales, enriquecen este popular producto.

Se puede afirmar que unas de las propiedades que se le atribuye al consumo de cacao y/o chocolate, es la elevación de la actividad antioxidante, la modulación de la función plaquetaria e inflamación y la disminución de la presión arterial sistólica y diastólica. Sin embargo, no existe aprobación sobre la cantidad óptima a consumir para obtener los beneficios comentados anteriormente. La actividad antioxidante en el cacao se ve beneficiada gracias a la presencia de flavonoides como la catequina, la epicatequina y las procianidinas. Estos compuestos antioxidantes fenólicos están presentes en el cacao en mayor proporción que en la mayoría de los alimentos consumidos habitualmente (Katz et al., 2011).

Estudios (Afoakwa, 2008) se han interesado en los beneficios de la suplementación con cacao, demostrando que la suplementación dietética con cacao rico en flavonoides es capaz de ejercer un efecto protector sobre la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) asociadas con un riesgo reducido de desarrollar aterosclerosis. Además, el chocolate contiene una rica fuente de compuestos con propiedades antiinflamatorias (epicatequinas, flavonoides y teobromina), minerales y flavonoides antioxidantes capaces de favorecer la salud ósea (Seem et al., 2019). No obstante, no existen evidencias sobre las cantidades de ingesta para obtener los beneficios del chocolate, pero se podría sugerir que el consumo diario de este producto debería ser aquel que mayor riqueza en cacao contenga (Gómez-Juaristi et al., 2011). En el mercado español, existe una amplia variedad de este producto con riquezas muy distintas, así, por ejemplo, el chocolate negro se pueden encontrar riquezas en cacao comprendidas entre

el 100% al 50% (Figura 2). Además, los polifenoles son compuestos muy importantes en el chocolate y su contenido se incrementa en función de la riqueza en cacao.

Uno de los antioxidantes (compuestos fenólicos) presentes en el chocolate es la epicatequina, involucrada en los beneficios del mismo. Katz y colaboradores (Katz et al., 2011) mencionan que el contenido de epicatequina del cacao es el principal responsable de su impacto favorable sobre el endotelio vascular a través de su efecto sobre la regulación positiva tanto aguda como crónica de la producción de óxido nítrico. Estos autores también investigaron los efectos antioxidantes del cacao, de una forma general (sencilla) demostrando que estos antioxidantes pueden influir directamente en la resistencia a la insulina.

El consumo de chocolate diario (Seem et al., 2019) 100g (3,5oz) reduce la resistencia a la insulina, en ambos sexos e independientemente de la edad. Los flavonoides y los antioxidantes fenólicos del chocolate aumentan la biodisponibilidad del óxido nítrico y reducen el riesgo de diabetes, debido a contrarrestar la resistencia a la insulina.



Figura 2. Muestras de chocolate negro con diferente riqueza en cacao presentes en el mercado español.

Otra propiedad del cacao es que su consumo puede mejorar la expresión génica y la respuesta inmune de los consumidores ya que el consumo de chocolate “prepara” a las células mononucleares sanguíneas para que se libere más interleucina-1 β (IL-1 β) e IL-10 (Netea et al., 2013).

La teobromina presente en el cacao puede proteger contra la lesión isquémica transitoria (trastorno cerebrovascular caracterizado por una breve disminución del flujo sanguíneo, déficits neurológicos y, a menudo, predice un accidente cerebrovascular) ya que es un estimulante natural y alcaloide vasoactivo que protege a las neuronas del daño producido por la isquemia (Bahat et al., 2021). Estos mismos autores señalaron que el cacao puede proteger los nervios de las lesiones (lesión isquémica) y la inflamación, a su vez, protegiendo la piel del daño oxidativo por la radiación UV. Por ello se utilizan en las preparaciones tópicas (dermofarmacia) y a su vez ejercen efectos beneficiosos sobre la saciedad, la función cognitiva y el estado de ánimo.

Fanto y colaboradores (Fanton et al., 2021) mencionan que, en los pacientes con enfermedades renales crónicas, el chocolate disminuye el efecto que esta patología genera en los riñones, principalmente la inflamación y el estrés oxidativo en este órgano, indicando que es recomendable el consumo de este alimento en este tipo de pacientes.

Como se mencionó anteriormente (apartado 1.2.1) el chocolate, “ejerce” ciertas funciones sobre el estado de ánimo, llegando incluso a mencionar que tiene efecto “afrodisíaco” (aspecto no demostrado científicamente) y que este efecto se debe a la liberación de serotonina y feniletilamina (Afoakwa, 2008).

En resumen, los estudios anteriormente citados anteriormente avalan que el chocolate aporta muchos beneficios para el organismo como, por ejemplo: actividad antioxidante, modulación de la función plaquetaria, disminución de la presión arterial, reducir la arteriosclerosis, favorecer la salud ósea, proteger a los nervios de las lesiones y proteger la piel del daño oxidativo, aunque los estudios no son concluyentes en la cantidad recomendada. Probablemente es la mejora del ánimo el efecto del chocolate que hace que éste sea consumido por la población.

2.4. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DEL CHOCOLATE.

Una vez expuestas las propiedades funcionales del chocolate se comentarán sus propiedades tecnológicas y sus principales defectos. Las propiedades tecnológicas más importantes dentro de la industria del chocolate son: el temperado o atemperado, la cristalización de la manteca y el blooming o floración.

En el chocolate negro, Calva-Estrada y colaboradores (Calva-Estrada et al., 2020) mencionan que las temperaturas de fusión están relacionadas con el perfil de ácidos grasos de los triglicéridos, así, estos autores determinaron que las temperaturas de transición vítrea. Esta propiedad física está relacionado con el paso de un estado termodinámico metaestable, caracterizado por una alta agregación y orden molecular, a otro estado termodinámico conocido como estado gomoso, donde existe mayor movilidad de las moléculas y por ende menor estabilidad (Gutiérrez et al., 2014) y de ahí sus propiedades de fusión dependen de las estructuras polimórficas inestables de los triglicéridos con ácidos grasos monoinsaturados presentes en el chocolate, dando rangos de temperatura entre los 19 a 25,5 ° C.

2.4.1. TEMPLADO/ATEMPERADO

Una de las técnicas usadas en la elaboración del chocolate es el temperado, también denominado por otros autores templado (Costaguta, 2008). Esta técnica consiste en someter al chocolate a diferentes temperaturas dependiendo el tipo de chocolate con el que se va a trabajar para obtener un producto final con brillo y capaz de cristalizarse (Chong, 2014).

Es necesario realizar el templado/atemperado dentro del proceso de fabricación de chocolate para que el chocolate pueda ser moldeado en la elaboración de los diferentes productos, como son los bombones, tabletas de chocolate, coberturas, etc., además de facilitar el desmoldado y obtener un producto final con brillo (Costaguta, 2008). La realización del temperado se procede fundiendo el chocolate usando la técnica del baño maría, es decir, usando agua caliente sin llegar a ebullición, a la vez de con la ayuda de

una cuchara de madera moviendo el chocolate para evitar que se pegue. Una vez el chocolate se ha fundido completamente se retira la fuente de calor y se deja enfriar.

A continuación, en la tabla 4 el rango de temperaturas utilizadas en el proceso de atemperado/templado para los diferentes tipos de chocolate (negro, con leche y blanco). En esta tabla se muestran las diferentes temperaturas a las que se procesa el chocolate hasta conseguir la temperatura apta para poder realizar el siguiente proceso dentro de la elaboración, el moldeado.

Tabla 4. *Curvas de temperatura del templado/atemperado del chocolate.*

Fuente: (Costaguta, 2008).

CURVAS DE TEMPERATURA DEL TEMPLADO		
Chocolate amargo	Chocolate con leche	Chocolate blanco
-Fusión del chocolate por completo a 50/55°C	-Fusión del chocolate por completo a 45/50°C	-Fusión del chocolate por completo a 45/50°C
-Disminución de la temperatura a 26/27°C	-Disminución de la temperatura a 26/27°C	-Disminución de la temperatura a 26/27°C
-Aumento de la temperatura a 31/32°C	-Aumento de la la temperatura a 29/30°C	-Aumento de la temperatura a 28/29°C

Se puede realizar el templado de tres formas diferentes: templado sobre mármol, templado de baño maría inverso y templado por sembrado. La duración para los tres métodos oscila entre 10 y 30 min dependiendo la cantidad de chocolate que se va a elaborar y la temperatura ambiente.

- A) Templado sobre mármol: Consiste en volcar dos terceras partes del chocolate fundido previamente en una mesa de mármol pulido, de ahí su nombre. Una vez el chocolate comienza a espesar se coloca de nuevo en el recipiente y se realiza otra vez el baño maría (sin ir mezclando) hasta llegar a la temperatura de temple deseada, teniendo en cuenta el chocolate usado (negro, con leche o blanco).
- B) Templado en Baño María Inverso: El siguiente método consiste en realizar un baño maría inverso (agua fría) hasta que se forma una crema y posteriormente

someterlo a temperatura adecuada de templado, teniendo en cuenta el chocolate usado (negro, con leche o blanco).

- C) Templado por sembrado: A la cobertura disuelta se le añade chocolate rallado a la vez que se va mezclando para que se disuelva de forma homogénea. Una vez mezclado se deja enfriar hasta lograr la temperatura de templado deseado teniendo en cuenta el chocolate usado (negro, con leche o blanco).

En todos los tipos de templado pueden aparecer grumos de forma no deseada. En el caso de que quedarán grumos se debe realizar un baño maría de intervalos de 1 a 2 min removiendo fuera de la fuente calorífica hasta que desaparezcan los grumos sin sobrepasar la temperatura de templado (Costaguta, 2008).

Durante esta etapa los distintos enfriamientos y calentamientos (Tabla 4) permite seleccionar los cristales de grasa de forma βV . Estos cristales, a diferencia de los cristales beta, tienen un punto de fusión cercano a la temperatura corporal y son más estables a la temperatura ambiente (Bakalis et al., 2011).

En la elaboración de chocolate es esencial una correcta cristalización de las moléculas de la manteca de cacao para que el producto sea brillante y su estructura sea la correcta. Por esta razón se realiza el atemperado donde se solidifica el chocolate líquido para pasarlo a estado sólido de forma correcta (Ruiz., et al 2011).

2.4.2 CRISTALIZACIÓN DE LA MANTECA DE CACAO.

La cristalización de la manteca de cacao se produce en el chocolate por su estructura muy ordenada causada por la composición de triglicéridos presentes en el chocolate. Esta cristalización es la responsable de la dureza y el comportamiento del chocolate durante su fusión (Codini., et al 2004). Una característica de la cristalización de la manteca de cacao es su polimorfismo (diferentes modos de cristalizar), diferenciándose entre sí por sus valores de densidad y energía que presenta cada tipo de cristalización. Dentro del poliformismo del chocolate, existen seis tipos de cristalización de la manteca de cacao. A mayor densidad y con menor energía el chocolate presenta más dificultad para ser fundido y más estabilidad (Ruiz., et al 2011). Si el proceso de templado/atemperado tiene éxito, la microestructura de la manteca de cacao en el

chocolate dependerá en gran medida de la velocidad de enfriamiento aplicada al chocolate durante su procesamiento. Las nuevas tecnologías, han favorecido los procesos de enfriamiento que favorecen la fabricación de chocolate, estas tecnologías han permitido que haya reducción $100^{\circ}\text{C}/\text{min}$, lo que permite mejorar notoriamente la calidad de este producto.

Esta diferencia de temperatura se logra entre la pasta de chocolate y el émbolo. Sin embargo, este gradiente de temperaturas y velocidad de transmisión del frío no garantizan que únicamente los cristales que se deben formar en la fracción grasa (manteca) sean del tipo βV . La cristalización de las otras estructuras polimórficas de la manteca de cacao presenta una menor estabilidad y supone un gran problema para el cuerpo técnico de las industrias del chocolate, ya que se puede generar el “blooming” (defecto de calidad) durante su transición polimórfica, haciendo que el chocolate sea rechazado tanto por su aspecto como su sabor por parte del consumidor.

Son muchos los estudios realizados para mejorar este aspecto (Tewkesbury et al, 2000; Franke, 1998; Tremeac, et a., 2007; Mazzanti et al., 2005), sin embargo, estos autores no lograron obtener un modelo de enfriamiento que permita acoplar la transferencia de calor que ocurre en el producto durante la solidificación, con la cinética de cristalización de la red de cristales de grasa. Además, esta etapa es clave para generar la fuerza de adherencia (entre el chocolate y la superficie del molde) y la fuerza de cohesión (entre los elementos del propio chocolate) que afectan tanto al desmoldeo como al posterior proceso de limpieza. Estas características presentan una gran dependencia de la estructura del producto.

En el caso del chocolate, esto está relacionado con la estructura cristalina obtenida durante el procesamiento y la interacción entre el chocolate y la superficie del molde. Un defecto en la adhesividad y/o cohesividad determinará la facilidad de la etapa de desmoldeo y eventualmente influirá en las características de calidad del producto (Bakalis, 2011).

2.4.3. BLOOMING

El blooming (término inglés traducido al castellano como floración) en el chocolate se forma por una alteración en su correcta fabricación y/o un almacenamiento con unas condiciones inadecuadas (Figura 3). Como resultado se obtiene un chocolate que no es brillante, siendo la superficie de color blanca y polvorienta (James y Smith, 2019). En la correcta elaboración del cacao la grasa y el azúcar se encuentran de forma homogénea creando una textura fina y dispersados de forma uniforme a nivel macroscópico, obteniendo una correcta fusión de sabores y aromas en boca al derretirse en chocolate en la boca del consumidor. Cuando se produce el blooming se destruye la uniformidad del chocolate a consecuencia de la destrucción de la textura fina de los cristales de grasa y azúcar (Kinta y Hatta, 2012).

Una de las causas del “Fat Bloom” o “blooming”, es una cristalización de la manteca de cacao de una forma incorrecta, debido al uso de grasas inadecuadas o el almacenamiento del chocolate a altas temperaturas (Ruiz., et al 2011). Otra de las causas del “blooming” (Lonchamp y Hartel, 2004) es el almacenamiento de chocolate a una temperatura superior a 19°C. El blooming es un defecto de calidad y existen dos tipos de floración en el chocolate: la floración del azúcar o de la grasa, estas dos floraciones son perfectamente controlables siempre y cuando el proceso de elaboración del chocolate se haya hecho de forma adecuada.

El blooming del azúcar se debe a cambios en la morfología de los cristales del azúcar y está relacionado con el agua presente. En cambio, el blooming de la grasa se debe a la fusión de esta, debido a la disolución de la grasa en el aceite y/o a altas temperaturas (Kinta y Hatta, 2012). Estudios de Kinta y Hatta (Kinta y Hatta, 2005) demuestran que el blooming en el chocolate creado por un mal o nulo templado implica cristalización de la grasa que impulsa la extracción de la grasa donde existe creación de cristales, la cual causa alteraciones en el contenido de la grasa del chocolate.

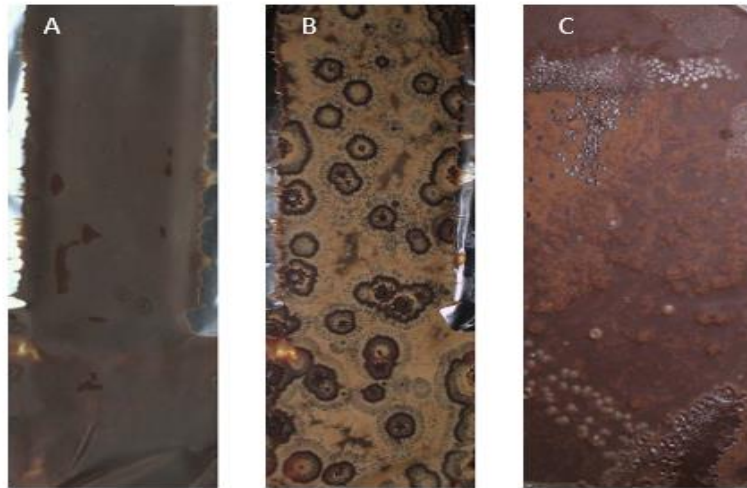


Figura 3. Muestras de chocolate 72% cacao utilizando un escáner de superficie plana. A: Chocolate sin atemperar inmediatamente después de solidificado, B: Chocolate sin atemperar inmediatamente después de 7 días de almacenamiento a temperatura ambiente, C: Chocolate mal templado después de 7 días a temperatura ambiente.

Fuente: (James y Smith, 2009)

2.5. LA SOSTENIBILIDAD COMO EJE DE LA INDUSTRIA DEL PROCESAMIENTO DEL CACAO.

Actualmente existe entre los consumidores una tendencia creciente en la concienciación del cuidado del medio ambiente, lo cual influye en su consumo eligiendo productos más sostenibles, fomentando a su vez la necesidad de que los grandes supermercados incorporen dichos productos dentro de su oferta. Un ejemplo de esta tendencia la encontramos en el mercado española a través de una cadena de supermercados alemanes que, conjuntamente con junto con Fairtrade prevén lanzar en breve una gama de tabletas de chocolae negro y con leche con cacao originario de la cooperativa agrícola Ghaniense Kuapa Kokoo. La finalidad de esta gama de tabletas de chocolates es que sus materias primas puedan ser en su totalidad rastreables y sostenibles. De este modo se garantiza a los agricultores recibir el precio mínimo de comercio justo y garantizarles ingresos, conjuntamente de poder desarrollar y diversificar tanto sus productos como sus técnicas agrarias (Bradbury, 2020). Se espera que en un futuro cercano se adhieran a esta iniciativa otras grandes empresas nacionales.

2.6. OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE Y ECONOMÍA CIRCULAR.

Alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU para 2030 no sólo requiere que el personal de la Industrias Agroalimentarias posean una mentalidad más abierta, aspecto que se puede conseguir a través de la Metodología de Pensamiento Crítico aplicado a la Investigación, Desarrollo e Innovación de Alimentos (MPC+I+D+i) (Girona et al., 2020) de forma que el personal de la industria adquiera conciencia de ello y de opciones de mejora a través de crear una “nueva mentalidad”, que aporte ideas innovadoras y soluciones orientadas al futuro. Muy importante será comprometerse en la participación de todas las partes interesadas tanto a nivel empresarial como de consumidores, bien sea a nivel local o a nivel global.

2.7. ASENTAMIENTO DE COMUNIDADES RURALES EN TORNO A SU PRODUCCIÓN, TRANSFORMACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN.

Uno de los pilares fundamentales para aumentar el beneficio obtenido en la venta de cacao para los agricultores es poder vender sus granos de cacao a un precio más elevado “en la finca”, a pie de campo. Además de poder mejorar las condiciones de los trabajadores en la cosecha y producción, indirectamente también aumentaría su productividad (Cappelle, 2008).

Destacar que estudios realizados en diferentes sistemas agroforestales de cacao (AFS) en la Amazonía colombiana demostraron que los diferentes suelos estudiados son capaces de mantener las funciones ecológicas clave de los diferentes ecosistemas. Por otro lado, está demostrado que el cultivo de cacao puede ayudar a restaurar la calidad y fertilidad de suelos explotados anteriormente por otros cultivos. Como conclusión de este estudio se plantea los AFS como una posible estrategia a la hora de restaurar pastizales degradados (Suárez et al., 2021).

2.8. RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA DE LA INDUSTRIA DEL CACAO.

Uno de los objetivos más importantes de la industria de alimentos, en general, y la del cacao, en particular, es mejorar la calidad de vida y contribuir a un futuro más saludable. Desde ese punto de vista, las estrategias utilizadas como Responsabilidad Social Corporativa (RSC) por las distintas empresas, varían. Analizamos diferentes ejemplos de empresas y sus actuaciones respecto al desarrollo sostenible mediante el cultivo del cacao. Las empresas que analizaremos son: Nestlé, Mars, Suchard y Ferrero.

En primer lugar, Nestlé, (Nestlé, 2021) tiene definida su RSC en tres ámbitos:

A) Personas y Familias.

B) Comunidades en las que la empresa trabaja.

C) Lograr impacto medioambiental cero de las distintas actividades industriales.

En el caso del cacao esta compañía tiene un Plan (Nestlé Cocoa) para la formación de los productores y cultivadores del cacao (Nestlé, 2015).

En segundo lugar, analizaremos Mars (Mars, 2014), otra de las grandes empresas del sector del cacao y chocolate. Mars cuenta con 5 compromisos incluidos en la RSC (Responsabilidad Social Corporativa); calidad, responsabilidad, reciprocidad, eficiencia y libertad.

En tercer lugar, Suchard (Suchard, 2015) se encuentra dentro del proyecto Cocoa Life de Mondelez Internacional, donde el objetivo es invertir en los productores de cacao y sus comunidades para mejorar la calidad de vida de esta población y luchar en contra del trabajo infantil. El turrón elaborado por Suchard, se fabrica con chocolate producido en plantaciones de cacao certificadas en Rainforest Alliance, donde se vela por el medio ambiente y la calidad de vida de los agricultores de estas plantaciones. Juntamente, las materias primas agrícolas proceden de Comercio Justo.

En cuarto lugar, Ferrero divide su responsabilidad social corporativa en dos áreas: el cuidado del planeta y el bienestar de las personas. Las materias primas usadas en sus productos proceden de producciones responsables donde se respeta el medio ambiente

y se optimiza el uso de maquinaria, energía y recursos para minimizar el daño ocasionado al medio ambiente en todo el proceso de elaboración de sus productos. El área encargada de las personas se centra en la innovación y calidad de sus productos para la producción alimentos más saludables y a la vez seguros para el consumo humano, a la vez de llevar a cabo el programa global “Joy Of Moving” de Kinder + Sport promoviendo un estilo de vida saludable (Ferrero, 2021).

2.9. VALORIZACIÓN DE COPRODUCTOS DEL CACAO.

Las mazorcas de cacao, las cáscaras de los granos de cacao y los mucílagos del cacao son los principales coproductos que se obtienen durante el procesamiento del cacao. Dentro de la industria agroalimentaria, estos coproductos son de gran valor gracias a su contenido en compuestos polifenólicos y su potencial en fibra dietética. Debido a que se trata de productos con valor añadido al ser ricos en fibra, se pueden usar estos coproductos para la elaboración de alimentos funcionales (Martínez et al., 2012).

El principal coproducto en la industria en la elaboración del cacao es la cáscara de la mazorca de cacao (CPH), la cual, se compone del 67-76% del peso total del fruto de cacao. En el procesamiento de los granos de cacao, por cada tonelada de grano seco de cacao se obtienen diez toneladas de cáscara de mazorca de cacao, por lo que se convierte este subproducto en una interesante fuente de recurso a utilizar como energía renovable (Campos-Vega et al, 2018). Botella-Martínez y colaboradores (Botella-Martínez et al., 2021), exponen en sus estudios que la cáscara del cacao constituye un coproducto estimado para la industria alimentaria debido a que en su composición se encuentra un alto contenido de valiosos compuestos bioactivos como fibra dietética, compuestos polifenólicos (principalmente epicatequina y catequina) o metilxantinas (principalmente teobromina y cafeína). En un futuro, la cáscara de cacao podría ocupar un lugar dentro de la industria alimentaria debido a las características citadas anteriormente, que lo convierten en un ingrediente potencial a tener más en cuenta de lo que se tiene en la actualidad (Botella-Martínez et al., 2021).

En la cáscara de la mazorca del cacao se encuentran gran cantidad de coproductos útiles para la industria alimentaria como son los compuestos bioactivos, los compuestos

antioxidantes, la fibra dietética, los minerales, la pectina y la teobromina, además de tratarse de una fuente económica, cuantiosa y renovable (Campos-Vega et al., 2018). Estudios realizados por diversos investigadores (Okiyama et al., 2018), revelan que la cáscara de cacao se trata de una fuente rica en alcaloides, epicatequinas, flavonoides y teobromina. Entre estos compuestos se recalca la capacidad antioxidante de la cáscara de cacao, la cual contiene alto contenido en compuestos fenólicos donde los principales son los flavonoides.

La cáscara de la mazorca de cacao y la cáscara de cacao son dos coproductos en la fabricación de chocolate ricos en fibra, con un gran valor dentro de la industria del cacao (Delgado-Ospina et al., 2021). Además, se puede usar como sustituto a emulsionantes o aditivos con la finalidad de retener agua, ya que esta cáscara posee una alta capacidad de hidratación, además de incorporar fibra y diversos antioxidantes. Por último, la cáscara de cacao es rica en lípidos, fibra dietética, proteínas y diversas moléculas antioxidantes como son isoquercetina y epicatequina.

2.10. PROPIEDADES SENSORIALES Y FISIOLÓGICAS DEL CACAO Y SUS PRODUCTOS (MANTECA DE CACAO, CHOCOLATE...).

El cacao y sus productos derivados son consumidos mundialmente por sus propiedades sensoriales y fisiológicas, existiendo gran cantidad de compuestos que crean infinidad de sensaciones en boca y efectos en nuestro organismo. Gallar (2015) menciona cómo afecta la ingesta de chocolate en la psicología del ser humano. Esta autora concluye que el consumo de chocolate induce la sensación de bienestar debido al triptófano, teobromina, trimetilxantina, andamina y feniletilamina, producidas al tostar el cacao. La sensación grasa que se produce en la boca es provocada por el efecto de los triglicéridos. En el grano de cacao crudo se encuentran compuestos encargados de dar el sabor característico del chocolate, los polifenoles. Otros compuestos son las pirazinas, los aldehídos, las cetonas y los ésteres creadas durante la elaboración del chocolate (Barišić, 2019).

En otro orden de cosas, el chocolate tiene una alta cantidad de teobromina, que se trata de una sustancia alcaloidea que se asemeja a la cafeína. En cambio, la cantidad de

cafeína en el cacao es escasa. La teobromina actúa como estimulante y la relación de su función estimulante frente a la cafeína es de 1/10. La feniletilamina y la tiramina también influyen en la composición del chocolate siendo dos compuestos similares a la anandamida y la anfetamina (Valenzuela, 2007).

Es importante comentar procesos de elaboración del cacao y chocolate para poder comprender sus propiedades sensoriales debido a que en los procesos de tostado y fermentación es donde se desarrollan estas propiedades. Las diferentes formas de elaboración de chocolate, concretamente el tueste y fermentado influye directamente en los diferentes atributos sensoriales del chocolate elaborado. Esto se debe a que los precursores del sabor se desarrollan en el fermentado y en el tueste principalmente. La manteca de cacao influye en la sensación en boca del chocolate y la textura, debido a la relación de grasa procedente del chocolate. Por esta razón es esencial una correcta formulación del chocolate (Hoskin, 1994).

Durante la prefermentación del cacao (López y McDonald, 1981) se forman los diferentes precursores del sabor debido a que es cuando más compuestos se liberan, posteriormente en el proceso de tueste las reacciones entre ellos originaran el sabor a chocolate. Por lo tanto, la mayoría de los sabores presentes en el chocolate son causados por la fermentación y tostado, otra fracción de sabores proviene de la variedad y procedencia del cacao. Siendo los parámetros más importantes a la hora de evaluar la calidad del chocolate son la apariencia, aroma, textura, gusto y sabor del chocolate (Afoakwa, 2016).

La formulación del chocolate influye en las características sensoriales del mismo debido a que además del chocolate se añade azúcar entre otros ingredientes. El azúcar es añadido con la finalidad de esconder ese amargor presente de forma natural en el cacao que es originado por su contenido en alcaloides y polifenoles y así, hacer el gusto más agradable a la población. (Beckett, 2019)

Otro factor que influye en el sabor del chocolate es la sensación en boca donde influye de forma significativa es el tamaño de las partículas del azúcar (más grandes o

pequeñas). Para la elaboración de chocolate con leche se añadía leche en polvo con la finalidad de ablandar el chocolate gracias a la presencia de la grasa en la leche (Beckett, 2011; German y Dillard, 1998).

También es importante comentar el almacenamiento del chocolate. El almacenamiento es esencial para un correcto perfil organoléptico, siendo una temperatura ideal para su almacenamiento entre 14°C y 19°C, sin cambios bruscos de temperatura. Una vez alcanzada la fecha de consumo preferente del cacao sus características tanto organolépticas como de apariencia irán disminuyendo con el paso del tiempo (Ghosh et al., 2002).

Mientras que la presencia de luz y de aire son las causantes de la descomposición de las grasas presentes en el chocolate. Cuando se oxida el chocolate, el sabor del chocolate cambia de forma negativa, creando sabores desagradables y aromas fuertes los cuales no suelen gustar. El aroma del chocolate oxidado puede pasar a chocolate no oxidado por lo que no es recomendable almacenarlo junto ya que se puede dar el caso de la migración de olores (Lonchamp y Hartel, 2004).

Diversos científicos desarrollaron una rueda sensorial (Figura 4) para el chocolate donde recopilaron los diferentes atributos sensoriales influyentes en el sabor y flavor del mismo (De Pelsmaecker et al., 2019). A continuación, se expone la rueda sensorial:



Figura 4. Rueda sensorial de chocolate

Fuente: (Equal Exchange Coop., 2020).

Para evaluar un chocolate mediante la rueda sensorial existe un formulario de degustación del análisis sensorial del cacao, donde se establecen diferentes categorías de análisis y sus diferentes formas para analizar sus parámetros. Estas evaluaciones son llevadas a cabo por un grupo de panelistas. Estos parámetros son: aroma, acidez, astringencia, amargor, defectos, flavor, regusto, comentarios, puntos de catador y puntuación final.

Para la realización del formulario se han usado dos tipos de escala dependiendo del parámetro estudiado. Se usa una escala de 1 a 5 para reflejar la intensidad en un determinado perfil sensorial, mientras que con el uso del Quality Scale se refleja el potencial de la muestra estudiada. Para ambas escalas está permitido el uso de medios puntos. Una vez realizado el formulario, se recopilan las diferentes puntuaciones de los panelistas para obtener los resultados que son diferentes dependiendo de los objetivos de cada estudio. El último paso es realizar una calibración de resultados entre los diferentes panelistas para poder establecer las discusiones a partir de las diferentes gráficas de interpretación de resultados (Equal Exchange Coop., 2020).

3. MACA (*Lepidium meyenii*).

3.1. DEFINICIÓN.

Según la Real Académica de la Lengua (RAE) la maca tiene distintas acepciones, haremos mención sólo a aquella relacionada con la alimentación que detallamos a continuación. “Tubérculo andino muy alimenticio y de propiedades medicinales”. Con esta introducción se desglosará la información acerca de este tubérculo.

La maca es una planta endémica de los Andes con gran potencial bioactivo comparable a frutos como la chirimoya (*Annona cherimola*), la lúcuma (*Pouteria lucuma*) y el pepino dulce (*Solanum muricatum*); Semillas como la quinoa (*Chenopodium quinoa*), el amaranto (*Amaranthus*) y la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*); Tubérculos y raíces como yacón (*Smallanthus sonchifolius*), oca (*Oxalis tuberosa*) y olluco (*Ullucus tuberosus*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*) o la maca en la cual se centrará este estudio (Campos et al., 2018).

Desde un punto de vista botánico, forma parte de la familia Brassicaceae la maca es una planta herbácea, anual, de porte arrosetada, de raíz tuberosa con abundantes pelos radicales (Chacón, 1990).

Dependiendo el área de cultivo se pueden encontrar más de ocho ecotipos diferentes en el área de cultivo de Perú, distinguidose entre ellos según el color de sus raíces, tales como, amarillo, púrpura, blanco, gris, negro, amarillo/púrpura y blanco/púrpura (Gonzalez et al., 2007; Rea, 1994), siendo el ecotipo amarillo es el cultivar más común en Perú (Wang et al., 2007).

A continuación, se muestran varios tipos de maca (*Lepidium affine* Wedd; *Lepidium gelidum* Wedd; *Lepidium meyenii* var. *affine* Thell; *Lepidium meyenii* var. *gelidum* (Wedd.) Hosseus; *Lepidium meyenii* subsp. *gelidum* (Wedd.) Thell; *Lepidium orbignyanum* Wedd; *Lepidium peruvianum* G.Chacón; *Lepidium weddellii* O.E.Schul), pero la forma más coloquial de clasificarlas es por su color, (amarilla, marrón y negra). En la figura 5 se puede apreciar la forma y tamaño.



Figura 5. Aspecto de la maca amarilla y negra después de su recolección.

Fuente: (Esparza et al.,2015; Arias et al., 2006)

3.2. ASPECTOS ANTROPOLÓGICOS DEL CONSUMO DE MACA.

La maca tiene una gran influencia en las culturas andinas, no solo por su adaptabilidad a entornos hostiles (crece a altitudes de 4000 m, Figura 6) sino también por sus importantes aspectos antropológicos (arte, cultura, tradición, religión, etc.). Sin embargo, es en la parte de la medicina tradicional inca donde tiene mayor importancia.



Figura 6. Campos de cultivo de maca mediante la técnica de cultivo en terrazas con pendiente y pequeñas parcelas de campo en las montañas andinas.

Fuente: (Flores et al., 2003)

Todos los pueblos andinos, han cultivado la maca. Existen registros de su cultivo desde hace más de 2000 años con distintos fines. La maca se ha consumido de distintas formas, hervida o tostada, fresca o deshidratada (liofilización natural), entera o molida (harina).

A la maca se le han atribuido algunas propiedades medicinales, una de las más popularmente conocidas es la capacidad que posee de mejorar la fertilidad en el ganado “europeo”, particularmente en porcinos y bovinos. Este fenómeno fue observado ya en tiempos de la colonia ya que las tasas de fertilidad del ganado eran muy bajas en los Andes. Los incas aconsejaron a los españoles suplementar la alimentación de este ganado con maca, pudiendo comprobar los efectos positivos de esta planta. Si está

demostrado su efecto sobre la espermatogénesis en ratas a grandes altitudes (Gonzales et al., 2004).

En China, se están realizando, a nivel humano, distintos estudios sobre las propiedades beneficiosas de la maca. Estos estudios se están realizando, específicamente, para tratar la infertilidad en humanos y animales domésticos y aumentar el estado de ánimo y vitalidad física (Wang y Zhu, 2019; Peres et al., 2020; Wang et al., 2007). Quizás, el efecto más importante a nivel fisiológico, que se le atribuye a la maca por parte de la tradición andina, son sus propiedades “afrodisíacas”, incremento de la “potencia sexual”, incremento del volumen seminal en varones sin embargo, no se ha comprobado científicamente estos efectos ya que no sufren alteraciones los niveles hormonales en humanos en períodos de consumo de 12 semanas (Wang et al., 2007) mientras que en las mujeres se le atribuyen efectos sobre los distintos síntomas asociados a la menopausia (Zhang et al., 2006).

La tradición andina le atribuye propiedades beneficiosas para el sistema nervioso, en especial para los procesos cognitivos, paliar los efectos de la depresión y mejorar la memoria (Hermann y Bernet, 2009). También se le atribuyen propiedades cicatrizantes, particularmente en las heridas, antianémico y ciertas afecciones hepáticas causadas por el alcoholismo e incluso la leucemia (Campos et al., 2018). La maca negra (una de las tres más consumidas en los países andinos), la medicina tradicional la prescribe, específicamente, para problemas prostáticos y osteoporosis. Todas estas propiedades “saludables” no están confirmadas científicamente y quedan en el imaginario antropológico andino.

A nivel histórico, las huestes incas la usaban para incrementar su resistencia y energía para las largas travesías y cambios constantes en la altitud.

Desde el punto de vista botánico la maca (*Lepidium meyenii*) es un tubérculo cultivado a 3000- 4000 m en los Andes centrales (Figura 7). El hipocótilo es la parte comestible, similar en forma a un rábano, y que tarda en madurar entre 8-9 meses desde la siembra hasta la cosecha, (Villaorduña y Zevallos, 2013).



Figura 7. Hipocótilos de maca (*Lepidium meyenii*)

Fuente: (Ríos, 2018)

Su raíz o hipocótilo es el que le confiere a este tubérculo sus propiedades saludables. Fuera de los países andinos, la maca es consumida principalmente como suplemento dietético. (Figura 8).

Recientemente, en la base de datos de etiquetas de suplementos dietéticos de los Institutos Nacionales de Salud (NIH, 2020) de Estados Unidos, se han encontrado registrados 1.032 productos donde en la etiqueta aparece el ingrediente “maca”, confirmando así su reciente popularidad (Xu et al., 2021).



Figura 8. Diferentes productos elaborados con maca (*Lepidium meyenii*) comercializados en tiendas on-line a nivel mundial. (A: Cápsulas de Maca; B: Cápsulas de Maca con vitamina B12 y C: Cápsulas de Maca con L-Arginina y Zinc)

3.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MACA EN EL MERCADO.

A continuación, se comentarán aquellos aspectos relacionados con la situación actual de la maca en el mercado, tales como el tamaño de mercado, la evolución de su precio y perfil habitual de los consumidores de este tubérculo. A la fecha de redacción de esta memoria, en las distintas fuentes consultadas (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación 2021 y Mercasa 2021) no se han encontrado, datos del consumo de maca en España, por lo tanto, se tomarán de base los datos del Reino Unido, donde sí se disponen de informes indirectos a través del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú, 2018).

3.3.1. TAMAÑO DE MERCADO.

Los principales importadores de maca andina son Hong Kong, EEUU, Canadá y China, siendo Hong Kong el territorio que más importa este producto a nivel mundial. En el periodo 2010-2015, se importaron un total de 355.000 Kg. En 2014 el mercado británico dejó de importar maca ya que los compradores chinos acapararon el producto, especialmente el tubérculo y el polvo de maca, haciendo que se encareciera el producto diez veces más su precio.

El 80% de los británicos compran maca orgánica, importando 150 toneladas anuales. Debido a su elevada demanda, el Perú ha prohibido desde 2003 la exportación del tubérculo, por ello tiene que ser enviada a los países de destino, transformada en forma de cápsulas, polvo u otro producto incrementando su valor añadido y los beneficios económicos para el país andino. Las empresas peruanas que exportan maca al resto del mundo deben estar certificadas para la norma BRC7.

Hace una década el precio de la maca andina era tan bajo que los agricultores no se preocupaban de su cosecha, sin embargo, dado el boom de consumo en los países occidentales y china de este producto, los precios en origen se han encarecido notablemente, llegándose a pagar hasta 100 dólares estadounidenses por kilo de productos. Las condiciones edafoclimáticas existentes en el Tíbet (muy similares a los Andes) hacen de China el segundo país productor de maca. Sin embargo, China ofrece una maca amarilla, de precio más bajo, pero posee menos calidad que la andina (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú, 2018).

3.3.2. PERFIL DEL CONSUMIDOR DE PRODUCTOS CON MACA.

Si analizamos por segmentos de edad el mercado en Reino Unido, en el periodo comprendido entre 2014 y 2018, en la población de 3 a 12 años se incrementaron las ventas un 5% siendo importante conocer que se recomienda la maca en niños siempre bajo la prescripción y supervisión de un facultativo. En los jóvenes (entre 12-28 años), incrementaron también sus ventas en un 5%. La población adulta (mayores de 28 años), la mayoría de los consumidores en Reino Unido, usaron los productos derivados de la maca como regulador hormonal (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú, 2018).

Si bien el atribuirle la medicina tradicional peruana propiedades “afrodisíacas” (no demostrada apartado 3.2.2), cabría esperar que el perfil de consumidores fuese mayoritariamente masculino sin embargo, en el Reino Unido no ocurre así, ya que el 70% de los consumidores de maca, son mujeres (fundamentalmente a que “disminuye los trastornos de la menopausia”) los mayores consumidores del total de mercado de

maca lo abarcan en un 70% mujeres (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú, 2018).

Son distintas las empresas que buscan ampliar la oferta de nuevos productos alimenticios que incorporen maca en su formulación y que están especialmente dirigidos al público femenino. Sin embargo, queda una enorme labor de divulgación a nivel mundial sobre los beneficios del consumo de maca, labor que un Tecnólogo de alimentos puede realizar a través de la responsabilidad social asociada a la profesión, como viene siendo realizada en la UMH a través del programa de radio Salud y Bienestar a través de la Alimentación de la radio UMH (<https://radio.umh.es/category/programas-radio-umh-2012-2013/ciencia-investigacion-y-tecnologia/salud-y-bienestar-a-traves-de-la-alimentacion/>).

Recientemente cobran cada día mayor importancia nuevos nichos de mercado, tales como los veganos, los vegetarianos, celíacos y alérgicos, millennials, etc. a otros alimentos los cuales podrían ser potenciales consumidores de maca andina. A modo de ejemplo, en el Reino Unido en 2018 se estimaba en unos 150.000 los consumidores declarados como veganos, y esta cifra al igual que en otros países occidentales, se incrementa año a año. Sin embargo, los vegetarianos, en todas sus vertientes (lacto-ovo-vegetarianos, ovo-vegetarianos, vegetarianos estrictos) representaban el 8% de la población británica. Así mismo, los 600.000 celíacos y los alérgicos (no se han detectado, tanto en el Reino Unido como a nivel mundial de alergias significativas y específicas a la maca).

Las alergias en el consumo de productos con maca están más relacionadas con los potenciales alérgenos existentes en el producto como son las proteínas de la leche, soja, huevos, trigo (gluten), cacahuets, nueces, pescado y marisco (Crepet et al., 2021) o a pesticidas mal manejados tanto en maca como en el resto de los ingredientes del producto o por reacciones alérgicas a derivados fúngicos presentes en el producto por mala conservación de los mismos.

Otro nicho de mercado en auge es el mercado de los alimentos infantiles. En la tradición cultural andina, la maca, es utilizada como sustitutivo de la leche materna y en los

alimentos de iniciación infantil, debido a que es un producto con una riqueza energética, sin embargo, no hay ningún estudio científico que evalúe y avale, realmente, el papel de la maca en las distintas etapas de la alimentación infantil (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú, 2018).

3.4. VALOR NUTRICIONAL DE LA MACA ANDINA.

A continuación, se expondrán en las tablas 5,6,7,8 y 9 del valor nutricional de la maca, empezando con la maca (*Lepidium meyenii*) de forma general, para posteriormente comentar diferentes variedades de maca con más detalle.

Tabla 5. Composición de macronutrientes en la maca (*Lepidium meyenii*).

Fuente: (Castaño Corredor, 2008)

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO RAÍZ SECA MACA	
Componentes	Contenido (%)
Carbohidratos	54,60-60,00
Proteínas	8,87-11,60
Fibra	8,23-9,08
Cenizas	4,90-5,00
Lípidos	1,09-2,20

La parte comestible de la maca es su tubérculo, formado por el hipocótilo y la raíz. Sus hipocótilos secos de la maca son ricos en aminoácidos esenciales como la leucina, la arginina, la fenilalanina, la lisina, etc. Además, contienen aproximadamente 13% -16% de proteína, 59% de carbohidratos, 2,2% de lípidos y 8,5% de fibra. Los ácidos grasos libres más abundantes de la maca son los ácidos linoleico, palmítico y oleico (Valerio y Gonzales, 2005).

Los carbohidratos presentes en la raíz seca están compuestos por: 30,4% de polisacáridos, 23,4% de sacarosa, 4,56% de oligosacáridos y 1,55% de glucosa (Dini et al., 1994; Valentová et al., 2006; Wang et al., 2007).

En la raíz están presentes 18 o 19 aminoácidos, de los cuales 7 de ellos son esenciales. Los hipocótilos secos son especialmente ricos en aminoácidos esenciales como leucina, arginina, fenilalanina y lisina (Memariani et al., 2020). Respecto a su porcentaje de lípidos, el contenido en ácidos grasos saturados como el oleico y linoleico es del 52,7% a 60,3% de ácidos grasos totales (Dini et al., 1994; Wang et al., 2007).

La maca de forma general posee un alto contenido en fibra y un bajo contenido en grasa. Sin embargo, al analizar los tres tipos de maca estudiados (negra, amarilla y marrón), encontramos que las tres son consideradas de bajo contenido en grasa. A la hora de comentar la fibra, sólo la maca negra posee un alto contenido en fibra, mientras que la amarilla y la marrón son fuente de fibra (BOE, 2009).

En las tablas 6, 7, 8 y 9 se muestran los valores del contenido de humedad, lípidos, fibra dietética y carbohidratos de las distintas variedades de maca (amarilla, negra y marrón). En esta tabla se aprecia que la maca amarilla es la que menor contenido de proteínas tiene, mientras que son más o menos similares la marrón y la negra.

Tabla 6. Principales minerales encontrados en la Maca (*Lepidium meyenii*).

Fuente: (Valdivia y Almanza, 2013)

MINERALES MACA	
Minerales	Contenido (mg/100g)
Potasio	1100-2000
Calcio	240-500
Fósforo	145-400
Magnesio	70-160
Sodio	10-40
Hierro	8-95
Magnesio	2-3
Zinc	1-3

Los hipocótilos de maca contienen grandes cantidades de calcio (150 mg / 100 g de materia seca) y hierro (16,6 mg / 100 g de materia seca) (Gonzalez, 2012). Respecto a los minerales presentes, la maca está considerada como un alimento rico en potasio (BOE, 2009). El potasio (Valdivia, 2013) está en mayor proporción respecto a los otros minerales.

Tabla 7. Composición de macronutrientes en la maca amarilla (*Lepidium meyenii*).

Fuente: (Valdivia y Almanza, 2013)

MACA AMARILLA	
Componentes	Contenido (%)
Carbohidratos	72,80
Proteínas	8,80
Fibra	4,40
Lípidos	0,90

Tabla 8. Composición de macronutrientes en la maca marrón (*Lepidium meyenii*).

Fuente: (Valdivia y Almanza, 2013)

MACA MARRÓN	
Componentes	Contenido (%)
Carbohidratos	71,30
Proteínas	9,10
Fibra	4,30
Lípidos	1,10

Tabla 9. Composición de macronutrientes en la maca negra (*Lepidium meyenii*).

Fuente: (Valdivia y Almanza, 2013)

MACA NEGRA	
Componentes	Contenido (%)
Carbohidratos	60,00
Proteínas	10,00
Fibra	8,50
Lípidos	2,20

La maca negra resalta por su contenido en lípidos, grasas y vitaminas y minerales. Dentro del porcentaje de lípidos se encuentran grasas como el ácido oleico, linolénico y palmítico. También se encuentran en esta variedad de maca, fitoesteroles, alcaloides (macaina 1, 2, 3 y 4), isocianatos, glucosinolatos, flavonoides, saponinas, macacidas y alcanidas. La presencia de fibra en la maca negra tiene repercusiones en el sistema

digestivo, siendo su exceso de consumo el causante de provocar gases y hasta diarreas en el organismo humano.

A la hora analizar las proteínas, cabe destacar que se encuentran presentes todos los aminoácidos esenciales a excepción del triptófano. Respecto a los micronutrientes se encuentran vitaminas del grupo B (B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina) y B6 (piridoxina)) y vitamina C. Los minerales presentes son hierro, calcio, zinc, manganeso, magnesio, potasio, fósforo, cobre (Arias et al., 2006).

3.5. COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN LOS DISTINTOS TIPOS DE MACA CON ACTIVIDAD BIOLÓGICA (PROPIEDADES SALUDABLES).

La maca (*Lepidium meyenii*) se ha convertido en un alimento funcional de origen vegetal. Es muy popular no solo por sus propiedades potencialmente terapéuticas (no todas están demostradas científicamente), sus propiedades medicinales y valor nutricional (Jiao et al., 2021). Más allá de su valor nutricional, los efectos biológicos de la maca están relacionados con la presencia de fitoquímicos bioactivos como son los macaenos y las macamidas, glucosinolatos (todos son metabolitos secundarios de la planta), fitoesteroles (campesterol y β -sitosterol), y compuestos fenólicos (Dini et al., 1994). Además, varios estudios indican que la maca tiene compuestos fenólicos del tipo flavanol, principalmente derivados de la galocatequina, también derivados de la catequina y algunos compuestos fenólicos menores, como el ácido protocatecuico y el ácido p-cumárico (Sandoval et al., 2002; Campos et al., 2013).

También se han estudiado sus propiedades antioxidantes y su actividad inhibidora de la acetilcolinesterasa (Ranilla et al., 2010). Memariani y col (Valerio y Gonzales, 2005; Memariani et al., 2010) mencionan que, en las raíces de la maca (*Lepidium meyenii*) también se encuentran ácidos grasos esenciales y varios ácidos grasos libres (ácidos linoleico, palmítico y oleico) (Wang et al., 2007, Piacente et al., 2002; Dini et al., 2002).

Recientemente (Yu et al., 2017) se han aislado (Figura 8) en los rizomas de la maca (*Lepidium meyenii*) macatiohydantainas B-K (1-10), que son dos nuevos grupos de derivados naturales de tiohidantoína junto con un análogo conocido (11).

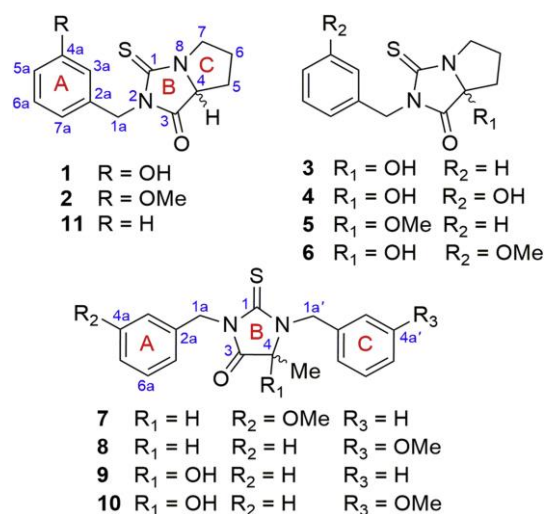


Figura 8. Estructuras de los compuestos 1-11 aislados de *Lepidium meyenii*.

Fuente: (Yu et al., 2017)

3.5.1. MACAENOS Y MACAMIDAS.

Las macamidas y macaenos son metabolitos secundarios, concretamente ácidos grasos poliinsaturados, los cuales, solo se han encontrado en la maca (*Lepidium meyenii*), lo que hace especial este producto (Hermann y Bernet, 2009; McCollom et al., 2005; Zhao et al., 2005; Ganzera et al., 2002; Muhammad et al., 2002) y se producen durante el secado natural postcosecha (Yábar y Reyes, 2019). Las macamidas y los macaenos posiblemente son el grupo biológicamente activo responsable de la mejora del rendimiento sexual (Zheng et al., 2000). En la maca seca se encuentra una proporción de macaenos entre 0,09% y 0,4%, mientras que para las macamidas la proporción es de 0,06 a 0,52% (Ganzera et al; 2002).

Las macamidas, son compuestos bioactivos que se encuentran exclusivamente en la maca. Desde el punto de vista químico, son una serie única de N-bencilaminas formadas a partir de ácidos grasos no polares de cadena larga con múltiples funciones fisiológicas (Jiao et al., 2021).

La N-bencil eicosapentaenamida (NB-EPA), ejerce un potencial papel neuroprotector en la lesión cerebral hipóxico-isquémica. El tratamiento con esta macamida (NB-EPA)

mejora de forma significativa el tamaño del infarto cerebral y mejora los trastornos neuroconductuales después del daño cerebral hipóxico-isquémico.

Además, la NB-EPA inhibe la apoptosis de las células neuronales después de la provocación isquémica, mejorando la supervivencia y la proliferación de las células neuronales mediante la activación de la señalización de AKT fosforilada. Si bien los estudios concluyen que la NB-EPA tiene un papel neuroprotector en los recién nacidos con encefalopatía hipóxico-isquémica, estos estudios deben corroborarse con mayor número de evidencias científicas (Jiao et al., 2021).

Estudios recientes (Apaza et al., 2020), han demostrado que los cambios químicos en las estructuras de las macamidas pueden dar lugar a nuevos tipos de compuestos con mayor actividad antiinflamatoria. Así, en el trabajo publicado por Pérez y colaboradores (Pérez et al., 2020) se sintetizaron un total de 355 tipos distintos de macamidas.

En dicho trabajo, las macamidas sintetizadas fueron capaces de modular la vía de señalización de la proteína TNF- α , citoquina presente en los trastornos inflamatorios relacionados con los inicios de distintas patologías. Estos resultados favorecen que se sigan investigando estos compuestos por su alto potencial farmacológico (Apaza et al., 2020).

3.5.2. GLUCOSINOLATOS.

Durante la primera etapa del ciclo de vida de la maca, los glucosinolatos aromáticos son los principales componentes químicos, por lo que se identificaron provisionalmente seis moléculas de gucosinolatos con estructuras aromáticas, tres indólicas y uno alifático. En la etapa de plántula, la glucolepigramina/glucosinalbina fueron los precursores predominantes, en lugar de la glucotropeolina, que se encuentra principalmente en hipocótilos y raíces. Estos compuestos (glucolepigramina/glucosinalbina) juegan un papel importante como precursores activos en las rutas de biosíntesis de otros metabolitos secundarios. (Pérez et al., 2021).

Los metabolitos secundarios más importantes de la maca son los glucosinolatos o heterósidos sulfocianogénéticos (Jones, 2006), causantes en gran proporción del sabor

picante de este tubérculo. Se han encontrado 9 tipos de metabolitos, siendo el glucotropaeolina el que se encuentra en mayor proporción (Flores et al., 2003; Dini et al., 2002; Li et al., 2001).

A los glucosinatos y otros compuestos derivados de ellos (Fahey et al., 2001), se les atribuyen propiedades anticarcinogénicas, a través de su efecto citotóxico (Yu et al., 2017) así como, propiedades antimicrobianas (Póttorak et al., 2018) y junto a compuestos fenólicos y alcaloides reaccionan al estrés biótico y abiótico durante su ciclo productivo como mecanismo de defensa (Yábar y Reyes, 2019).

Los estudios de las propiedades antimicrobianas de la maca (semillas, hipocótilos, raíces y hojas) fueron completados por Pérez y colaboradores (Pérez et al., 2021) en los que describen que los glucosinatos de la maca pueden actuar como antibióticos de origen vegetal, las fitoanticipinas: ascorbígenos glicosilados y dihidroascorbígenos. Estos estudios están en estado incipiente y deberán ser corroborados por más estudios.

Se han identificado cuatro glucosinatos, la glucolepigramina, la glucoproteína, la glucolimnatina y la sinalbina (Xu et al., 2021). A niveles de concentración, el contenido de glucosinatos es mayor en tejido y raíces frescas frente a raíces secas y procesadas, ya que los glucosinatos se pueden hidrolizar, cuando existe la presencia de la enzima mirosinasa y las células se encuentran dañadas (Li et al., 2001; Piacente et al., 2002).

La concentración de glucosinatos presentes en la maca está relacionada con el tratamiento al que se ha sometido al tubérculo. La maca que ha sido extrusionada presenta un mayor contenido de glucosinatos totales. En cambio, la maca sometida a tratamientos de cocción por ebullición y microondas presenta mayores pérdidas. Esto se debe a que los glucosinatos son lixiviados en el agua de cocción, reduciéndose considerablemente su contenido (Espinoza, 2018).

En los estudios de Esparza y colaboradores (Esparza et al., 2020) se determinó que el tratamiento postcosecha utilizado ampliamente en las regiones andinas implica un secado lento en el campo antes de molerlo para convertirlo en harina. Estos autores destacan que la deshidratación progresiva del tejido y la liberación de enzimas

hidrolíticas y sustratos de los compartimentos celulares (libera monosacáridos libres, ácidos grasos y aminoácidos) que se acumulan, de forma lenta, en los tejidos. Sin embargo, con los glucosinolatos su perfil cinético es mucho más complejo y más rápido ya que, durante el secado se generan sustancias (algunas transitorias y otras estables), que al igual que las mencionadas anteriormente, se acumulan y tienen propiedades fisiológicas interesantes, muchas de ellas por corroborar con estudio científicos específicos.

Desde un punto de vista industrial, el método más utilizado de secado de la maca (previamente triturada) para su posterior procesamiento para la obtención de harina de maca, es el secado con flujo de aire controlado a 35°C. Durante este tratamiento los glucosinolatos se hidrolizan liberando bencil amina como producto de acumulación primario, este paso representa el 94% del glucosinolato hidrolizado presente en la harina. Desde un punto de vista cinético, que tanto los bencenoides desaminados como las macamidas provienen de la bencilamina a través de la actividad de la amino oxidasa o la condensación con ácidos grasos libres, lo que representa el glucosinolato hidrolizado restante (<5%). Según progresa la deshidratación únicamente se aprecian cambios en las proporciones molares de bencenoides desaminados, la acumulación de ésteres de ácido benzoico y alcohol bencílico. Aspecto que indica que para que estos cambios ocurran las enzimas aldehído deshidrogenasas endógenas están implicadas (Esparza et al., 2020).

3.5.3. ALCALOIDES.

Los alcaloides son sustancias nitrogenadas complejas con principios vegetales activos y propiedades básicas. En las raíces de la maca, se han aislado tres tipos de alcaloides: macaradina (1,2-dihydro-N-hidroxipiridina) un derivado bencilado (Muhammad et al., 2002) y dos alcaloides imidazólicos (A y B) lepidilina (Cui et al., 2003). Diversos autores proponen que los alcaloides procedentes de la maca son capaces de contribuir en la actividad anticancerígena (Cui *et al.*, 2003). Sin embargo, no existen estudios que avalen esta hipótesis.

El estudio de los alcaloides presentes en la maca está siendo muy importante y distintos grupos de investigación, a nivel mundial, han ido descubriendo distintos tipos de estos compuestos. Así, Liu y colaboradores (Liu et al., 2021), estudiaron los alcaloides del tipo pirrólico de la maca. Estos alcaloides, en particular, los de la pirrolizidina (PA) son fitotoxinas (Ma et al., 2018), las cuales, una vez ingeridos pueden descomponerse en anillos pirroles, que poseen alta reactividad (ACSA, 2020).

Además, en este mismo estudio se aislaron dos alcaloides pirrólicos diméricos del 2-carbaldehído no descritos y siete nuevos alcaloides pirrólicos, así como las lepirrolilinas A-B son los primeros ejemplos de alcaloides diméricos pirrol 2-carbaldehído de la maca. En el trabajo de Le y colaboradores (Le et al., 2021), se descubrieron e identificaron tres nuevas lepidilinas, las E, F y G.

Además, se identificaron dos alcaloides amidínicos, que representan una clase no descrita previamente en *L. meyenii*, y el ácido 1,2,3,4-tetrahidro- β -carbolina-3-carboxílico, un alcaloide β -carbolínico bien conocido, fue también aislado de *L. meyenii* pero que no había sido descrito previamente en la maca. Mientras que en el estudio de Liu y colaboradores (Liu et al., 2017) se identificó un alcaloide fenilacetamídico.

3.5.4. ESTEROLES.

Existen más de 200 tipos de fitoesteroles en la maca (Zheng *et al.*, 2000; Dini *et al.*, 1994), destacando el campesterol, estigmasterol y β -sitosterol, que se encuentran de forma más abundante. Gan y colaboradores (Gan et al., 2013) en sus análisis de maca blanca morada y amarilla, cultivadas en China determinaron que el contenido total de esteroleos en fueron de 36,60, 32,38, 27,97 mg/100 g, respectivamente. Estos autores también mencionan que los esteroleos más abundantes en este tipo de maca fueron el β -sitosterol y campesterol, siendo el primero el más abundante. Los esteroleos presentes en la maca además de contribuir a reducir el colesterol en plasma, se le atribuyen propiedades antiinflamatorios y antioxidantes, prevención de problemas menopáusicos y mejorar la fertilidad (Lagarda *et al.*, 2006).

Si bien no están validados en modelos humanos, en modelos murinos, los esteroides presentes en la maca en combinación con flavonoides cítricos y glucosinolatos, contribuyen a la reducción del peso corporal y a reducir los niveles de colesterol sérico, indicando con ello, que podrían tener un efecto beneficioso en los trastornos asociados a la menopausia (Valdivia et al., 2020). Sin embargo, estos estudios, a la fecha de esta memoria no han sido publicados.

La composición y el contenido de esteroides en tres tipos de color de maca (*Lepidium meyenii*) cultivada en Yunnan fueron analizados por GC-MS. El resultado mostró que los tres tipos de maca contenían. El contenido de β -sitosterol fue superior al del campesterol. Entre ellos, el contenido total de esteroides en la muestra blanca fue el más alto (Gan et al., 2013).

3.6. PROPIEDADES FUNCIONALES Y SALUDABLES DE LA MACA.

Xu y colaboradores (Xu et al., 2021), mencionaron que la maca se ha popularizado, a nivel mundial, en muy poco tiempo, sin embargo, no existen protocolos de pruebas estándar para determinar la calidad de estos productos en la “Salud pública.” Sin embargo, no se han encontrado más referencias de este aspecto en los portales visitados (Scopus y Sciencedirect) al respecto. Estudios recientes han desarrollado procedimientos analíticos con la finalidad de determinar glucosinolatos (GL) en maca, siendo los glucosinolatos uno de sus ingredientes biológicamente activos más importantes como se ha mencionado anteriormente. A continuación, se comentarán las propiedades funcionales de la maca en humanos:

La maca tiene una influencia favorable sobre la salud en términos de baja potencial de toxicidad oral aguda en estudios toxicológicos en animales, y niveles bajos de evaluaciones de toxicidad celular in vitro (Valerio y Gonzalez, 2005). La maca es recomendada por los nativos del Perú para ser hervido antes de su consumo, debido a los posibles efectos adversos cuando está fresco (Gonzalez, 2012).

3.6.1. MACA Y FERTILIDAD.

La maca (*Lepidium meyenii*) también llamada el “Ginseng peruano”, se emplea en la medicina tradicional andina para aumentar la fertilidad no solo en humanos sino también en animales. En los estudios de El-Khatib y colaboradores (El-Khatib et al., 2019) se indica un efecto positivo en el tratamiento de la disfunción o el deseo sexual en hombres. Además, estos autores en su estudio concluyeron que los suplementos de maca son beneficiosos siempre con una regulación o prescripción facultativa, y calculando el periodo necesario para su administración.

La propiedad más importante conocida en la tradición Andina es su efecto sobre la fertilidad; ésta es la cualidad principalmente atribuida a la maca desde el Siglo XVI hasta la actualidad, y considerada como uno de los factores para el aumento de la población humana en las zonas más altas del Perú. Pero la maca también se “prescribe” para tratar problemas de frigidez, impotencia sexual y trastornos psicológicos (León, 1964; Obregón, 1999; Johns, 1980; Gonzales et al., 2003; Sifuentes-Penagos et al., 2015).

En los EE. UU, la maca se usa como un suplemento alimenticio para reforzar el “vigor sexual” sin embargo, la FDA (FDA, 2019) ha hecho una Alerta alimentaria mencionando que estos suplementos dietéticos elaborados con maca están adulterados con los inhibidores DDE-5 (sildenafil, tadalafilo, vardenafilo, etc).

3.6.2. MACA Y EL SISTEMA NERVIOSO.

A nivel fisiológico, no existen resultados concluyentes sobre el papel de la maca en el SNC. A causa de esto, existen varias hipótesis sobre el papel en el Sistema Nervioso Central (SNC). Una de ellas y la que más adeptos tiene, es la que sugiere que la maca provoca en el SNC, efectos analgésicos, antiinflamatorios y neuroprotectores, liberando neurotransmisores (Gonzalez y Alarcón-Yaquetto, 2018).

Alasmari y colaboradores mencionan en su estudio (Alasmari et al., 2019) que los extractos de maca (especialmente el obtenido con pentano) contiene una serie de macamidas que pueden actuar sobre el sistema endocannabinoide (N-bencilstearamida, N-benciloleamida, N-benciloctadeca-9Z, 12Z-dienamida y N-benciloctadeca-9Z, 12Z, 15Z-trienamida). Estos autores simularon el sistema de degradación de endocannabinoides en el sistema nervioso a través del uso de la enzima hidrolasa de las amidas de ácidos grasos (fatty acid amide hydrolase-FAAH de sus siglas en inglés).

Estos autores mencionan que la degradación enzimática es concentración dependiente (entre 1 y 100 μM). A nivel individual las macamidas como la N-benciloctadeca-9Z, 12Z-dienamida demostró la mayor actividad inhibidora de FAAH mientras que la N-bencilstearamida tuvo la menor actividad inhibidora. Además, la N-bencilstearamida, la N-bencilolaamida y la N-benciloctadeca-9Z, 12Z-dienamida demostraron una inhibición dependiente del tiempo cuando se probaron después de un período de preincubación, lo que indica que el mecanismo de inhibición de estos compuestos probablemente sea irreversible.

Ya que las macamidas de síntesis se están probando a nivel farmacológico, es importante destacar que la(s) insaturación(es) del ácido grasos dan como resultado una mayor actividad inhibidora de FAAH. y por ende su efecto sobre el sistema nervioso, lo que podría permitir mejorar su papel fisiológico de este sistema.

3.6.3. MACA Y FUNCIÓN REPRODUCTIVA FEMENINA.

La función sexual es uno de los aspectos más importantes de las mujeres menopáusicas, y su trastorno es una condición común entre este grupo de mujeres. Los efectos secundarios a largo plazo de la terapia de reemplazo hormonal para mejorar este trastorno han llevado a las mujeres a buscar terapias alternativas, como es el consumo de suplementos alimenticios a base de hierbas y extractos de plantas. Entre estas dos últimas se encuentra la maca (Koliji et al., 2021).

En mujeres perimenopáusicas y en posmenopáusicas se observó una elevación en los niveles de estradiol (hormona sexual femenina del grupo de los estrógenos), que contrasta con lo presentado por el mismo autor en ratas (Meissner et al., 2006), validando que muchas veces los estudios en murinos no son representativos en el ser humano.

La maca también es usada, tradicionalmente, como un regulador de alteraciones de la menstruación y la menopausia en mujeres, y alivia el insomnio y la disminución de la audición y la visión (Pulgar, 1978; Obregón, 199).

Ross (2021) menciona que el uso de la maca (cultivar *Lepidium peruvianum*) en combinación con el aporte de suplementos dietéticos (vitaminas, minerales entre otros), siempre dentro de una dieta equilibrada, mejoran rápidamente los síntomas asociados con la menopausia. Esta es una de las razones de que, en el Reino Unido, son las mujeres, las mayores consumidoras de maca, como se mencionó anteriormente.

Algunos de los metabolitos (16-alfa-OH-estrógenos) presentes en la interacción de diferentes enzimas ejercen un fuerte efecto estrogénico. La conversión en este último metabolito puede corregirse suministrando el extracto de Maca (*Lepidium meyenii*). Este extracto muestra un efecto adaptógeno ya que aumenta la producción de la Proteína de Choque Térmico70 (HSP70). El cual, reduce la influencia negativa del estrés en la configuración de la proteína. Estos (Brooks et al., 2004) extractos de plantas redirigen la actividad hidroxilasa lejos del 16-alfa hacia los metabolitos 2- y 4-hidroxi.

3.6.4. MACA COMO ENERGIZANTE.

En las sociedades industrializadas, los productos con propiedades “energizantes” tiene una gran relevancia económica y social, ya que bebidas o alimentos con ingredientes “energizantes” son muy notorias (por la gran publicidad que realizan en los distintos medios de comunicación) e incluso existen en algunos países, marcas blancas de este tipo de productos. Eslóganes como, “te da alas”, ha calado en la sociedad y las edades de su consumo varían mucho de la legislación de cada país, así en Colombia, solo están permitidas para mayores de 18 años (como en el caso de las bebidas alcohólicas),

presentando identificación a la hora de la compra mientras que, en España, es libre y en cualquier supermercado se venden, sin restricciones, en cuanto a la edad, para su consumo.

Como se mencionó anteriormente, los guerreros incas lo utilizaban tanto para las largas caminatas como para evitar el efecto de la altura en cortos periodos de tiempo o mejorar, fisiológicamente, la adaptación del organismo a las grandes alturas 3500-4000 m.s.n.m. De ahí también el gran interés por parte de China en la maca y poder poblar la gran meseta del Tibet.

La maca tiene interesantes propiedades como energizante así, en los países andinos se utiliza para tales efectos. Existen algunos trabajos que usan a la maca (cruda, deshidratada, fermentada, suplementos dietéticos, y/o, diferentes extractos de ella) para paliar los efectos de la fatiga física al atenuar el daño del músculo esquelético y del miocardio durante el ejercicio (Zheng et al., 2019).

Desde un punto de vista científico este campo es reciente y los estudios que se han desarrollado se emplean básicamente, modelos animales (murinos). Por lo que la validez de estos estudios no se verá corroborada hasta que sean implementados estos estudios en seres humanos. Sin embargo, se destacarán los siguientes estudios de interés al respecto.

En los estudios de Zheng y colaboradores (Zheng et al., 2002) y de Shing y colaboradores (Shin et al., 2008), señalan que tanto los extractos acuosos de maca como la harina de maca fermentada tiene efectos positivos sobre la resistencia física de las ratas. Debe tenerse en cuenta que ambos estudios utilizaron dosis muy altas, lo cual podría invalidar de cierta forma su escalado a nivel humano.

En el estudio de Choi y colaboradores (Choi et al., 2012), la incorporación de 30 y 100 mg / kg de extracto de maca en las dietas de las ratas incrementó la resistencia al agotamiento (utilizando la natación como ejercicio) en un 25 y 41% respectivamente (lo que indica que no hay una relación lineal entre la dosis y el efecto). Desde el punto de vista fisiológico se demostró que los extractos de maca redujeron la actividad de la enzima lactato deshidrogenasa sérica y la peroxidación lipídica muscular, así como, se

incrementó el glutatión total hepático y muscular en comparación con los animales control.

Otros estudios sugieren que una suplementación con los extractos hidroalcohólicos de maca, especialmente la negra, incrementan la resistencia física en un 500% (Shin et al., 2008; Zheng et al., 2002; Choi et al., 2012; Martín-Tello et al., 2021).

3.6.5. MACA Y OSTEOPOROSIS.

La maca roja, al tener un efecto protector sobre órganos regulados por hormonas esteroideas, donde la actividad estrogénica cumple una tarea importante, sugiere que esta variedad podría tener un efecto significativo sobre el balance homeostático de otras funciones reguladas por hormonas esteroideas, como es el metabolismo óseo. Es por ello que hay que tener en cuenta llegar a personas de tercera edad en la comercialización de este producto (publicidad dirigida a ellos) (Zhang et al., 2006).

3.6.6. MACA Y PROCESOS COGNITIVOS.

Estudios realizados en ratas (Marín-Tello et al., 2021), sugieren que cuando las ratas son alimentadas con maca marrón (2 g/kg) tienen una mejor capacidad cognitiva, en particular la memoria espacial además de presentar una disminución de la concentración de malondialdehído (producto natural de la peroxidación de lípidos y la biosíntesis de prostaglandinas que es mutagénico y cancerígeno (Marnett, 1999).

En los estudios de murinos, el consumo de maca marrón incorporado en las dietas se determinó que, en el tejido cerebral, existió una disminución en la concentración de malondialdehído en comparación con las ratas estudiadas utilizando el reemplazo de estrógenos en sus dietas (Marín-Tello et al., 2021).

3.6.7. OTROS EFECTOS ASOCIADOS AL CONSUMO DE LA MACA.

En el estudio de Martín-Tello et al., (2021) también se indica que la maca tiene un efecto positivo para disminuir el estrés oxidativo, los cambios en la expresión genética y la descomposición de la barrera hematoencefálica son causados por la exposición a la radiación de radiofrecuencia, principalmente con el uso de los teléfonos móviles (celulares). Los estudios con la maca en estos aspectos están más relacionados en determinar qué compuestos podrían ejercer ese efecto “protector” y a partir de ellos, derivar una línea farmacológica. (RFR); por tanto, ha despertado interés la búsqueda de fármacos o productos alimenticios que ofrecen alguna protección frente a estos efectos. *Lepidium meyenii* (maca) es una planta andina nativa conocida por sus efectos en el sistema reproductor femenino, así como por sus propiedades inmunomoduladoras, energizantes, antioxidantes y nutritivas debido a su alta concentración de alcaloides, aminoácidos, glucosinolatos, ácidos grasos y macamidas.

3.7. APLICACIONES DE LA MACA

Estudio realizado en 2019, (Carvalho y Ribeiro, 2019), expone que *Lepidium meyenii* se usa como un complemento alimentario debido a su valor nutricional y propiedades “medicinales” (no validadas científicamente). Esto ocurre en base a que en ella se han identificado 101 metabolitos en su extracto como por ejemplo alcaloides, flavonoles, polisacáridos, ácidos grasos, etc. En función de su uso, la maca se comercializa en distintos formatos: forma de polvo, natural, tostada, comprimidos, cápsulas, extracto, triturado, ojuela, bebidas y jugos.

En la figura 9 se muestran distintos preparados comerciales de maca encontrados en el mercado de venta on-line.



Figura 9. Distintos preparados comerciales de maca (*Lepidium meyenii* encontrados en el mercado on-line) A: Maca en polvo, B: Comprimidos y C: Cápsulas.

Fuente: (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú, 2018).

La adición de maca a distintos productos de la industria alimentaria les puede aportar un valor añadido a productos como: harinas, panes, galletas, barras energéticas, pastas, productos lácteos, mermeladas, helados y papillas para bebés. (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú, 2018). Teniendo en cuenta que los nativos de Perú recomiendan hervir el tubérculo antes de su consumo, debido a los posibles efectos adversos cuando está fresco (Gonzalez, 2012), aunque no se han encontrado evidencias sobre esta recomendación.

Un estudio realizado por diversos investigadores (Alarcón et al., 2020) evalúan las propiedades funcionales de la maca (*Lepidium meyenii*) en términos de su aptitud para agregar en alimentos procesados, tanto de forma integral como no integral. Los resultados obtenidos en este estudio nos permiten incorporar este tipo de harinas para diferentes productos alimentarios, conociendo su efecto, tanto en su capacidad emulsionante, capacidad de tenencia de aceite y de agua. Conocer su pH y para permitir modificar los procesos es muy interesante en el caso del proceso de elaboración de

productos cárnicos en los cuales estos parámetros pueden ser críticos con la adicción de estos tipos de harinas.

Las bebidas no alcohólicas (Tireki, 2021), tienen un gran potencial para crear nuevas opciones saludables que ofrecer a los consumidores para cubrir sus nuevas demandas. En la actualidad está en auge la conciencia saludable y hay productos personalizados en los cuales encontramos las necesidades que buscamos ya sean de nutrición o hidratación. En un futuro, las bebidas satisfactorias serían las innovadoras con gusto dulce, sensoriales, con costo moderado para captar consumidores y así cumplir sus demandas. Muchos estudios incluyen bebidas complejas formuladas con ingredientes del futuro como CBD (cannabidiol), adaptógenos nootrópicos y proteínas de plantas (ej. maca). Esto debe ser llevado a áreas de la ciencia e ingeniería para encontrar el máximo potencial de las bebidas no alcohólicas.

A la hora de aplicar la maca a alimentos, Póttorak y colaboradores (Póttorak et al., 2018) mencionan que suplementar los embutidos con harina de maca y otros ingredientes no convencionales (mezcla de catuaba (*Trichilia catigua* y *Erythroxylum*), rodiola (*Rhodiola rosea*), guaraná (*Paulinia cupana*) y miel de flores) en productos cárnicos curados cocidos de pasta fina (salchichas), mejora los efectos antioxidantes, antimicrobianos durante su almacenamiento. El efecto antioxidante de los extractos de maca se debe a la inhibición de la oxidación lipídica en los embutidos, al reducirse los valores de TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico).

3.8 MACA (*Lepidium meyenii*) Y COVID-19.

Nos vemos en la obligación de comentar la influencia de la pandemia de COVID-19 y su repercusión en la alimentación de la población y sus posibles aplicaciones:

Estudios anteriores a la pandemia de COVID-19 (Duran, 2016), mencionan que la maca (*Lepidium meyenii*) tendrá una mayor importancia e interés por parte de los consumidores ya que tendrá una mayor cuota de mercado en los próximos años. Una vez adentrados en la pandemia, Silva (2021) menciona que la maca fortalece el sistema

inmune. Estos datos sitúan a la maca como un alimento interesante a la hora de investigar sus propiedades y beneficios de consumo actualmente.

Desde hace unos años ha cobrado mayor importancia la salud proactiva y consumir productos funcionales reforzando esta tendencia durante la pandemia del covid-19. Dentro de estos productos, uno de ellos es la maca el cual interpretamos que ha ido en aumento su consumo durante el tiempo de pandemia y confinamiento domiciliario ya que gran cantidad de población ha tenido muy en cuenta la salud proactiva en este período.

4. INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, INNOVACIÓN Y COMUNICACIÓN (I+D+i+C).

Como se mencionó anteriormente, la pandemia, ha acrecentado, al consumidor, el sentido crítico (que no tiene por qué ser negativo) hacia el mundo de la alimentación. Este criticismo hace, en muchos casos, que las industrias se replanteen los planes estratégicos que tenían planificados para el bienio 2021-2022 y, vista la continuidad de la pandemia, a futuro sine die. En el I+D+i+C, se debe tener en cuenta que el consumidor se plantea distintas preguntas que, para él son de suma importancia y que de cómo la industria las resuelva, dependerá la continuidad, o no, en la compra de determinados productos, servicios o más concretamente, determinados alimentos, incluso la fidelidad a determinadas marcas comerciales.

En general, se puede mencionar las siguientes preguntas que suele hacerse el consumidor y que, a modo de resumen, se podrían ejemplificar en el siguiente decálogo de preguntas:

- (i) ¿Cómo consumidor como sé, que el alimento que consumo, cumple mis exigencias?
- (ii) ¿Está(n) autorizado(s)/supervisado por las autoridades sanitarias?
- (iii) ¿Cuándo lo coma no me causará ningún problema de salud, cuántas calorías me aporta, contiene alérgenos, qué tipo de aditivos o ingredientes contiene...?

- (iv) ¿Me gustará, será sabroso, me generará satisfacción su consumo...?
- (v) ¿Su obtención y procesamiento es “amigable” con el medio ambiente?
- (vi) ¿Entra dentro de los hábitos culinarios “convencionales”?
- (vii) ¿el alimento me debe explicar o decir algo más que calorías y composición o alertas sobre su consumo?
- (viii) ¿Qué pasa con la salud y el bienestar, la comodidad, el hedonismo, la sostenibilidad, la tradición...?, ¿por qué no se habla de ello?
- (ix) ¿Dónde la encuentro?
- (x) ¿Se pueden determinar o medir todos estos aspectos que no están cuantificados en las etiquetas? (Pérez-Alvarez et al., 2020).

Estos mismos autores señalan que para todos los sectores involucrados en el I+D+i+C (industrias, consumidores y centros de investigación, entre otros), la pandemia sigue siendo una incógnita y a su vez un reto enorme (fundamentalmente intelectual y económico), ya que muchos de los trabajos que se estaban realizando, se han visto frenados y otros se han visto suspendidos a petición de los contratantes externos, al carecer de sentido su continuación al no tener, de “momento”, interés por parte del consumidor por ese tipo de alimentos, al haber cambiado su percepción de los mismos (alimentos muy calóricos, con elevada cantidad de nutrientes “poco saludables”, etc.).

Sin embargo, la pandemia también ha favorecido la “apertura” de criterios a la hora de incorporar nuevos ingredientes a los alimentos “convencionales”, la mezcla de nuevos ingredientes con reminiscencias exóticas y combinación de sabores exóticos. Es por ello que los diferentes productos derivados del cacao y la maca cumplirían con esas expectativas de los consumidores pre y post-pandemia. Más aún con todas las bondades que ambos productos presentan, no solo en el aspecto sávido, sino también en el funcional.

En el caso del cacao y sus derivados y la maca, el decálogo se cumple perfectamente ya que las evidencias científicas son muy abundantes y se saben las ventajas e inconvenientes de su consumo, bien sea por su composición y/o tipo de derivado del cacao del que se hable.

Los extractos de cacao están incluidos en el apartado de “Otros alimentos” (éstos están definidos en la Directiva 2002/46/CE) ya que se consideren vehículos para ingredientes funcionales (“carriers”) y que normalmente se presentan para su consumo por adultos sanos. En el caso de los extractos del cacao, la autoridad sanitaria advierte a los consumidores que no deben consumir más de 600 mg de polifenoles al día, lo que equivale a 1,1 g de extracto de cacao desgrasado en polvo.

Es decir, a efectos prácticos que no se debe sobrepasar el consumo de 1 g/día y 300 mg de polifenoles, lo que equivale a no más de 550 mg de extracto de cacao desgrasado en polvo en una porción de alimento (o complemento alimenticio) (DOUE, 2018). Afortunadamente, la maca está incluida dentro del Catálogo Europeo de Novel Foods (Comisión Europea, 2021).

Y en el caso de la maca, se abre un enorme potencial gracias a sus enormes potencialidades a nivel fisiológico y que se han mencionado anteriormente. Y, además, la combinación de ambos ingredientes podría tener un efecto sinérgico en esas propiedades saludables. No obstante, este aspecto deberá estudiarse y valorar con más estudios científicos.

Para evitar que se desvirtúe el papel de ambos ingredientes y especialmente la maca por sus supuestas propiedades “afrodisíacas”, las empresas deberán hacer una campaña de comunicación, principalmente en redes sociales, en las que se expliquen los beneficios del consumo de la maca, siempre avalado por estudios científicos.

5. CONCLUSIONES

A modo de conclusión, a pesar de que la maca ya está presente en la alimentación humana en diversos formatos (polvo, natural, tostada, cápsulas, extracto, triturado, bebidas y jugos) sin embargo, existen muchas alternativas a la hora de desarrollar e innovar con este alimento. Existe un gran potencial de uso en harinas y productos de panadería y confitería, en alimentos infantiles, productos cárnicos, postres lácteos y otros alimentos en los cuales se puedan incorporar su fracción amilácea, al ser los carbohidratos, su componente mayoritario. Este papel se podría potenciar con la combinación de ésta, con los distintos derivados del cacao.

La pandemia ocasionada por el COVID-19 ha provocado un aumento en el consumo de chocolate. La innovación de nuevos alimentos teniendo como base el chocolate y la maca (*Lepidium meyenii*), abre una infinidad de puertas y combinaciones posibles (distintas variedades de maca y tipos chocolates), siendo un producto destinado a públicos concretos. Tanto la maca como el chocolate producen interés en gran parte de la población y se puede considerar que son alimentos que se encuentran en auge.

La maca se ha convertido en un alimento popular por sus efectos beneficiosos como son: beneficios sobre la fertilidad, sobre el sistema central y mejora de la resistencia física, etc. Sin embargo, el chocolate se consume por sus características sensoriales, aunque también posee diversos beneficios para la salud que mucha gente desconoce, como son su actividad antioxidante y la presencia de flavonoides. No obstante, es necesario seguir con investigaciones científicas para obtener dosis concretas de consumo de chocolate y maca para realmente obtener los aspectos saludables deseados. Por esta razón es necesario seguir investigando para llegar a resultados concretos sobre los parámetros estudiados.

6. BIBLIOGRAFÍA:

- ACSA (2020). Alkaloides de la pirrolizidina. Agència Catalana de Seguretat Alimentària Toxinas naturales en plantas. Enero-Febrero: 1-5 https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/PAs_ficha.pdf [Consultado: 5/06/2021].
- Adams, E. L., Caccavale, L. J., Smith, D., y Bean, M. K. (2020). Food insecurity, the home food environment, and parent feeding practices in the era of COVID-19. *Obesity*, 28(11): 2056-2063
- Afoakwa, E. O. (2008). Cocoa and chocolate consumption—Are there aphrodisiac and other benefits for human health? *South African Journal of Clinical Nutrition*, 21:3, 107-113
- Afoakwa, E. O. (2016). Chapter 2. *Chocolate science and technology*. John Wiley & Sons. pp 12-34.
- Alarcón-García, M. A., Perez-Alvarez, J. A., López-Vargas, J. H., y Pagán-Moreno, M. J. (2020). Techno-Functional Properties of New Andean Ingredients: Maca (*Lepidium meyenii*) and Amaranth (*Amaranthus caudatus*). *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 70(1): 74.
- Alasmari, M., Böhlke, M., Kelley, C., Maher, T., y Pino-Figueroa, A. (2019). Inhibition of fatty acid amide hydrolase (FAAH) by macamides. *Molecular neurobiology*, 56(3): 1770-1781.
- Apaza T. L., Rumbero S. A., Tena P. V., Acero G. J y Madalina. S. A (2020). Synthesis and biological screening of a library of macamides as TNF- α inhibitors. *RSC Medicinal Chemistry*, 11(10): 1196-1209
- Arias Albarracín, J. J., Fassioli Valverde, L., y Raymundo Ibañez, C. A. (2006). Plan de negocios para la exportación de la maca negra orgánica a china. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Lima X/2006. Repositorio Académico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. info:eu-repo/semantics/masterThesis.

- Bakalis, S., Le Révérend, B. J., Anwar, N. Z. R., y Fryer, P. J. (2011). Modelling crystal polymorphisms in chocolate processing. *Procedia Food Science*, 1: 340-346.
- Barišić, V., Kopjar, M., Jozinović, A., Flanjak, I., Ačkar, Đ., Miličević, B., Jokić, E., y Babić, J. (2019). The chemistry behind chocolate production. *Molecules*, 24(17): 3163.
- Beckett, S. T. (Ed.). (2011). *Industrial chocolate manufacture and use*. John Wiley y Sons.
- Beckett, S. T. (2019). *The science of chocolate*. Royal Society of Chemistry.
- Bhat, J. A., Gupta, S., y Kumar, M. (2021). Neuroprotective effects of theobromine in transient global cerebral ischemia-reperfusion rat model. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 571: 74-80.
- BOE (2009). Real Decreto 1669/2009, de 6 de noviembre, por el que se modifica la norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 930/1992, de 17 de julio. Ministerio de la Presidencia. Boletín Oficial del Estado. 269, del 7/XI/2009. Sección I: 92956-92959. <https://www.boe.es/boe/dias/2009/11/07/pdfs/BOE-A-2009-17652.pdf>
- Botella-Martínez, C., Lucas-Gonzalez, R., Ballester-Costa, C., Pérez-Álvarez, J. Á., Fernández-López, J., Delgado-Ospina, J., Chaves-López y Viuda-Martos, M. (2021). Ghanaian Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Bean Shells Coproducts: Effect of Particle Size on Chemical Composition, Bioactive Compound Content and Antioxidant Activity. *Agronomy*, 11(2): 401.
- Bradbury, R., (2020). Lidl launches ethically sourced, private label chocolate bar. PressNewsAgency. 03/12/2020. <https://pressnewsagency.org/lidl-launches-ethically-sourced-private-label-chocolate-bar/>. [Consultado: 04/07/2021].
- Brooks, J. D., Ward, W. E., Lewis, J. E., Hilditch, J., Nickell, L., Wong, E., y Thompson, L. U. (2004). Supplementation with flaxseed alters estrogen metabolism in postmenopausal women to a greater extent than does supplementation with an equal amount of soy. *The American journal of clinical nutrition*, 79(2): 318-325.
- Calva-Estrada, S. J., Lugo-Cervantes, E., y Jiménez-Fernández, M. (2019). Microencapsulation of cocoa liquor nanoemulsion with whey protein using spray drying

to protection of volatile compounds and antioxidant capacity. *Journal of microencapsulation*, 36(5): 447-458.

-Calva-Estrada, S. J., Utrilla-Vázquez, M., Vallejo-Cardona, A., Roblero-Pérez, D. B., y Lugo-Cervantes, E. (2020). Thermal properties and volatile compounds profile of commercial dark-chocolates from different genotypes of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) from Latin America. *Food Research International*, 136: 109594.

-Campos, D., Chirinos, R., Barreto, O., Noratto, G., y Pedreschi, R. (2013). Optimized methodology for the simultaneous extraction of glucosinolates, phenolic compounds and antioxidant capacity from maca (*Lepidium meyenii*). *Industrial Crops and Products*, 49: 747-754.

-Campos, D., Chirinos, R., Ranilla, L. G., y Pedreschi, R. (2018). Bioactive potential of Andean fruits, seeds, and tubers. In *Advances in food and nutrition research* 84: 287-343. Academic Press.

-Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., y Oomah, B. D. (2018). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 81: 172-184.

-Cappelle, J. (2008). Towards a sustainable cocoa chain: Power and possibilities within the cocoa and chocolate sector. *Oxfam International* p.36

-Carroll, N., Sadowski, A., Laila, A., Hruska, V., Nixon, M., Ma, D. W., y Haines, J. (2020). The impact of COVID-19 on health behavior, stress, financial and food security among middle to high income Canadian families with young children. *Nutrients*, 12(8): 2352.

-Carvalho, F. V., y Ribeiro, P. R. (2019). Structural diversity, biosynthetic aspects, and LC-HRMS data compilation for the identification of bioactive compounds of *Lepidium meyenii*. *Food Research International*, 125: 108615.

-Castaño Corredor, M. P. (2008). Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón): composición química y propiedades farmacológicas. *Rev. fitoter*: 8(1):21-28.

- Chacon, G. (1990). La Maca (*Lepidium peruvianum Chacón sp. nov.*) y su hábitat. *Revista peruana de Biología*, 3(2): 171-267.
- Choi, E. H., Kang, J. I., Cho, J. Y., Lee, S. H., Kim, T. S., Yeo, I. H., y Chun, H. S. (2012). Supplementation of standardized lipid-soluble extract from maca (*Lepidium meyenii*) increases swimming endurance capacity in rats. *Journal of Functional Foods*, 4(2): 568-573.
- Chong. L. V., (2014). Temperado de chocolate. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 2(4).
- Codini, M., Vélez, F. D., Ghirardi, M., y Villavicencio, I. (2004). Obtención y utilización de la manteca de cacao. *Invenio*, 7(12): 143-148.
- Comisión Europea (2021). *Lepidium peruvianum* y *Lepidium meyenii*. EU Novel food catalogue.
https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food/catalogue/search/public/index.cfm.
 [Consultado: 10/09/2021].
- Costaguta, M. E. (2008). *Chocolate*. Editorial Albatros.
- Coulthard, H., Sharps, M., Cunliffe, L., y Van den Tol, A. (2021). Eating in the lockdown during the Covid 19 pandemic; self-reported changes in eating behaviour, and associations with BMI, eating style, coping and health anxiety. *Appetite*, 161: 105082.
- Crépet, A., Luong, T. M., Baines, J., Boon, P. E., Ennis, J., Kennedy, M., Massarelli, I., Miller, D., Nako, S., Reuss, R., Jung Yoon, H., y Verger, P. (2021). An international probabilistic risk assessment of acute dietary exposure to pesticide residues in relation to codex maximum residue limits for pesticides in food. *Food Control*, 121: 107563.
- Cui, B., Zheng, B. L., He, K., y Zheng, Q. Y. (2003). Imidazole alkaloids from *Lepidium meyenii*. *Journal of natural products*, 66(8): 1101-1103.
- De Pelsmaeker, S., De Clercq, G., Gellynck, X., y Schouteten, J. J. (2019). Development of a sensory wheel and lexicon for chocolate. *Food Research International*, 116: 1183-1191.

- Delgado-Ospina, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. Á., Martuscelli, M., y Chaves-López, C. (2021). Bioactive compounds and techno-functional properties of high-fiber co-products of the cacao agro-industrial chain. *Heliyon*, 7(4): e06799.
- Dini, A., Migliuolo, G., Rastrelli, L., Saturnino, P., y Schettino, O. (1994). Chemical composition of *Lepidium meyenii*. *Food chemistry*, 49(4): 347-349.
- DOCE (2006). REGLAMENTO (CE) No 1924/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Diario Oficial de la Unión Europea. L404/9-L404-25 del 30/12/2006. <https://www.boe.es/doue/2006/404/L00009-00025.pdf>
- DOUE (2018). REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2018/1023 DE LA COMISIÓN de 23 de julio de 2018 que corrige el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 por el que se establece la lista de la Unión de nuevos alimentos. Diario Oficial de la Unión Europea. 24/07/2018, L187. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018R1023&from=ES>
- El-Khatib, F. M., Yafi, N. R., y Yafi, F. A. (2019). Over-the-Counter Supplements and Men's Health. In *Effects of Lifestyle on Men's Health* (pp. 281-300). Academic Press.
- Equal Exchange Coop. 2020. Guide to the cacao sensory analysis tasting form. 2020. Disponible en: https://equalexchange.coop/sites/default/files/Tasting-Guide_vFJUNE2018.pdf [Consultado: 27/07/2020].
- Esparza, E., Hadzich, A., y Cosio, E. (2015). La maca: la química detrás de su secado tradicional. *Revista de Química*, 29(1): 11-17.
- Esparza, E., Yi, W., Limonchi, F., y Cosio, E. G. (2020). Glucosinolate catabolism during postharvest drying determines the ratio of bioactive macamides to deaminated benzenoids in *Lepidium meyenii* (maca) root flour. *Phytochemistry*, 179: 112502.
- Espinoza Tumialan, C. L. (2018). Efecto de la ebullición, microondas y extrusión en el contenido de glucosinolatos en la obtención de harinas de maca amarilla.

- Fahey, J. W., Zalcmann, A. T., y Talalay, P. (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56(1): 5-51.
- Fanton, S., Cardozo, L. F., Combet, E., Shiels, P. G., Stenvinkel, P., Vieira, I. O., Rebello Narciso, H., Schmitz, J., y Mafra, D. (2021). The sweet side of dark chocolate for chronic kidney disease patients. *Clinical Nutrition*, 40(1): 15-26.
- Ferrero (2021). Responsabilidad social, Ferrero. Compartir valores para crear valor. <https://www.ferrero.com.mx/responsabilidad-social/compartir-valores-para-crear-valor> [Consultado: 01/07/2021].
- Flores, H. E., Walker, T. S., Guimarães, R. L., Bais, H. P., y Vivanco, J. M. (2003). Andean root and tuber crops: Underground rainbows. *HortScience*, 38(2): 161-167.
- Food and Drug Administration (FDA, 2019). Public Notification: Peru Maca contains hidden drug ingredient <https://www.fda.gov> [Consultado: 10/07/2021].
- Formación a los agricultores de cacao (video 01), Nestlé Cocoa Plan (2015). (<https://youtu.be/WR-dDMytKm8>) [Consultado: 20/06/2021].
- Franke, K. (1998). Modelling the cooling kinetics of chocolate coatings with respect to final product quality. *Journal of food engineering*, 36(4): 371-384.
- Galan, P., Babio, N., y Salas-Salvadó, J. (2019). Nutri-Score: el logotipo frontal de información nutricional útil para la salud pública de España que se apoya sobre bases científicas. *Nutrición Hospitalaria*, 36(5): 1213-1222.
- Gallar, J. (2015) ¿Por qué nos gusta el chocolate?. Onda Universitatis (01/10/15). <https://www.rtve.es/alacarta/audios/onda-universitatis/onda-universitatis-gusta-chocolate-01-10-15/3306750/>. [Consultado: 03/04/2021].
- Gan, J., Feng, Y., Zhang, H., He, Z., Zheng, H., y Li, X. (2013). Analysis on composition and content of sterols in three color types of maca, *Lepidium meyenii*. *Forest Research, Beijing*, 26(1): 129-132.

- Ganzera, M., Zhao, J., Muhammad, I., y Khan, I. A. (2002). Chemical profiling and standardization of *Lepidium meyenii* (Maca) by reversed phase high performance liquid chromatography. *Chemical and pharmaceutical bulletin*, 50(7): 988-991.
- German, J. B., y Dillard, C. J. (1998). Fractionated milk fat: Composition, structure, and functional properties. *Food Technology*,52:2.
- Ghosh, V., Ziegler, G. R., y Anantheswaran, R. C. (2002). Fat, moisture, and ethanol migration through chocolates and confectionery coatings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(6): 583-626.
- Girona D., Pineda M., Ramón M., Viuda M., y Pérez J. A., (2020). MPCI+D+i y Alimentos 5S en gelatinas para adultos con problemas de absorción. *Tecnifood*. 121(2): 61-63
- Gómez-Juaristi, M., González-Torres, L., Bravo, L., Vaquero, M. P., Bastida, S., y Sánchez-Muniz, F. J. (2011). Efectos beneficiosos del chocolate en la salud cardiovascular. *Nutricion hospitalaria*, 26(2): 289-292.
- Gonzales, G. F. (2012). Ethnobiology and ethnopharmacology of *Lepidium meyenii* (Maca), a plant from the Peruvian highlands. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012.
- Gonzales, G. F., y Alarcón-Yaquetto, D. E. (2018). Maca, A Nutraceutical From the Andean Highlands. In *Therapeutic Foods*. Academic Press. Hoboken N.J. pp. 373-395
- Gonzales, G. F., Cordova, A., Vega, K., Chung, A., Villena, A., y Góñez, C. (2003). Effect of *Lepidium meyenii* (Maca), a root with aphrodisiac and fertility-enhancing properties, on serum reproductive hormone levels in adult healthy men. *Journal of Endocrinology*, 176(1): 163-168.
- Gonzales, G., Gasco, M., Cordova, A., Chung, A., Rubio, J., y Villegas, L. (2004). Effect of *Lepidium meyenii* (Maca) on spermatogenesis in male rats acutely exposed to high altitude (4340 m). *Journal of endocrinology*, 180(1): 87-96.
- Grupo Mars (2014). El Grupo Mars presenta por primera vez sus compromisos de responsabilidad social en España. [https://www.sweetpress.com/el-grupo-mars-en-](https://www.sweetpress.com/el-grupo-mars-en)

[Consultado: 22/06/2021].

-Gutiérrez Díez, R., Gupta, B. S., y Procaccia, I. (2014). Glass transition in fluids with magnetic interactions. *Physical Review B*, 90 (9): 094112

-Hermann, M., y Bernet, T. (2009). The transition of maca from neglect to market prominence: Lessons for improving use strategies and market chains of minor crops. *Bioversity Books* 311:107

-Hoskin, J. C. (1994). Sensory properties of chocolate and their development. *The American journal of clinical nutrition*, 60(6): 1068S-1070S.

-James, B. J., y Smith, B. G. (2009). Surface structure and composition of fresh and bloomed chocolate analysed using X-ray photoelectron spectroscopy, cryo-scanning electron microscopy and environmental scanning electron microscopy. *LWT-Food Science and Technology*, 42(5): 929-937.

-Jansen, E., Thapaliya, G., Aghababian, A., Sadler, J., Smith, K., y Carnell, S. (2021). Parental stress, food parenting practices and child snack intake during the COVID-19 pandemic. *Appetite*, 161: 105119.

-Jiao, M., Dong, Q., Zhang, Y., Lin, M., Zhou, W., Liu, T., Yuang, B., y Yin, H. (2021). Neuroprotection of N-benzyl Eicosapentaenamide in Neonatal Mice Following Hypoxic–Ischemic Brain Injury. *Molecules*, 26(11): 3108.

-Johns, T. A. (1980). *Ethnobotany and phytochemistry of Tropaeolum tuberosum and Lepidium meyenii from Andean South America* (Doctoral dissertation, University of British Columbia).

-Katz, D. L., Doughty, K., y Ali, A. (2011). Cocoa and chocolate in human health and disease. *Antioxidants & redox signaling*, 15(10): 2779-2811.

-Kinta, Y., y Hatta, T. (2005). Composition and structure of fat bloom in untempered chocolate. *Journal of food science*, 70(7): s450-s452.

- Kinta, Y., y Hatta, T. (2012). Morphology of chocolate fat bloom. In *Cocoa butter and related compounds* (pp. 195-212). AOCS Press.
- Koliji, T., Keshavarz, Z., Zare, E., Mojab, F., y Nasiri, M. (2020). A systematic review of herbal medicines to improve the sexual function of menopausal women. *Journal of Herbmed Pharmacology*, 10(1): 51-60.
- Lagarda, M. J., García-Llatas, G., y Farré, R. (2006). Analysis of phytosterols in foods. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 41(5): 1486-1496.
- Laguna, L., Fiszman, S., Puerta, P., Chaya, C., y Tárrega, A. (2020). The impact of COVID-19 lockdown on food priorities. Results from a preliminary study using social media and an online survey with Spanish consumers. *Food quality and preference*, 86: 104028.
- Le, H.T.N., Van Roy, E., Dendooven, E., Pieters, L., Theunis, M., Foubert, K., Pieters L., y Tuenter, E. (2021). Alkaloids from *Lepidium meyenii* (maca), structural revision of macaridine and UPLC-MS/MS feature-based molecular networking. *Phytochemistry*. 190: 112863
- León, J. (1964). The "Maca" (*Lepidium meyenii*), a little known food Plant of Peru. *Economic botany*, 18(2): 122-127.
- Li, G., Ammermann, U., y Quirós, C. F. (2001). Glucosinolate contents in maca (*Lepidium peruvianum Chacón*) seeds, sprouts, mature plants and several derived commercial products. *Economic botany*, 55(2): 255-262.
- Liu, J. H., Zhang, R. R., Peng, X. R., Ding, Z. T., y Qiu, M. H. (2021). Lepipyrrolins AB, two new dimeric pyrrole 2-carbaldehyde alkaloids from the tubers of *Lepidium meyenii*. *Bioorganic Chemistry*, 112: 104834.
- Liu, Y.-M., Zhao, D., Xiao, M.-M., y Deng, J., (2017). Studies on the chemical constituents of the anti-osteoporotic part of *Lepidium meyenii Walp.* produced in Heqing. *Yaoxue Xuebao*. 52(6): 943-947
- Lonchamp, P., y Hartel, R. W. (2004). Fat bloom in chocolate and compound coatings. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(4): 241-274.

- Lopez, A., y McDonald, C. R. (1981). A definition of descriptors to be used for the qualification of chocolate flavours in organoleptic testing. *Revista Theobroma (Brasil)*, 11 (3): 209-217.
- López, L. A., (2015). Perfil de maca del mercado de Reino Unido (2015). Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú.
- Ma, J., Xia, Q., Fu, P. P., y Lin, G. (2018). Pyrrole-protein adducts—A biomarker of pyrrolizidine alkaloid-induced hepatotoxicity. *Journal of food and drug analysis*, 26(3): 965-972.
- Manning, L., (2021). Pandemic changes consumers' confectionery purchasing behavior, report says. *Food Device*
- Marín-Tello, C., Villafana-Medina, H., Aliaga-Arauco, J., Malpartida-Tello, V., Castañeda-Marín, E., Sánchez-Marín, C., y Vásquez-Kool, J. (2021). Effect of *Lepidium meyenii* (maca) on spatial memory and brain oxidative damage of ovariectomised-rats exposed to mobile phone. *Vitae*, 28(01).
- Marnett, L. J. (1999). Lipid peroxidation—DNA damage by malondialdehyde. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 424(1-2): 83-95.
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., y Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao L.*) co-products. *Food Research International*, 49(1): 39-45.
- Mazzanti, G., Marangoni, A. G., y Idziak, S. H. (2005). Modeling phase transitions during the crystallization of a multicomponent fat under shear. *Physical Review E*, 71(4): 041607.
- McCollom, M. M., Villinski, J. R., McPhail, K. L., Craker, L. E., y Gafner, S. (2005). Analysis of macamides in samples of Maca (*Lepidium meyenii*) by HPLC-UV-MS/MS. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 16(6): 463-469.

- Meier, B. P., Noll, S. W., y Molokwu, O. J. (2017). The sweet life: the effect of mindful chocolate consumption on mood. *Appetite*, 108: 21-27.
- Meissner, H. O., Mrozikiewicz, P., Bobkiewicz-Kozłowska, T., Mscisz, A., Kedzia, B., Lowicka, A., Reich-Bilinska, H., Kapczynski, W y Barchia, I. (2006). Hormone-balancing effect of pre-gelatinized organic Maca (*Lepidium peruvianum Chacon*):(I) biochemical and pharmacodynamic study on Maca using clinical laboratory model on ovariectomized rats. *International journal of biomedical science: IJBS*, 2(3): 260.
- Memariani, Z., Farzaei, M. H., Ali, A., y Momtaz, S. (2020). Nutritional and bioactive characterization of unexplored food rich in phytonutrients. In *Phytonutrients in Food* (Woodhead Publishing/Elsevier Amsterdam. pp. 157-175).
- Mercasa (2021). Alimentación en España 2020. <https://www.mercasa.es> https://www.mercasa.es/media/publicaciones/281/AEE_2020_web.pdf [Consultado: 27/08/2021].
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA) (2021). Informe del consumo alimentario en España 2020. https://www.mapa.gob.es/es/._informe-anual-consumo-2020_baja-res_tcm34-562704.pdf (mapa.gob.es). [Consultado: 12/08/2020].
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú (2018). Perfil de maca procesada del mercado de Estados Unidos <https://www.mincetur.gob.pe/2018/> [Consultado: 25/08/202].
- Muhammad, I., Zhao, J., Dunbar, D. C., y Khan, I. A. (2002). Constituents of *Lepidium meyenii* 'maca'. *Phytochemistry*, 59(1): 105-110.
- National Confectioners Association (NCA) (2021). Infographics for social media: Chocolate y candy during COVID-19. <https://candyusa.com> [Consultado: 25/11/2020].
- National Institute of Health (2020). Office of dietary supplements. [Consultado: 25/11/2020].

- Netea, S. A., Janssen, S. A., Jaeger, M., Jansen, T., Jacobs, L., Miller-Tomaszewska, G., Plantinga, T. S., Netea, M. G., y Joosten, L. A. (2013). Chocolate consumption modulates cytokine production in healthy individuals. *Cytokine*, 62(1): 40-43.
- Nestlé (2020). Responsabilidad social. Mejorando la calidad de vida y contribuyendo a un futuro más saludable. <https://www.nestleprofessional.es/conocenos/sostenibilidad-responsabilidad-social.html> [Consultado: 23/06/2021].
- Obregón, L. E. (1999). Maca. Planta medicinal y nutritiva del Perú. *Natura Medicatrix: Revista médica para el estudio y difusión de las medicinas alternativas*, (55): 26-27.
- Okiyama, D. C., Soares, I. D., Cuevas, M. S., Crevelin, E. J., Moraes, L. A., Melo, M. P., Oliveira A. L., y Rodrigues, C. E. (2018). Pressurized liquid extraction of flavanols and alkaloids from cocoa bean shell using ethanol as solvent. *Food research international*, 114: 20-29.
- Peres, N. D. S. L., Bortoluzzi, L. C. P., Marques, L. L. M., Formigoni, M., Fuchs, R. H. B., Droval, A. A., y Cardoso, F. A. R. (2020). Medicinal effects of Peruvian maca (*Lepidium meyenii*): a review. *Food & function*, 11(1): 83-92.
- Pérez-Álvarez, J.A.; Viuda-Martos, M.; Fernández-López J. (2020) Retos y oportunidades para la industria de alimentos en tiempos del COVID-19. *Tecnifood*. 132:80-84
- Pérez-Rodrigo, C., Citores, M. G., Hervás Bárbara, G., Litago, F. R., Casis Sáenz, L., Aranceta-Bartrina, J., y el Grupo Colaborativo de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) (2020). Cambios en los hábitos alimentarios durante el periodo de confinamiento por la pandemia COVID-19 en España. *Rev Esp Nutr Comunitaria*, 26(2): 28010. <https://www.senc.es> [Consultado: 12/08/2021].
- Perez, C. J., Conceição, R. S., y Ifa, D. R. (2021). Chemical profiling and separation of bioactive secondary metabolites in Maca (*Lepidium peruvianum*) by normal and reverse phase thin layer chromatography coupled to desorption electrospray ionization-mass spectrometry. *Journal of Mass Spectrometry*, 56(2): e4690.

-Pérez, V. T., Ticona, L. A., Serban, A. M., Gómez, J. A., y Sánchez, Á. R. (2020). Synthesis and biological screening of a library of macamides as TNF- α inhibitors. *RSC Medicinal Chemistry*, 11(10): 1196-1209.

-Piacente, S., Carbone, V., Plaza, A., Zampelli, A., y Pizza, C. (2002). Investigation of the tuber constituents of maca (*Lepidium meyenii* Walp.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(20): 5621-5625.

-Póltorak, A., Marcinkowska-Lesiak, M., Lenzion, K., Moczowska, M., Onopiuk, A., Wojtasik-Kalinowska, I., y Wierzbicka, A. (2018). Evaluation of the antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial effects of catuaba, galangal, roseroot, maca root, guarana and polyfloral honey in sausages during storage. *LWT*, 96: 364-370.

-Programa de radio Salud y Bienestar a través de la Alimentación de la radio UMH (2021). (<https://radio.umh.es/category/programas-radio-umh-2012-2013/ciencia-investigacion-y-tecnologia/salud-y-bienestar-a-traves-de-la-alimentacion/>) [Consultado: 1/09/2021]

-Propiedades saludables de la maca Silva, B. (2021) Coronavirus: Maca, lúcuma y propóleo buenas para el sistema inmunológico. Agencia peruana de noticias. https://www.youtube.com/watch?v=kk2nHD_dGZA A [Consultado: 16/02/2021]
Referencia Duran, R. (2016). 5 functional ingredients to watch.

-Public Notification: Peru Maca Contains Hidden Drug Ingredient (2019). Food and Drug Administration

-Pulgar, J. (1978). La maca y el uso agrícola de la puna IV. Periódico "Expreso", del 29 de mayo del año 1978. Lima, Perú. Pp.12.

-Ranilla, L. G., Kwon, Y. I., Apostolidis, E., y Shetty, K. (2010). Phenolic compounds, antioxidant activity and in vitro inhibitory potential against key enzymes relevant for hyperglycemia and hypertension of commonly used medicinal plants, herbs and spices in Latin America. *Bioresource technology*, 101(12): 4676-4689.

-Rea, J. (1994). Andean roots. (40:7):783-792

- Real Academia Española (2020). Diccionario de la lengua española. <https://www.rae.es/> [Consultado: 01/08/2021]
- Real Decreto 1055/2003, de 1 de agosto, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria sobre los productos de cacao y chocolate destinados a la alimentación humana. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOEA-2003-15599> [Consultado: 16/03/2021].
- Suchard (2015). Responsabilidad Corporativa Suchard. https://www.suchard.es/documents/datos_compania-2015.pdf [Consultado: 01/07/2021].
- Ríos Zuñiga, A. Z. (2018). Metabolismo de ácidos grasos en Maca (*Lepidium meyenii*) durante el secado en horno.
- Ross, K. (2021). Nutritional management of surgically induced menopause: A case report. *Women's Health*, 17: 17455065211031492.
- Ruiz, J. Y., Pérez, L. A. C., y Maldonado, Y. (2011). Influencia de la cristalización de la manteca de cacao en las propiedades sensoriales y físico-químicas de una cobertura de chocolate con leche. @ *limentech*, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 10(1).
- Sandoval, M., Okuhama, N. N., Angeles, F. M., Melchor, V. V., Condezo, L. A., Lao, J., y Miller, M. J. (2002). Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food chemistry*, 79(2): 207-213.
- Scacchi, A., Catozzi, D., Boietti, E., Bert, F., y Siliquini, R. (2021). COVID-19 lockdown and self-perceived changes of food choice, waste, impulse buying and their determinants in Italy: QuarantEat, a cross-sectional study. *Foods*, 10(2): 306.
- Seem, S. A., Yuan, Y. V., y Tou, J. C. (2019). Chocolate and chocolate constituents influence bone health and osteoporosis risk. *Nutrition*, 65: 74-84.
- Shin, S. H., Park, D. S., Jeon, J. H., Joo, S. S., Kim, Y. B., y Kang, H. G. (2008). Gelatinized and fermented powders of *Lepidium meyenii* (Maca) improve physical stamina and epididymal sperm counts in male mice. *Journal of Embryo Transfer*, 23(4): 283-289.

- Sifuentes-Penagos, G., León-Vásquez, S., y Paucar-Menacho, L. M. (2015). Estudio de la Maca (*Lepidium meyenii* Walp.): cultivo andino con propiedades terapéuticas. *Scientia Agropecuaria*, 6(2), 131-140.
- Suárez, L. R., Salazar, J. C. S., Casanoves, F., y Bieng, M. A. N. (2021). Cacao agroforestry systems improve soil fertility: Comparison of soil properties between forest, cacao agroforestry systems, and pasture in the Colombian Amazon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 314: 107349.
- Tewkesbury, H., Stapley, A. G. F., y Fryer, P. J. (2000). Modelling temperature distributions in cooling chocolate moulds. *Chemical Engineering Science*, 55(16): 3123-3132.
- Tireki, S. (2021). A review on packed non-alcoholic beverages: Ingredients, production, trends and future opportunities for functional product development. *Trends in Food Science & Technology*, 112: 442-454.
- Tremeac, B., Datta, A. K., Hayert, M., y Le-Bail, A. (2007). Thermal stresses during freezing of a two-layer food. *International journal of refrigeration*, 30(6): 958-969.
- Valdivia, M., Soto-Becerra, P., Laguna-Barraza, R., Rojas, P. A., Reyes-Mandujano, I., Gonzáles-Reyes, P., Temoche, H., Timoteo, O. S., Lugo-Martinez, G., Calzada Mendoza, C. C., y Mezones-Holguin, E. (2020). Effect of a natural supplement containing glucosinolates, phytosterols and citrus flavonoids on body weight and metabolic parameters in a menopausal murine model induced by bilateral ovariectomy. *Gynecological Endocrinology*, 36(12): 1106-1111.
- Valdivia Zambrana, H. B., y Almanza, G. (2013). Evaluación del contenido de minerales de *Lepidium meyenii*, maca natural boliviana. *Revista Boliviana de Química*, 30(1): 74-79.
- Valentová, K., Buckiová, D., Křen, V., Pěkníková, J., Ulrichová, J., y Šimánek, V. (2006). The in vitro biological activity of *Lepidium meyenii* extracts. *Cell biology and toxicology*, 22(2): 91-99.

- Valenzuela, A. (2007). El chocolate, un placer saludable. *Revista chilena de nutrición*, 34(3): 180-190.
- Valerio, L. G., y Gonzales, G. F. (2005). Toxicological aspects of the South American herbs cat's claw (*Uncaria tomentosa*) and maca (*Lepidium meyenii*). *Toxicological reviews*, 24(1): 11-35.
- Villaorduña, L. F., & Zevallos, E. L. (2013). Obtención de Semillas de Maca (*Lepidium meyenii*). *Revista Praxis*, 9(2): 53-67.
- Wang, S., y Zhu, F. (2019). Chemical composition and health effects of maca (*Lepidium meyenii*). *Food chemistry*, 288: 422-443.
- Wang, Y., Wang, Y., McNeil, B., y Harvey, L. M. (2007). Maca: An Andean crop with multi-pharmacological functions. *Food Research International*, 40(7): 783-792.
- Wickramasuriya, A. M., y Dunwell, J. M. (2018). Cacao biotechnology: current status and future prospects. *Plant biotechnology journal*, 16(1): 4-17.
- Xu, Q., Monagas, M. J., Kassymbek, Z. K., y Belsky, J. L. (2021). Controlling the quality of maca (*Lepidium meyenii*) dietary supplements: Development of compendial procedures for the determination of intact glucosinolates in maca root powder products. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 199: 114063.
- Yábar Villanueva, E., y Reyes De La Cruz, V. (2019). La Maca (*Lepidium meyenii walpers*) alimento funcional andino: bioactivos, bioquímica y actividad biológica. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(2): 139-152.
- Yu, M. Y., Qin, X. J., Peng, X. R., Wang, X., Tian, X. X., Li, Z. R., y Qiu, M. H. (2017). Macathiohydantoins B–K, novel thiohydantoin derivatives from *Lepidium meyenii*. *Tetrahedron*, 73(30): 4392-4397.
- Zhang, Y., Yu, L., Ao, M., y Jin, W. (2006). Effect of ethanol extract of *Lepidium meyenii Walp.* on osteoporosis in ovariectomized rat. *Journal of ethnopharmacology*, 105(1-2): 274-279.

-Zhao, J., Muhammad, I., Dunbar, D. C., Mustafa, J., y Khan, I. A. (2005). New alkamides from maca (*Lepidium meyenii*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(3): 690-693.

-Zheng, Y., Zh2002ang, W. C., Wu, Z. Y., Fu, C. X., Hui, A. L., Gao, H., Chen, P., Du, B., y Zhang, H. W. (2019). Two macamide extracts relieve physical fatigue by attenuating muscle damage in mice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(3): 1405-1412.

-Zheng, B. L., He, K., Hwang, Z. Y., Lu, Y., Yan, S. J., Kim, C. H., y Zheng, Q. Y. (2002). Effect of aqueous extract from *Lepidium meyenii* on mouse behavior in forced swimming test. *ACS Symposium Series*: 803

-Zheng, B. L., He, K., Kim, C. H., Rogers, L., Shao, Y., Huang, Z. Y., Lu, Y., Yan, S. J. Quien, L. C., y Zheng, Q. Y. (2000). Effect of a lipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats. *Urology*, 55(4): 598-602.