



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

**COMPONENTES FITOQUÍMICOS Y CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE DE CÁSCARAS DE FRUTAS DE
MAYOR CONSUMO EN EL PERÚ**

Tesis para optar el título profesional de:
LICENCIADA EN NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

TESISTAS

Hurtado Vidarte, Rosa del Milagro Katherinne (0000-0002-1598-8176)

Ortiz Robles, Liset Sofía (0000-0002-3089-6472)

ASESOR DE TESIS

PhD. Ramos Escudero, Diomedes Fernando (0000-0002-6907-3166)

Lima, 18 de enero del 2018

DEDICATORIA

A Dios quien me guio en todo momento y me brindó fuerza para poder culminar mi etapa universitaria. A mi familia quienes me brindaron su apoyo incondicional, preocupación, dedicación y, sobre todo, amor. A mi abuelo, Matías Hurtado, pues sé que desde el cielo me ayudó a cumplir una meta más. A mi amiga Sofía, porque a pesar de los contratiempos se pudo culminar este trabajo.

Rosa del Milagro Hurtado Vidarte

A Dios, por haberme dado fortaleza, paciencia y fue mi guía para terminar con satisfacción mis estudios universitarios. A mi madre, Bertha Robles, que desde el cielo me dio fuerzas para seguir adelante, a mi padre, Luis Ortiz, quien me brindó su apoyo en todos estos años de estudios y a mi familia quienes me brindaron su apoyo para poder cumplir esta meta. A mi compañera Rosa Hurtado porque entre las dos nos motivamos a seguir con este trabajo.

Liset Sofia Ortiz Robles

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este arduo trabajo deseamos agradecer de manera muy especial a nuestro asesor, PhD Fernando Ramos Escudero, por todo el apoyo brindado para la culminación de esta investigación. A los docentes de la carrera de Nutrición y Dietética de la Universidad de Ciencias Aplicadas por brindarnos los conocimientos durante nuestra etapa universitaria. A nuestro compañero, Wilmar Alexis Saavedra Grández, por su ayuda durante la etapa de recolección de datos. Al equipo encargado de laboratorio de bioquímica de alimentos: Víctor Hugo Ibáñez Meza, José Quiroz Marquina y José Calderón Castro, por su tiempo y cooperación con nuestro trabajo, ya que nos brindaron los medios necesarios para la culminación del análisis. A Alan Coral Valverde, por su apoyo en la edición final de este trabajo de investigación. Así mismo, a nuestros padres por todo el esfuerzo y apoyo.

RESUMEN

Objetivo: El propósito de este estudio fue identificar compuestos fitoquímicos en 10 cáscaras de frutas de mayor consumo en el Perú. **Metodología:** Estudio de tipo descriptivo-experimental. Las muestras fueron: limón, mandarina, mango, manzana, naranja, palta, papaya, plátano, sandía y uva. Las cáscaras de frutas fueron deshidratadas para efectos del estudio (103°C/ 3h). Las frutas fueron caracterizadas mediante índice de madurez, sólidos solubles, determinación de pH y acidez titulable mientras que, los compuestos bioactivos (polifenoles totales, flavonoides, flavanoles, antocianinas y pigmentos vegetales) y determinación de la actividad antioxidante (DPPH y CUPRAC) fueron determinadas en las cáscaras de las frutas. **Resultados:** La cáscara de palta presentó mayor contenido de polifenoles y pigmentos vegetales. Así mismo, se realizó un orden de clasificación de propiedades, donde también la cáscara de la palta fue la que poseyó mayor potencial antioxidante. **Conclusiones:** De todas las cáscaras de frutas analizadas, la cáscara de palta mostró mayor contenido de clorofilas y polifenoles, por lo tanto se consideró como la fruta que tiene mayor propiedad antioxidante.

Palabras claves: frutas, cáscaras deshidratadas, índice de madurez, compuestos bioactivos, actividad antioxidante.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to identify phytochemical compounds in 10 fruit peels of greatest consumption in Peru. **Methodology:** Descriptive-experimental study. The samples were: lemon, tangerine, mango, apple, orange, avocado, papaya, banana, watermelon and grape. The fruit peels were dehydrated for study purposes (103°C/ 3h). Fruits were characterized by maturity index, soluble solids, pH determination and titratable acidity while, bioactive compounds (total polyphenols, flavonoids, flavanols, anthocyanins and plant pigments) and determination of antioxidant activity (DPPH and CUPRAC) were determined in the peels of fruits. **Results:** The avocado peel presented a higher content of polyphenols and vegetable pigments. Likewise, an order of classification of properties was carried out, where also the avocado peel was the one that possessed the greatest antioxidant potential. **Conclusions:** Of all the analyzed fruit peels, the avocado peel showed a higher content of chlorophyll and polyphenols, therefore it was considered as the fruit with the highest antioxidant properties.

Keywords: fruits, dehydrated husks, maturity index, bioactive compounds, antioxidant activity

TABLA DE CONTENIDOS

Contenido

ÍNDICE DE CUADROS	3
ÍNDICE DE TABLAS	1
INTRODUCCIÓN	2
I. MARCOTEÓRICO	3
1.1. FRUTAS.....	3
1.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FRUTAS	4
1.1.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LAS FRUTAS	5
1.1.3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LAS ALTERACIONES DE LAS FRUTAS.....	6
1.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS	6
1.2.1. ANTIOXIDANTES.....	9
1.2.2. BENEFICIOS	9
1.3. DESPERDICIOS	10
II. OBJETIVO DEL ESTUDIO	11
2.1. OBJETIVO GENERAL	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. LUGAR DE ESTUDIO.....	12
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS	12
3.2.1. MATERIALES DE ESTUDIO: FRUTAS	12
3.2.2. MATERIALES DE LABORATORIO	14
3.3. MÉTODOS.....	15
3.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS FRUTAS	15
3.3.2. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA	16
3.3.3. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FITOQUÍMICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN LAS CÁSCARAS DE FRUTAS DESHIDRATADAS....	17
IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	20
V. RESULTADOS	21
5.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS FRUTAS	21
5.2. CONTENIDO DE POLIFENOLES, FLAVONOIDES, FLAVANOLES Y ANTOCIANINAS	22

5.3. CONTENIDO DE PIGMENTOS VEGETALES	23
5.4. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	24
5.5. RANKING DE POTENCIAL ANTIOXIDANTE	24
VI. DISCUSIÓN	26
VII. CONCLUSIONES	31
VIII. RECOMENDACIONES	32
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
X. GLOSARIO Y ABREVIATURAS	40
XI. ANEXOS	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Clasificación de las frutas según botánica	04
Cuadro 2.	Compuestos bioactivos encontrados en frutas y vegetales	07
Cuadro 3.	Frutas seleccionadas	12
Cuadro 4.	Materiales reactivos seleccionados	14
Cuadro 5.	Equipos utilizados	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Algunas propiedades fisicoquímicas de las frutas utilizadas en este estudio .	21
Tabla 2. Contenido de polifenoles, flavonoides, flavanoles y antocianinas de cáscaras de frutas.	22
Tabla 3. Contenido de pigmentos vegetales (Σ carotenoides + xantofila y clorofilas) utilizando acetona 80% como medio extractivo.	23
Tabla 4. Actividad antioxidante medida mediante DPPH y CUPRAC de cáscaras de frutas.	24
Tabla 5. Orden de clasificación de las propiedades antioxidantes de las cáscaras para diferentes ensayos y rendimiento global.	25
Anexo1. Consumo per cápita de los principales alimentos 2008-2009	41

INTRODUCCIÓN

El Perú tiene el privilegio de ser un país megadiverso, ya que posee el segundo bosque más grande de América Latina, lo que le permite producir una gama de productos para la alimentación, medicina e incluso en la industria. Además, la alta demanda de productos naturales como las frutas, han llevado al Perú a ubicarse como uno de los productores importantes de frutas en el mundo. Sin embargo, existe un bajo consumo de frutas en nuestro país, por ello se sugiere nuevas alternativas para aprovechar las características nutricionales que este grupo de alimentos presenta, es decir, en sus desperdicios (cáscara y semilla).

La cáscara es un producto de desecho que se puede explotar obteniendo compuestos bioactivos, para luego ser utilizados en la industria de alimentos o para el cuidado de la salud. Dichos compuestos bioactivos, son aquellos componentes químicos que ejercen efectos farmacológicos que modulan alguna función corporal del individuo, produciendo una mejora en su salud, bienestar o reduciendo un riesgo de enfermedad; estos componentes se encuentran en general en pequeñas cantidades en productos de origen vegetal, a las cuales se los denominan fitoquímicos. También, cumplen un rol importante en la conservación de alimentos mediante la inhibición de los procesos de oxidación de lípidos, como en aceites vírgenes. Por ello, el objetivo de este estudio es identificar el contenido de componentes fitoquímicos y capacidad antioxidante en cáscaras de frutas de mayor consumo en el Perú.

Finalmente, se identificaría los compuestos fitoquímicos y se aprovecharía en la producción de alimentos funcionales o en su participación en la industria farmacéutica o cosmética.

MARCO TEÓRICO

1.1.FRUTAS

Las frutas son componentes esenciales en una dieta equilibrada, el consumo diario ayudaría a prevenir enfermedades crónicas no transmisibles, como diabetes, enfermedades cardiovasculares o algunos tipos de cánceres. Por ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS) (1) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), recomiendan que se debe consumir como mínimo 400 gramos para prevenir las enfermedades no transmisibles y prevenir carencias de micronutrientes (1). Sin embargo, según el documento “Perú: Enfermedades No Transmisibles y Transmisibles, 2016” elaborado por medio del Cuestionario de Salud de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar- ENDES, se encontró que el consumo promedio de frutas por día a nivel nacional en personas mayores de 15 años es de 2,0 porciones de frutas al día, mientras que el de verduras es de 1.13 porciones al día (2). Esto evidencia que el consumo de frutas en la población peruana está por debajo de las recomendaciones dadas.

Además, en la investigación realizada por *Urbe*, “*Ingesta de Frutas, Verduras y sus Motivaciones, Barreras para consumir 5 porciones al día en los estudiantes de Nutrición de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*”, se encontró un consumo habitual promedio de frutas y verduras de 3 porciones al día. Siendo uno de sus principales motivos para consumir cinco porciones al día es “estar sano”. Así como una de sus principales barreras para no consumirlas era la “percepción” (3). Por eso, ante la problemática de un bajo consumo de frutas existen nuevas alternativas para aprovechar las características nutricionales que este grupo de alimentos presenta, por ejemplo, sus desperdicios (cáscaras, semillas, etc.).

1.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FRUTAS

Las frutas son especies vivas, que aún después de la cosecha siguen respirando, según la botánica las frutas se clasifican de la siguiente manera:

Cuadro 1. Clasificación de las frutas según botánica

Clasificación	Tipos
Frutos carnosos simples (derivados de una sola flor)	<ul style="list-style-type: none"> ● Drupa: fruto formado por un carpelo en un solo óvulo. Contienen semillas llamadas “hueso”. Ej. Mango, aceitunas, etc. ● Baya: fruto de mesocarpio carnosos, derivado de ovario súpero, formado por uno o más carpelos. Ej. Uvas, kiwi, etc. Existen también las Pseudobayas: plátano, palta, etc. ● Hesperidio: fruto carnosos con cubierta endurecida, en realidad una baya modificada. Ej. Cítricos como el limón, naranja, mandarina, etc. ● Pepónide: fruto de corteza dura, unilocular, sincárpico característico de cucurbitáceas. En el interior encontramos la pulpa con numerosas semillas. Ej. Sandía, papaya, melón, etc. ● Pomo: derivado de ovario ínfero pluricelular en el que el receptáculo se hace carnosos. Ej. Manzana, pera, etc
Frutos carnosos complejos (derivados de una inflorescencia)	<ul style="list-style-type: none"> ● Sorosis ● Sicono ● Cenocarpo
Frutos secos dehiscentes	
Frutos secos indehiscentes	

Fuente: Educación alimentaria 2017 (4).

1.1.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LAS FRUTAS

1.1.2.1. Carbohidratos

Las frutas presentan una alta cantidad de azúcares, los más importantes son la sacarosa, la glucosa y la fructosa; el azúcar más representativo cambia según la fruta de que se trate. La glucosa y la fructosa se encuentran en todas las frutas, y con frecuencia en tasas similares; la sacarosa sólo se halla en aproximadamente dos tercios de las frutas conocidas. Los productos en los que el contenido en azúcares es más alto son básicamente en frutas tropicales (5).

1.1.2.2. Proteínas

La mayor parte de las proteínas de las frutas presentan papeles funcionales, y no de reserva como las de los cereales y los frutos secos; suelen ser enzimas. En virtud de su relativa escasez de proteína, las frutas y hortalizas frescas no constituyen un aporte importante de proteínas en la dieta (5).

1.1.2.3. Lípidos

Los lípidos representan menos del 1% del peso fresco en la mayor parte de frutas y hortalizas y se hallan asociados, en estos productos (5).

1.1.2.4. Ácidos orgánicos

La mayor parte de las frutas contienen altas tasas de ácidos orgánicos que se encuentran por encima de las necesidades para el funcionamiento del ciclo de los ácidos tricarbónicos y otras rutas metabólicas. El exceso suele almacenarse en la vacuola, no estando, por tanto, en contacto con el resto de los componentes celulares (5).

1.1.2.5. Vitaminas y minerales

La vitamina C (el ácido ascórbico) es solo un constituyente minoritario de las frutas. Las frutas pueden ser también excelentes fuentes de vitamina A y de ácido fólico, cubriendo alrededor de un 40% de las necesidades dietéticas diarias. En las frutas están presentes muchas otras vitaminas y minerales, pero su contribución a la cobertura de las necesidades dietéticas es generalmente escasa (5).

1.1.3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LAS ALTERACIONES DE LAS FRUTAS

El deterioro de frutas y hortalizas influyen una serie de factores ambientales como: temperatura, humedad y sequedad, el aire y más particularmente el oxígeno y la luz, junto a todas ellas, evidentemente, el tiempo, puesto que todas las causas de la degradación de los alimentos progresan con el tiempo (5).

Es por ello que la presente investigación utiliza como materia prima las cáscaras de las frutas más consumidas en el Perú, según la Encuesta de Presupuestos Familiares 2008-2009 (**Anexo 1**). Puesto que, como se sabe las frutas en estado fresco presentan muchos beneficios para la salud humana, pero no siempre pueden ser conservadas por un periodo prolongado. En este contexto, consideramos importante aprovechar la totalidad de la fruta (cáscaras, pepas, entre otros desperdicios), ya que estos también poseen compuestos bioactivos que podrían ser beneficiosos para la salud.

1.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS

Los compuestos bioactivos también conocidos como nutraceuticos o fitoquímicos, son componentes que se encuentran en los alimentos principalmente en frutas y verduras, influyen en la actividad celular y en los mecanismos fisiológicos. Además, están implicados en la prevención de procesos patológicos, es decir, muestran beneficios en diversas enfermedades, como enfermedades crónicas no transmisibles, cáncer, alzheimer, entre otras (6,7). Los efectos beneficiosos de estos compuestos se han atribuido a su poder antioxidante y actividades de captación de radicales que pueden retrasar o inhibir la oxidación del ADN, proteínas y lípidos (7). Por otro lado, el contenido de compuestos bioactivos en las diferentes frutas va a depender del producto que se evalúe. Por lo general, la vitamina C se distribuye uniformemente en las frutas, los carotenoides se producen principalmente en la superficie de los tejidos, mientras que los compuestos fenólicos se encuentran preferentemente en la cáscara y las semillas, y en una menor medida, en la pulpa (7).

Los principales compuestos bioactivos se pueden clasificar en tres grupos: terpenoides (carotenoides y esteroides); compuestos fenólicos (flavonoides como los fitoestrógenos o la quercetina, el flavonoide más habitual en la dieta) y compuestos azufrados (Cuadro 2) (8).

Cuadro 2. Compuestos bioactivos encontrados en frutas y vegetales

Componente	Fuente dietética
<i>Terpenoides</i>	
<p>-Carotenoides</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Carotenos <ul style="list-style-type: none"> ○ α-caroteno, β-caroteno (precursores de vitamina A). ○ Licopeno ● Xántofilas <ul style="list-style-type: none"> ○ Luteína, zeaxantina 	<ul style="list-style-type: none"> ● β-caroteno: hortalizas y frutas de color naranja (zanahoria, mango, melón, melocotón, fruta de la pasión, ciruela); verduras de hoja verde oscuro (por ejemplo, espinaca). ● Licopeno: tomate, sandía, pimiento rojo, pomelo rosado. ● Luteína y zeaxantina: verduras de hoja verde (por ejemplo, acelga, espinaca, lechuga, apio), naranja, tomate, pimiento rojo, maíz, palta
<p>-Fitoesteroles</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Esteroles y estanoles: β-sitosterol, estigmasterol, campesterol, sitostanol, campestanol. 	<p>Aceites vegetales (maíz, girasol, soja, oliva), cereales, legumbres, frutos secos.</p> <p>Alimentos enriquecidos.</p>
<i>Compuestos fenólicos</i>	
<p>-Alcoholes y ácidos fenólicos simples (tirosoles, hidroxitirosoles, ácidos hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos [elágico, gálico, vanilínico, capsaicina, cumárico, cafeico, ferúlico, clorogénico, etc.]</p>	<p>Cítricos, aceitunas, aceite de oliva virgen, otras frutas, hortalizas, avena, soja, frutos secos, vino, cerveza, té, etc.</p>

Cuadro 2. Continuación

<p>-Polifenoles</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Flavanoides <ul style="list-style-type: none"> ○ Flavonoles (quercetina, miricetina, etc) ○ Flavanoles <ul style="list-style-type: none"> ■ Catequinas (catequina, epicatequina, etc.) ○ Flavanonas (naringenina, hesperitina, hesperidina, etc.) ○ Antocianinas ○ Isoflavonas (genisteína, daidzeína, etc.) ● Estilbenos (resveratrol) ● Curcuminoides (curcumina) ● Lignanos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Quercetina, miricetina y antocianidinas: cebolla, puerro, lechuga, tomate, uva, naranja (pulpa), manzana, cereza, mora, frambuesa, arándano, vino tinto, té, orégano y otras hierbas aromáticas. ● Catequinas y proantocianidinas: manzana, pera, cereza, uv, melocotón, frutos secos,cacao, chocolate negro, vino, sidra, cerveza, té. ● Hesperidina, naringenina: cítricos, zumo de uva. ● Apigenina, luteolina: perejil, apio, pimienta, tomillo, aceitunas. ● Resveratrol: vino, zumo de uva, arándanos. ● Fitoestrógenos: isoflavonas (genisteína, daidzeína) y lignanos: soja y derivados, cereales integrales, frutos secos, frutos del bosque, ajo, zanahoria.
<p>Compuestos azufrados</p>	
<p>-De aliáceas (aliína, alicina, ajoeno, dialilsulfuro, etc.)</p> <p>-Glucosinolatos (isotiocinato, sulforafano,Indol-3-carbinol)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Aliína, dialilsulfuro: cebolla, cebollino, puerro, ajo. ● I3C: repollo, coliflor, coles de Bruselas, ajo, cebollas, nabo.

Fuente: Manual Práctico de Nutrición y Salud (9).

1.2.1 ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son sustancias que pueden defender al organismo de radicales libres, pues van a desempeñar un papel protector contra las especies reactivas de oxígeno (EROS), estrés oxidativo y enfermedades crónicas no transmisibles, por medio de diferentes mecanismos (redox o donación de electrones). Por otro lado, los antioxidantes se clasifican en dos grupos: enzimáticos (endógenos) y no enzimáticos (exógenos) (10). Los antioxidantes enzimáticos comprenden: superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa, y son producidos en los sistemas humanos. Mientras que, los antioxidantes no enzimáticos, nos lo proporcionan los alimentos y son ricos en frutas y verduras: polifenoles, carotenoides, vitaminas y minerales (10,11) y se podrían considerar como agentes preventivos, por ello que la demanda del consumo de alimentos antioxidantes se ha incrementado. Entre ellos tenemos a los polifenoles que son el grupo de antioxidantes naturales más amplio en frutas y verduras; sin embargo, se debe considerar que el contenido de estos varía, ya que diversos autores mencionan que, la parte no comestible de las frutas (por ejemplo, cáscara, semillas, etc.) puede tener mayores contenidos nutricionales que la parte comestible (pulpa), es decir, contenido de compuestos bioactivos con mayor actividad antioxidante (12,13).

1.2.2. BENEFICIOS

Recientes estudios sugieren que el consumo de compuestos bioactivos con potencial antioxidante, como vitaminas, carotenoides, flavonoides y otros compuestos fenólicos tienen efectos protectores contra las enfermedades no transmisibles, y además de estas propiedades, los fitoquímicos con gran propiedad antioxidante han despertado interés en la industria de los alimentos, porque pueden ser utilizados como sustitutos de antioxidantes sintéticos, proporcionando protección contra la degradación oxidativa de los radicales libres (14).

Así mismo, los compuestos fenólicos que se encuentran en distintos alimentos, son una fracción completa formada por un número muy grande de compuestos, algunos aún no identificados. La concentración en polifenoles en cualquier alimento también puede variar, ya que depende de factores como el grado de maduración o la variedad. Su disponibilidad es variable también, estos pueden ser metabolizados por microorganismos del colon antes de ser absorbidos (8).

Los compuestos fenólicos, poseen un creciente interés debido a su capacidad antioxidante ya sea como captadores de radicales libres o como quelantes; estas propiedades son beneficiosas para la salud humana, tienen efecto protector contra el cáncer, en las enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, etc. (8).

1.3. DESPERDICIOS

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define como, *pérdidas* cuando suceden principalmente durante la producción, poscosecha, almacenamiento y transporte; *desperdicios*, son aquellos que ocurren durante la distribución y consumo, en relación directa con el comportamiento de vendedores mayoristas y minoristas, servicios de venta de comida y consumidores que deciden desechar los alimentos que aún tienen valor (15). Pero, muchas veces olvidamos que los alimentos tienen un papel primordial para el ser humano, puesto que aportan nutrientes que el organismo necesita para su funcionamiento. No obstante, los alimentos no son utilizados en su totalidad para lograr no producir pérdidas o desperdicios. Se ve reflejado en la estimación de la FAO, puesto que cerca de 1.300 millones de toneladas de alimentos se pierden o desperdician cada año en el mundo y solamente en América Latina se pierden o desperdician 127 millones de toneladas. Además, los alimentos desaprovechados en América Latina serían suficientes para poder satisfacer necesidades alimenticias de 300 millones de personas. Por otro lado, el grupo de alimentos con mayor porcentaje de pérdidas y desperdicios es el de las frutas y verduras (55%), seguido de las raíces y tubérculos (40%). Por eso, el Objetivo 12 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), menciona que para el 2030 se propone reducir a la mitad el desperdicio mundial de alimentos (15). Sin embargo, la cantidad de basura que se genera en el mundo al día es alarmante, puesto que en América Latina y el Caribe el 62% representa desechos orgánicos (desechos de alimentos, desechos de yarda, madera) y esto cobra relevancia, ya que muchas veces los residuos de diferentes alimentos en ocasiones pueden ser aún aptos para consumo humano u otro uso (16). Mientras que, según el reporte de Waste Atlas 2013, en el Perú se produce un 54,8% de desechos orgánicos (17). Por ello, el presente estudio identifica los compuestos fitoquímicos en 10 cáscaras de frutas de mayor consumo en el Perú, con la finalidad de que futuros estudios puedan encontrar soluciones para utilizar adecuadamente los desperdicios que se producen de los alimentos, como, por ejemplo, las cáscaras de las frutas.

II. OBJETIVO DEL ESTUDIO

2.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar compuestos fitoquímicos en 10 cáscaras de frutas de mayor consumo en el Perú.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el contenido de polifenoles, flavonoides, flavanoles, antocianinas y pigmentos vegetales en cáscaras deshidratadas de: limón, mandarina, mango, manzana, naranja, palta, papaya, plátano, sandía y uva.
- Analizar la potencia antioxidante de 10 cáscaras deshidratadas de frutas de mayor consumo en el Perú.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de junio 2016- julio 2017 en el laboratorio de Bioquímica de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Salud – Campus Villa de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. MATERIALES DE ESTUDIO: FRUTAS

Se trabajó con cáscaras de las siguientes frutas: limón, mandarina, mango, manzana, naranja, palta, papaya, plátano, sandía y uva (Cuadro 3).

Cuadro 3. Frutas seleccionadas

Frutas	Familia botánica	Nombre científico	Variedad	Descripción
Limón	Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i>	<i>Limón criollo</i>	Forma redonda, de color verde amarillento
Mandarina	Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i>	<i>Mandarina sin pepa (clementina)</i>	Forma mediana, de color naranja, cuya pulpa está formada por gajos.
Plátano	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i>	<i>Plátano de seda</i>	Forma media luna, de color amarillo con manchas negras.

Cuadro 3. Continuacion

Mango	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	<i>Mango haden</i>	Forma ovalada, con piel lisa y gruesa de color que varía desde el verde, amarillo con tonalidades rojas.
Manzana	Rosaceae	<i>Pyrus malus</i>	<i>Manzana israel</i>	Forma mediana con tonalidades rojas-amarillas.
Naranja	Rutaceae	<i>Citrus x sinensis</i>	<i>Naranja dulce tango</i>	Forma redonda de color naranja.
Palta	Lauraceae	<i>Persea americana</i>	<i>Palta fuerte</i>	Forma ovalada de color verde fuerte.
Papaya	Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	<i>Papaya maradol o nacional</i>	Forma ovalada, de color amarilla con verde claro.
Sandía	Cucurvitaceae	<i>Citrullus lanatus</i>	<i>Sandía con semilla</i>	Forma ovalada, de corteza lisa y de color verde oscuro
Uva	Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>	<i>Uva moscatel negra</i>	Tamaño pequeño, de color morado

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. MATERIALES DE LABORATORIO

3.2.2.1. Reactivos

Todos los reactivos químicos usados en la investigación fueron obtenidos de proveedores certificados: Sigma-Aldrich (St-Louis, USA) y Pubchem, mientras que el etanol fue obtenido de Merck (Darmstadt, Germany).

Cuadro 4. Materiales Reactivos para el estudio

Reactivos	Fórmula molecular	Peso molecular	% pureza
Radical 2,2-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)	$C_{18}H_{12}N_5O_6$	394.323 g/mol	97
Cloruro de aluminio	$AlCl_3$	133.332 g/mol	99.999
Nitrito de sodio	$NaNO_2$	68.995 g/mol	99.999
Acetato de sodio	$C_2H_3NaO_2$	82.034 g/mol	>99
Hidróxido de sodio	$NaOH$	39.997 g/mol	>98.0
Ácido clorhídrico	HCl	36.458 g/mol	36.5-38.0
Acetona	C_3H_6O	58.08 g/mol	>99.9
Folin Ciocalteu	-	-	2 N
Ácido gálico	$C_7H_6O_5$	170.12 g/mol	97.5-102.5
Quercetina	$C_{15}H_{10}O_7$	302.238 g/mol	>98
Sulfato de cobre	$CuSO_4$	159.602 g/mol	>99.99
Dimetilamino cinamaldehído	$C_{11}H_{13}NO$	175.231 g/mol	98
Catequina	$C_{15}H_{14}O_6$	290.271 g/mol	>99
Ácido 6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic (Trolox)	$C_{14}H_{18}O_4$	250.294 g/mol	97

Fuente: Sigma-Aldrich (18).

3.2.2.2. Equipos

Cuadro 5. Equipos utilizados.

Equipos	Descripción
Balanza analítica de alta precisión AXIS	Modelo ALN con capacidad de 220g x 0,1 mg
Espectrofotómetro	UV-VIS de absorción molecular
Refractómetro digital	Marca HANNA®, modelo PR-201 (°Brix 0,0- 60,0%)
Ph-metro de sobremesa pH 213 mV/°C, HANNA®	Sensor utilizado para medir pH de una solución
Estufa de laboratorio	Marca MEMMERT, sirve comúnmente para deshidratar reactivos de laboratorio y se aumenta la temperatura gradualmente.
Molino eléctrico M20 IKA	Permite la molienda de materiales duros, blandos y fibrosos.
Vórtex	Marca Vortexer, agitador de pequeños tubos o frascos de líquido.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS FRUTAS

3.3.1.1. Determinación del índice de madurez de las frutas

La medición visual de la coloración de las frutas es una manera limitada para evaluar el grado de madurez. Ante ello, existen diversos métodos de análisis que ayudan a determinar el índice de madurez de las frutas, como el análisis de Sólidos Solubles Totales (SST) por medio de refractometría y Acidez Total Titulable (ATT) por medio del método de titulación, donde se realizará el cálculo de la proporción entre azúcar y ácidos (SST/ATT) para el índice de madurez (19).

Índice de madurez = °Brix / % acidez titulable

3.3.1.2. Determinación Sólidos Solubles Totales (SST o °Brix)

Uno de los aspectos que refleja la madurez es el comportamiento de los SST o grados Brix. El contenido de sólidos solubles de las frutas se midió inmediatamente después de la molienda y filtrado utilizando un refractómetro digital (modelo PR-201 (°Brix 0,0 a 60,0%). Previamente se construyó una curva de calibrado con patrón de glucosa en un rango de 0 a 35 g/100 ml (20).

3.3.1.3. Determinación del pH y acidez titulable

Aproximadamente 5 g de muestra fresca fue molida y homogeneizada con 45 ml de agua, la mezcla se filtró con papel Whatman y se midió el pH. Otra parte de la muestra constó de 25 ml de la muestra y se valoró con NaOH 0.01 N, el punto final de la reacción se observó utilizando el indicador de fenolftaleína (21).

3.3.2. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

Las frutas fueron adquiridas del Mercado Mayorista (Av. Circunvalación s/n Nicolás Arriola, San Luis). Luego, fueron trasladadas al laboratorio de Bioquímica de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, donde se prepararon para la obtención de la muestra.

La selección de las muestras se realizó por conveniencia, puesto que en el mercado se eligió un puesto de venta, en el cual se efectuó la compra de todas las frutas antes mencionadas, pero para ello se tomó en consideración que las frutas se encontraran en buen estado, es decir, sin ninguna magulladura, hongos y tampoco sobre maduras.

Las frutas fueron sometidas al proceso de limpieza, lavado, secado, pelado y cortado para obtener sus cáscaras, estos procesos fueron realizados por una sola persona para evitar

contaminación o alteración de las muestras. Estas fueron colocadas en la estufa para deshidratarlas (103°C/3h) (22), luego se trasladaron a un molino para ser pulverizadas. Dichas muestras fueron mantenidas en bolsas de polietileno con cierre hermético (Ziploc®), finalmente fueron colocadas en un desecador hasta su uso.

3.3.3. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FITOQUÍMICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN LAS CÁSCARAS DE FRUTAS DESHIDRATADAS

3.3.3.1. Cuantificación de polifenoles totales

Se determinó por el método de Folin Ciocalteu. Donde se mezcló el reactivo de Folin diluido y las diluciones apropiadas de la muestra. La absorbancia se midió 725 nm. La concentración de fenoles se expresó como mg de ácido gálico/ 100 g de la muestra (23).

3.3.3.2. Flavonoides

El contenido de flavonoides totales se determinó utilizando un método colorimétrico basado en la reacción con cloruro de aluminio con un espectrofotómetro, se utilizó como patrón una solución de quercetina, y la absorbancia se leyó a 510 nm. Los resultados se expresaron en mg de quercetina por gramo de la muestra (24).

3.3.3.3. Flavanoles

El contenido total de flavanoles se estimó mediante el reactivo pdimetilamino cinamaldehído (DMACA), ya que es un método con mayor sensibilidad y especificidad. Se utilizó catequina como patrón, la absorbancia fue leída a 640 nm. y los resultados fueron expresados como equivalentes mg L⁻¹ de catequina (25).

3.3.3.4. Antocianinas

La concentración de antocianinas se determinó por el método de pH-diferencial. La antocianina experimenta una transformación reversible con los cambios de pH manifestado por un llamativo cambio en la absorbancia. La diferencia en la absorbancia a la longitud de onda de máxima absorción es proporcional al contenido de antocianinas. Las mediciones se realizaron con un espectrofotómetro, contra un blanco de agua ultra

pura, la concentración de antocianinas se expresó como mg cianidina-3-glucósido/ 100 ml de la muestra (26).

3.3.3.5. Pigmentos vegetales

La absorbancia de los pigmentos va a facilitar el análisis cuantitativo y cualitativo, para ello es necesario encontrar el mejor disolvente para el ensayo con el espectrofotómetro (27).

Por ello, para la determinación de pigmentos vegetales se hizo uso de la acetona, cabe mencionar que la acetona es un disolvente volátil, inflamable y narcótico en altas concentraciones, pero tiene una gran importancia para el ensayo de clorofilas. Para la cuantificación de clorofila a, clorofila b y carotenoides se utilizó la siguiente ecuación y los resultados serán expresados en mg/100g de la muestra.

Para 80% acetona

$$C_a (\mu\text{g/mL}) = 12.25A_{663} - 2.79A_{645}$$

$$C_b (\mu\text{g/mL}) = 21.5A_{645} - 5.1A_{663}$$

$$C_{(x+c)} = (1000A_{470} - 1.82C_a - 85.02C_b) / 198$$

Dónde:

C_a = clorofila a

C_b = clorofila b

$C_{(x+c)}$ = carotenoides (xantofilas + carotenos)

A_{470} , A_{645} y A_{663} = son absorbancias

3.3.3.6. Determinación de la actividad antioxidante

- **DPPH**

DPPH, es la molécula 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl que se usa para la evaluación de la actividad antioxidante por medio del método espectrofotométrico, donde se hace el seguimiento de la disminución de absorbancia radical DPPH en presencia de antioxidantes. La deslocalización de la molécula se caracteriza por dar un color violeta oscura y una banda de absorción aproximadamente de 520 nm (28). Ante la presencia de

un antioxidante o sustancia que pueda donar un átomo de hidrógeno, se genera la forma reducida, la cual conduce a una pérdida del color violeta en el reactivo (29).

La reacción se da entre 50 μL de muestra (extracto) o estándar con 950 μL de 100 μmol de DPPH en metanol. Se midió la absorbancia durante 10 minutos registrando cada 30 segundos por muestra (25). Los valores se expresan en TEAC (*trolox equivalent antioxidant capacity*), ya que se usará como patrón el antioxidante trolox (30).

- **CUPRAC**

Capacidad de reducción antioxidante del cobre (CUPRAC), sirve para la determinación de la capacidad antioxidante total por medio de espectrofotometría (31). Se desarrolló el método propuesto por Campos et al (32). La cantidad de 200 μL de muestra diluida en 1:40 con 0.25 mM de BCS (sal disódica del ácido bathocuproinedisulfónico) en 10 mM en tampón fosfato (pH 7.4), se pone en una celda y se toma la primera lectura a 490 nm. Después, la adición de 50 μL de 0.5 mM CuSO_4 , la mezcla se incuba por 3 minutos a temperatura ambiente. La reacción se detiene con la adición de 50 μL de 0,01 M de EDTA (edetato disódico) tomando una segunda lectura a 490 nm. Los valores se expresan en Trolox, ya que se usó como patrón (33).

IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todas las muestras extraídas individualmente se analizaron por triplicado. Los resultados se expresan como la media \pm desviación estándar (DE). Los datos clasificados de las propiedades antioxidantes se analizaron utilizando la muestra relacionada Friedman de dos vías ANOVA. Se utilizó Friedman con el objeto de ordenar las muestras (cáscaras) y de conocer de qué forma el conjunto de variables suma la potencia antioxidante.

V. RESULTADOS

5.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS FRUTAS

Como se reporta en la Tabla 1, las propiedades fisicoquímicas fueron realizadas en la pulpa de las muestras evaluadas. Se debe agregar que, por motivos de homogeneización, no se determinó el ratio de SST/AT de la palta.

Tabla 1. Algunas propiedades fisicoquímicas de las frutas utilizadas en este estudio.

Recurso	pH	Brix ^a	AT ^b	Ratio (SST/AT)
Naranja	3.42±0.01	10.15±0.07	6.00±0.58	1.61
Mandarina	3.31±0.03	15.65±0.07	5.42±0.13	2.88
Limón	2.35±0.07	7.60±0.14	43.73±0.57	0.17
Sandía	5.11±0.01	8.80±0.14	0.28±0.01	31.42
Papaya	5.55±0.07	11.35±0.21	0.27±0.00	42.03
Uva	3.58±0.07	12.4±0.28	3.02±0.24	4.11
Palta	6.50±0.00	ND	0.43±0.15	ND
Manzana	3.65±0.07	14.20±0.00	2.53±0.25	5.61
Mango	4.55±0.07	14.00±0.42	0.71±0.14	17.50
Plátano	4.50±0.00	22.45±0.49	2.25±0.18	9.97

Los resultados se expresan como media ± SD (n = 3). ND = no determinado. ^a Total de sólidos solubles (SST) (°Brix), ^b Acidez titulable (AT) expresada en g de ácido cítrico/100 g FW. En caso de la manzana fue en ácido málico.

5.2. CONTENIDO DE POLIFENOLES, FLAVONOIDES, FLAVANOLES Y ANTOCIANINAS

En la Tabla 2, se muestra el contenido de antocianinas siendo la manzana y la uva los mejores representantes con contenidos entre 7.10 y 9.48 mg C3G/100g.

Tabla 2. Contenido de polifenoles, flavonoides, flavanoles y antocianinas de cáscaras de frutas.

Recurso	Polifenoles ^a (mg AGE/100g)	Flavonoides ^b (mg CE/100g)	Flavanoles ^b (mg CE/100g)	Antocianinas ^c (mg C3G/100g)
Plátano	24.42±0.65	16.83±1.88	0.36±0.17	ND
Sandía	26.73±3.37	22.25±2.84	1.79±0.13	ND
Papaya	37.00±0.89	24.72±1.63	0.42±0.11	ND
Limón	75.95±2.29	61.85±9.30	0.17±0.08	ND
Naranja	76.65±3.66	63.56±3.09	0.07±0.02	ND
Mandarina	93.71±2.56	68.66±2.19	0.18±0.06	ND
Manzana	106.18±2.08	67.89±4.51	6.92±0.17	7.10±0.58
Uva	113.40±9.34	93.26±8.88	4.38±0.02	9.48±0.12
Mango	2639.69±170.49	1463.26±95.83	0.94±0.14	ND
Palta	9088.63±149.89	6290.27±222.61	1.89±0.12	ND

Los resultados se expresan como media ± SD (n = 3). ND = no determinado. ^a AGE, ácido gálico equivalente. ^b CE, catequina equivalente. ^c C3G, cianidina-3-glucósido.

5.3. CONTENIDO DE PIGMENTOS VEGETALES

En la Tabla 3, se muestra el contenido de pigmentos vegetales. Las frutas son fuentes de alimentos que contienen pigmentos coloreados. Debido a sus beneficios nutricionales y fitoquímicos, se los considera como “ingredientes alimentarios funcionales” (Khoo et al., 2011).

Tabla 3. Contenido de pigmentos vegetales (Σ carotenoides + xantofila y clorofilas) utilizando acetona 80% como medio extractivo.

Recurso	Clorofilas totales ^a (mg/100g)	Carotenoides totales ^b (mg/100g)	Ratio (a+b)/(x+c)
Naranja	0.76±0.00	0.53±0.00	1.45
Mandarina	0.27±0.02	3.09±0.01	0.09
Limón	7.10±0.09	1.47±0.02	4.82
Sandía	10.21±0.00	0.76±0.00	13.44
Papaya	1.27±0.01	2.91±0.00	0.44
Uva	1.08±0.04	1.64±0.04	0.66
Palta	18.70±0.08	3.76±0.00	4.98
Manzana	0.16±0.00	0.32±0.00	0.50
Mango	0.14±0.01	0.74±0.00	0.19
Plátano	0.15±0.00	0.48±0.00	0.32

Los resultados se expresan como media \pm SD (n = 3). ^a Clorofilas totales (a+b): a: clorofila a; b: clorofila b. ^b Carotenoides totales (x+c): x: xantofilas; c: carotenos.

5.4. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La actividad antioxidante medida mediante DPPH fluctúa entre 0.99 a 11.42 $\mu\text{mol TE/g}$, mientras que la actividad antioxidante medida por CUPRAC varía entre 10.50 a 129.88 $\mu\text{mol TE/g}$. La actividad antioxidante en el primer caso es mayor en manzana y palta, mientras que en el segundo caso fue para palta y mango.

Tabla 4. Actividad antioxidante medida mediante DPPH y CUPRAC de cáscaras de frutas.

Recurso	DPPH ($\mu\text{mol TE/g}$) ^a	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$) ^a
Naranja	2.47 \pm 0.11	13.03 \pm 0.00
Mandarina	2.52 \pm 0.18	12.39 \pm 0.38
Limón	2.26 \pm 0.19	11.85 \pm 0.21
Sandía	0.99 \pm 0.13	10.50 \pm 0.05
Papaya	1.97 \pm 0.11	10.56 \pm 0.67
Uva	3.75 \pm 0.65	10.85 \pm 0.09
Palta	10.54 \pm 0.37	129.88 \pm 3.95
Manzana	11.42 \pm 0.73	11.52 \pm 0.04
Mango	3.97 \pm 0.92	120.97 \pm 0.09
Plátano	1.44 \pm 0.16	11.28 \pm 0.97

Los resultados se expresan como media \pm SD (n = 3). ^a TE, trolox equivalente.

5.5. RANKING DE POTENCIAL ANTIOXIDANTE

La clasificación de las cáscaras de frutas de acuerdo con sus valores obtenidos para el contenido de clorofila (Ch), carotenoides (Car), polifenoles (TPC), flavonoides (TFC),

flavanoles (F3OL), antocianinas (ANT), y la actividad antioxidante mediante DPPH y CUPRAC se utilizaron para identificar qué cáscara de fruta tiene las mayores propiedades antioxidantes. La sumatoria de orden se usó para comparar el desempeño general de cada fruta en términos de propiedades antioxidantes. El rendimiento global más bajo se consideró como la fruta que tiene la mayor propiedad antioxidante entre las cáscaras de frutas estudiadas.

Tabla 5. Orden de clasificación de las propiedades antioxidantes de las cáscaras para diferentes ensayos y rendimiento global.

Recurso	Orden de rango de propiedades antioxidantes ¹									Σ orden	Media de orden	Rendimiento global ²
	Ch	Car	TP C	TF C	F3 OL	AN T	DP PH	CU PR	AC			
Naranja	6	8	6	7	10	0	6	3	51*	6.3*	8	
Mandarina	7	2	5	5	8	0	5	4	41	5.1	4	
Limón	3	5	7	3	9	0	7	6	45	5.6	5	
Sandia	2	6	9	9	4	0	10	10	55	6.8	9	
Papaya	4	3	8	8	6	0	8	9	51*	6.3*	7	
Uva	5	4	3	4	2	1	4	8	39	4.9	3	
Palta	1	1	1	1	3	0	2	1	15	1.8	1	
Manzana	8	10	4	6	1	2	1	7	47	5.9	6	
Mango	10	7	2	2	5	0	3	2	35	4.4	2	
Plátano	9	9	10	10	7	0	9	5	64	7.9	10	

Ch, clorofilas. Car, carotenoides. TPC, polifenoles totales. TFC, flavonoides totales. F3OL, flavanolas. ANT, antocianinas monoméricas. DPPH y CUPRAC, métodos antioxidantes. ¹Los valores obtenidos en cada medición se han clasificado en orden descendente. ²El menor valor indica un mejor rendimiento general. *En la sumatoria y media de orden hubo diferencia en decimales, el cual no se consideró en esta tabla ; sin embargo, en el rendimiento global se consideró dicha diferencia, en ese sentido la puntuación en la naranja es ligeramente superior a la papaya.

VI. DISCUSIÓN

La tabla 1, muestra los resultados de la caracterización de las frutas estudiadas, se evaluó previamente el estado de madurez de las frutas, mediante el índice de madurez en la pulpa, debido a que los diversos tipos de frutas tienen como destino la elaboración de jugos o de preparaciones que se realizan al momento para el consumo humano, por lo cual deben estar en estado maduro. De igual importancia, el estudio de Cervantes et al. menciona que gran parte de las frutas son destinadas como insumos para la agroindustria, con la finalidad de elaboración de jugos, utilizando como materia prima la pulpa de estos y dejando cantidades significativas de desechos (22).

Así mismo, con respecto a la caracterización de las frutas (pulpa), la papaya, mango y plátano, son consideradas frutas tropicales y según el estudio “Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de las frutas tropicales”, el pH se ve influenciado (significancia del 5%) por el estado de madurez para todas las frutas. Se observa que para el mango y papaya, un incremento en el estado de madurez ocasiona un aumento en el pH y una disminución de la acidez titulable, mientras que para el plátano un aumento en el estado de madurez produce una disminución del pH y un aumento de la acidez titulable, lo cual coincide con nuestro estudio, en la tabla 1, muestra que estas frutas, mango y papaya, mantienen su pH característico y disminuye la acidez titulable; por otro lado, en el caso del plátano mientras aumenta el estado de madurez aumenta la acidez titulable, esto podría deberse a la degradación del almidón en azúcares reductores o su conversión en ácido pirúvico (34).

Para todas las frutas evaluadas, cuando aumenta el estado de madurez se presenta un aumento en los sólidos solubles y el índice de madurez. Este comportamiento en los

sólidos solubles se explica por la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales tales como almidón, pectinas de la pared celular, hasta sus componentes monoméricos básicos, por lo cual se acumulan azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa, que son los constituyentes principales de los sólidos solubles (34).

Las siguientes tablas discutidas se basan en el análisis de las cáscaras de las frutas, ya que son los desechos en los que se enfocó este estudio. Los resultados mostrados en la Tabla 2 indican que el contenido de polifenoles totales fue largamente superior en cáscaras de palta y mango. Mientras que, los otros recursos mostraron contenidos menores. De similar modo se observa en el contenido de flavonoides con cantidades menores, pero orden muy similar a los polifenoles. Siendo el orden en ambos contenidos como sigue: palta > mango > uva > manzana > mandarina > naranja > limón > papaya > sandía > plátano.

Por otro lado, en la Tabla 2 se muestra el contenido de polifenoles en cáscaras de palta y mango con contenidos de 9088.63 y 2639.69 mg AGE/100 g. Gómez-Caravaca et al. (35) muestran contenido de polifenoles en cáscara de palta (*Persea americana*) equivalente a 4406.2 mg/100 g. Por otro lado, el contenido de flavanoles difiere el orden tanto de los contenidos de polifenoles como flavonoides. El contenido de flavanoles fue superior tanto en manzanas como en uva; sin embargo, las cáscaras de sandía como en palta presentaron contenidos moderados entre 1.79 y 1.89 mg CE/100g, respectivamente. Bajos contenidos fueron encontrados en mango > papaya > plátano > limón > sandía entre 0.07 a 0.94 mg CE/100g.

Las antocianinas son compuestas de colores responsables de gran parte de la coloración roja, azul y púrpura de las pieles de las frutas. Son especialmente abundantes en bayas como los arándanos y las grosellas negras (36) y también presentes en manzanas y uvas (37).

Las variaciones en los compuestos fenólicos y los flavonoides totales observados en los resultados pueden responder a factores tales como el grado de madurez de la fruta en la cosecha, las diferencias genéticas y las condiciones ambientales durante el desarrollo del fruto (36). El contenido de flavanoles en uvas (4.38 mg CE/100g) y manzanas (9.92 mg CE/100g). En manzana silvestre (*Malus prunifolia*) se encontró que el contenido de flavanoles fue mayor que en uvas, pero menor que en té negro (37). Por otro lado, el contenido de antocianinas en cáscaras de uva y manzana fue 7.10 y 9.48 mg C3G/100g. Las cáscaras de frutas son buena fuente de componentes bioactivos entre ellos las antocianinas, difieren de otros estudios, estas variaciones en contenido se deben a la variedad, proceso y sistema de extracción de las antocianinas (38,39). Además, las porciones no comestibles de fruta (por ejemplo, cáscara, semillas, etc.) pueden tener mayores contenidos nutricionales que su porción comestible. De hecho, estas porciones no comestibles contienen compuestos bioactivos con mayores actividades antioxidantes que los encontrados en la pulpa, y tienen perfiles fitoquímicos distintos de otras partes de la fruta (40).

Las frutas son fuentes de alimentos que contienen pigmentos coloreados. Debido a sus beneficios nutricionales y fitoquímicos, se les considera como “ingredientes alimentarios funcionales” (41). Los resultados mostrados en la Tabla 3, indican que la cáscara de palta presenta mayor contenido de pigmentos vegetales (22.46 mg/100 g), seguido de la sandía (10.97 mg/100 g) y limón (8.58 mg/100 g). En general los residuos de frutas presentan contenidos importantes de pigmentos vegetales como derivados de carotenoides y clorofilas, pero también estos pigmentos contribuyen a las coloraciones externas (cáscaras) e internas (pulpa) de las frutas, así como a los beneficios para la salud asociados con el consumo regular de esta fruta. Los principales pigmentos vegetales encontrados en palta fueron: luteína, α -caroteno, β -caroteno, neoxantina, violaxantina,

zeaxantina, antraxantina, clorofilas a y b, y feofitinas a y b con las concentraciones más altas que otros pigmentos vegetales (42). Menores contenidos fueron encontrados manzana (0.49 mg/100 g), mango (0.88 mg/100 g) y plátano (0.63 mg/100 g). En el caso de manzanas de diferentes variedades presentaron un perfil caracterizado por clorofilas a y b, luteína, violaxantina, neoxantina, β -caroteno y carotenoides esterificados (principalmente violaxantina y neoxantina) como compuestos principales. El contenido de pigmento total encontrado en la cáscara es entre 5.87 a 151.07 mg/100 g. En general, los cultivares verdes presentan mayor contenido de pigmento en la cáscara que en cultivares rojos y amarillos (43).

La capacidad antioxidante de las cáscaras de frutas es un indicador importante de su potencial como promotores de salud *in vitro*. Los compuestos fenólicos están asociados con esta actividad antioxidante, actuando como eliminadores de radicales libres (DPPH) y quelantes de iones metálicos (CUPRAC) (44). El ensayo CUPRAC determina la capacidad de los antioxidantes en los extractos de fruta para reducir el Cu (II) a Cu (I) en el reactivo CUPRAC y el DPPH es un radical de nitrógeno orgánico estable utilizado para evaluar la actividad de eliminación de radicales libres de los extractos de fruta.

En la Tabla 4 se muestra la actividad antioxidante medida por DPPH y CUPRAC en ambos métodos la cáscara de palta, naranja y mango son los que presentan mayor actividad antioxidante. La cáscara de plátano y la sandía presentan una menor actividad antioxidante, estos resultados están de acuerdo con los presentados por Babbar et al, para el caso del plátano (45). La actividad antioxidante de las cáscaras de frutas se debe en mayor medida al contenido de polifenoles presentes en la matriz. Teniendo en cuenta su contenido de flavonoides, las cáscaras de frutas analizadas aquí tienen usos potenciales como antioxidantes naturales en preparaciones nutracéuticas y como bio-preservantes de alimentos (46). Según los resultados reportados por Babbar et al. (45) menciona que las

actividades antioxidantes de las cáscaras de la fruta están relacionadas con sus capacidades reductoras. Por otro lado, los extractos de cáscara de fruta contienen algunos compuestos donadores de electrones, y de este modo pueden reducir los intermedios oxidados del proceso de peroxidación de lípidos; esto les permite actuar como antioxidantes primarios y secundarios e inhibir la peroxidación lipídica. Sus contenidos fitoquímicos significan que cualquiera de las cáscaras de fruta analizadas podría considerarse como un posible ingrediente de valor agregado en los productos alimenticios que promueven la salud (47).

VII. CONCLUSIONES

Los resultados sobre los compuestos fitoquímicos en las cáscaras deshidratadas de las frutas evaluadas, indicaron que con respecto al contenido de polifenoles la palta fue la que presentó mayor contenido. Así mismo, con respecto a los flavonoides, la palta también fue la cáscara con mayor contenido (6290.27 mg CE/100g); el contenido de flavanoles, la manzana presentó 6.92 mg CE/100g mientras que, la uva presenta 4.38 mg CE/100g. Por otro lado, el contenido de antocianinas, la uva fue la que contiene en mayor cantidad con respecto a la manzana (9.48 y 7.10 mg C3G/100g respectivamente); en relación a los pigmentos vegetales, la palta también presentó mayor contenido de clorofila y carotenoides. Por último, los resultados mostraron que al analizar la potencia antioxidante de las 10 cáscaras de frutas deshidratadas se observó que la cáscara de palta presentó la mejor actividad antioxidante, además en el ranking de potencial antioxidante obtuvo un rendimiento global bajo, es decir, se consideró como la fruta que tiene mayor propiedad antioxidante.

VIII. RECOMENDACIONES

Con el aumento de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) en la población mundial, se recomienda continuar analizando los subproductos de las frutas en sus diferentes variedades con el fin de identificar compuestos fitoquímicos y aprovecharlos, ya sea para elaborar alimentos funcionales, utilizarlos como aditivos alimentarios, debido a sus propiedades antioxidantes o para la posterior separación y purificación de cada compuesto.

Así mismo, de los subproductos de las frutas, en especial de las cáscaras de frutas se puede obtener aceite vegetal, fibra, aceites esenciales como ingredientes básicos en la industria alimentaria. El aceite vegetal obtenido a partir de cáscaras de frutas presenta propiedades positivas como el alto valor energético, fuente de vitamina E, elevado contenido de betacarotenos, ácidos grasos monoinsaturados, poliinsaturados, con menor capacidad de quemarse al ser sometidos al fuego, sin toxicidad para el ser humano, no es inflamable y no emite gases tóxicos (22). Otros subproductos que se puede elaborar, son los productos a base de fibra, ya que la fibra insoluble se obtiene principalmente de la pared celular de las plantas y cáscaras de frutas, siendo este nutriente importante para la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (22).

Por otro lado, también se recomienda la utilización de otros métodos de deshidratación (por ejemplo, proceso de liofilización, proceso de secado al vacío, etc.) para las cáscaras de frutas así lograr que su contenido de antioxidantes no se vea afectado.

Finalmente, los resultados obtenidos en este estudio, nos indican que todas las cáscaras de las frutas estudiadas presentan un alto potencial antioxidante, siendo entre ellas la más resaltante la cáscara de palta, por ello se recomienda utilizar los datos de este estudio para

la posible creación de alimentos funcionales y participación en la industria alimentaria, farmacéutica o cosmética.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Fomento del consumo mundial de frutas y verduras. OMS [Internet]. 2012 [citado 2016 Abr 4].
2. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Enfermedades Transmisibles y No Transmisibles, 2016. Lima: INEI [Internet]. 2017 [citado 2017 Jun 25].
3. Urbe Márquez R. Ingesta de Frutas, Verduras y sus Motivaciones, Barreras para consumir 5 porciones al día en los estudiantes de Nutrición de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos [Tesis para licenciatura] Perú: Universidad Mayor de San Marcos; 2015.
4. Educación en alimentación y nutrición. Frutas, hortalizas (verduras), frutos secos. Composición y propiedades [Internet]. 2017 [Citado 2017 Nov 28].
5. Stallin Mera Paredes. Manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana [Tesis para licenciatura] Perú; 2015.
6. G. Cárdenas, G. Arrazola y M. Villalba. Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. Ingenium [Internet]. 2015 [citado 2017 Jul 10]. Vol. 17 (33): 29-40.
7. Ayala, J., Vega, V., Rosas, C., Palafox, H., Villa, J., Wasim, M., Dávila, J., González, D. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. Food Research International [Internet]. 2011 [citado 2017 Ago 20]. Vol. 44 (7): 1866 – 1874.
8. Carbajal Azcona. Manual de Nutrición y Dietética. Universidad Complutense de Madrid [Internet]. 2013 [citado 2017 Ago 13].
9. Martinez C, Carbajal A. Manual Práctico de Nutrición y Salud. Componentes bioactivos de los alimentos. [Internet] 2013. [citado 2017 Oct 15].
10. Venkatachalam, K., Rangasamy, R. and Krishnan, V. Total antioxidant activity and radical scavenging capacity of selected fruits and vegetables from South India. International Food Research Journal [Internet]. 2014 [citado 2017 Jul 10]. Vol 21(3): 1039-1043.

11. Rajendran P, et al, Antioxidants and human diseases. Clin Chim Acta [Internet]. 2014 [citado 2017 Jul 10]. Vol 436 (25): 332-347.
12. Morais, D.R., et al., Antioxidant activity, phenolics and UPLC–ESI(–)–MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels. Food Research International [Internet]. 2015 [citado 2017 Jul 10]. Vol 77 (3): 392-399.
13. César A. Can- Cauich et al. Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. Journal of Functional Food [Internet]. 2017 [citado 2017 Jul 10]. Vol 37: 501-506.
14. Eva Gimeo Creus. Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. OFFARM [Internet]. 2004 [citado 2017 Ago 13]. Vol 23 (6).
15. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Pérdidas y Desperdicios de Alimentos en América Latina y El Caribe. FAO [Internet]. 2016 [citado 2017 Jul 10]. Vol 3.
16. Hoornweg D and Bhada-Tata P. What a Waste – a Global Review of Solid Waste Management. World Bank, Washington, DC, USA; 2012.
17. D-Waste. Waste Atlas 2013 Report.
18. Sigma-Aldrich Quimica SL. España [Internet] [citado 2017 Ago 25].
19. Molina Jiménez A, Domene M. Verduras, frutas, industria agroalimentaria y salud. Rev. Mediterráneo económico (España) [Internet]. 2015 [citado 2017 Ago 25]. Vol 27: 365-384.
20. Pinzón I, Fischer G, Corredor G. Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis Sims*). Rev. Agronomía Colombiana [Internet]. 2007 [citado 2017 Ago 25]. Vol. 25(1): 83-95
21. Jinap S, Thien J, Yap T. N. Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. J. Sci. Food Agric [Internet]. 1994 [citado 2017 Ago 25]. Vol 65: 67-75.
22. Cervantes Delfín Karla, Cruz López Alfredo, Campos Mondragón Martha. Subproductos obtenidos a partir de distintas cáscaras de fruta. Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa [Internet]. 2016 [citado 2017 Ago 17]. Vol 4.
23. Sariego-Frómata S, Martín-Morán J, Ochoa-Pacheco A, Rivero-Breff D, Sariego-Tamayo. Determinación de metales, fenoles totales y flavonoides totales en extractos de hojas de *Petiveria alliacea L.* (anamú). Rev. CENIC ciencias químicas [Internet]. 2015 [citado 2017 Ago 25]. Vol 46: 155-163.

24. Moreno E, Ortiz B, Restrepo L. Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de la pulpa de seis frutas tropicales. *Rev.Colomb.Quim (Bogotá)* [Internet]. 2014 [citado 2017 Ago 26]. Vol 43(3): 41-48.
25. Ramos-Escudero F, Muñoz A, Alvarado-Ortiz C, Alvarado A, Yañez J. Purple Corn (*Zea mays* L.) Phenolic Compounds Profile and Its Assessment as an Agent Against Oxidative Stress in Isolated Mouse Organs. *J Med Food* [Internet]. 2012 [citado 2017 Ago 26]. Vol 15(2): 206-215.
26. Suhandy D, Yulia M, Kuncoro S, Rhinaldo W, Kondo N, Ogawa Y. The measurement of soluble solids content in snake fruit (*Salacca edulis* Reinw) cv. Pondoh using a portable spectrometer. *IFAC Proceedings* [Internet]. 2010 [citado 2017 Ago 25] Vol 43(6): 235-240.
27. Sumanta N, Imranul C, Nishika J, Suprakash R. Spectrophotometric Analysis of Chlorophylls and Carotenoids from Commonly Grown Fern Species by Using Various Extracting Solvents. *Res. J, Chem. Sci* [Internet]. 2014 [citado 2017 Ago 26]. Vol 4(9): 63-69.
28. Zago K, García M, Di Bernardo M, Vit P, Luna J, Gualtieri M. Determinación del contenido de vitamina C en miel de abejas venezolanas por volumetría de óxido-reducción. *Rev. Inst. Nac. Hig. "Rafael Rangel"* [Internet]. 2010 [citado 2017 Ago 26]. Vol 41 (1): 25-30.
29. Pisoschi A, Cheregi M, Danet A. Total antioxidant capacity of some commercial fruit juices: electrochemical and spectrophotometrical approaches. *Molecules* [Internet]. 2009 [citado 2017 Ago 26]. Vol 14(1): 480-493.
30. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicryl- hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol* [Internet]. 2004 [citado 2017 Ago 28]. Vol 26(2): 211-219.
31. Mesa AM, Rincón DC, Toro JF, Tamayo A, Blair S, Rojano BA. Actividad antioxidante de *Piper Piedecuestanum* Trel. & Yunck. y *Piper Subpedale* Trel. & Yunck. *Rev. latinoam. quím (Medellín)* [Internet]. 2011 [citado 2017 Ago 28]. Vol 39(3): 91-99.
32. Cárdenas A, Gómez Martín, Frontana C. Development of an Electrochemical Cupric Reducing Antioxidant Capacity Method (CUPRAC) for Antioxidant Analysis. *Electrochimica Acta* [Internet]. 2014 [citado 2017 Ago 28]. Vol 128: 113-118.

33. Campos C, Guzmán R, López-Fernández E, Casado Á. Evaluation of the copper (II) reduction assay using bathocuproinedisulfonic acid disodium salt for the total antioxidant capacity assessment: The CUPRAC–BCS assay. *Analytical Biochemistry* [Internet]. 2009 [citado 2017 Ago 17]. Vol 392 (1): 37-44.
34. Torres Ramiro, Montes, Everaldo J, Pérez, Omar A, Andrade, Ricardo D. Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Información Tecnológica* [Internet]. 2013 [citado 2017 Ago 17]. Vol 24 (3): 51-56.
35. Gómez-Caravaca, A.M., López-Cobo, A., Verardo, V., Pasini, F., Caboni, M.F., Segura-Carretero, A., Fernandez-Gutierrez, A. Evaluation of phenolic content in avocado fruit and its by-products. *Journal of Food Processing and Technology* [Internet]. 2015 [citado 2017 Set 12]. Vol 6: 72.
36. Zadernowski, R., Naczek, M., Nesterowicz, J. Phenolic acid profiles in some small berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [Internet]. 2005 [citado 2017 Set 15]. Vol 53: 2118-2124
37. John, M.K.M., Enkhtaivan, G., Kim, J.J., Kim, D.H. Metabolic variation and antioxidant potential of *Malus prunifolia* (wild apple) compared with high flavon-3-ol containing fruits (apple, grapes) and beverage (black tea). *Food Chemistry* [Internet]. 2014 [citado 2017 Set 15]. Vol 163: 46-50.
38. Ramos-Escudero, F., González-Miret, M.L., García-Asuero, A. Effect of various extraction systems on the antioxidant activity kinetic and color of extracts from purple corn. *Vitae* [Internet]. 2012 [citado 2017 Set 22]. Vol 19, 41-48.
39. Pedro, A.C., Granato, D., Rosso, N.D. Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza sativa* L.) by modeling and assessing their reversibility and stability. *Food Chemistry* [Internet]. 2016 [citado 2017 Set 15]. Vol 191: 12-20.
40. Kosseva, M.R. (2013). Functional food and nutraceuticals derived from food industry wastes. In: Kosseva, M., Webb, C. (Eds.), *Food Industry Wastes*. Academic Press, San Diego [Internet]. 2013 [citado 2017 Set 26]. 103-120.
41. Khoo, H.E., Prasad, K.N., Kong, K.W., Jiang, Y., Ismail, A. Carotenoids and their isomers: color pigments in fruits and vegetables. *Molecules* [Internet]. 2011 [citado 2017 Ago 17]. Vol 16: 1710-1738.
42. Ashton, O.B., Wong, M., McGhie, T.K., Vather, R., Wang, Y., Requejo-Jackman, C., Ramankutty, P., Woolf, A.B. Pigments in avocado tissue and oil. *Journal of*

- Agricultural and Food Chemistry [Internet]. 2007 [citado 2017 Set 1]. Vol 54,10151-10158.
43. Delgado-Pelayo, R., Gallardo-Guerrero, L., Hornero-Méndez, D. Chlorophyll and carotenoid pigments in the peel and flesh of commercial apple fruit varieties. Food Research International [Internet]. 2014 [citado 2017 Set 10]. Vol 65:272-282.
 44. Du, G., Li, M., Ma, F., Liang, D. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in Actinidia fruits. Food Chemistry [Internet]. 2009 [citado 2017 Set 1]. Vol 113, 557-562.
 45. Babbar, N., Oberoi, H.S., Uppal, D.S., Patil, R.T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. Food Research International [Internet]. 2011 [citado 2017 Set 26]. Vol 44: 391-396.
 46. Can-Cauich, C.A., Sauri-Duch, E., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L.,
 47. González-Aguilar, G.A., Cuevas-Glory, L.F., Pérez-Pacheco, E., Moo-Huchin, V.M. (2017). Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. Journal of Functional Foods [Internet]. 2017 [citado 2017 Set 26]. Vol 37: 501-506.

X. GLOSARIO Y ABREVIATURAS

°Brix: Es una unidad de cantidad, determina el cociente total de materia seca (azúcares) disuelta en un líquido.

Cáscara: Capa protectora de una fruta o vegetal, del cual puede desprenderse.

Capacidad antioxidante: Es la habilidad de los compuestos antioxidantes para captar y estabilizar los radicales libres.

Compuestos bioactivos: Compuestos químicos que presentan una actividad biológica en el organismo traducida en una función benéfica para la salud.

Compuestos fenólicos: Compuestos orgánicos en cuyas estructuras moleculares contienen al menos un grupo fenol, un anillo aromático unido al menos un grupo funcional.

DPPH: Abreviatura del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil. Este es un radical libre estable soluble que es neutralizado mediante un mecanismo de transferencia de hidrógeno.

CUPRAC: Capacidad de reducción antioxidante del cobre

Folin Ciocalteu: El reactivo es una mezcla de fosfomolibdato y fosfotungstato, usado para la determinación de antioxidantes fenólicos y polifenólicos.

XI. ANEXOS

ANEXO 1. Perú: consumo per cápita de los principales alimentos 2008-2009.

1.2.10 Consumo per cápita de fruta

Las frutas constituyen uno de los alimentos más importantes dentro de los alimentos naturales vegetales, que son ricos en vitaminas y minerales. En el Perú, el plátano es la fruta de mayor consumo promedio per cápita anual con 26 kilos 400 gramos al año o 2 kilos 200 gramos al mes, seguido de la naranja y manzana entre otras.

Cuadro Nº 07

Perú: Consumo promedio per cápita anual de frutas por ámbito geográfico, según principales tipos de fruta
(Kg./persona)

Principales tipos de fruta	Total	Lima Metropolitana 1/	Resto País	Área		Región natural		
				Urbana	Rural	Costa	Sierra	Selva
Duraznos (Kg.)	1,1	1,6	0,8	1,3	0,5	1,4	0,9	0,1
Fresa (Kg.)	0,7	1,4	0,3	0,8	0,0	1,1	0,1	0,0
Limón (Kg.)	3,4	4,8	2,8	3,9	1,6	4,8	1,7	2,0
Mandarina (Kg.)	4,8	7,4	3,7	5,6	2,3	6,5	3,7	0,6
Mango (Kg.)	1,6	2,1	1,4	1,8	0,9	1,9	1,4	0,6
Manzana (Kg.)	6,1	6,5	5,9	6,6	4,5	6,4	7,2	1,8
Naranja (Kg.)	6,4	6,7	6,2	6,9	4,5	6,8	7,1	2,7
Palta (Kg.)	1,5	2,1	1,3	1,8	0,6	2,0	1,1	0,9
Papaya (Kg.)	3,2	5,3	2,3	4,0	0,5	4,3	2,2	1,4
Plátano (Kg.)	26,4	14,7	31,6	23,8	34,9	16,5	12,1	104,3
Sandía (Kg.)	1,4	1,8	1,2	1,7	0,5	2,1	0,6	0,7
Uva (Kg.)	2,0	2,7	1,7	2,4	0,8	2,5	1,7	0,8

1/ Incluye Provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao.

Fuente: INEI-Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares 2008-2009.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INEI).