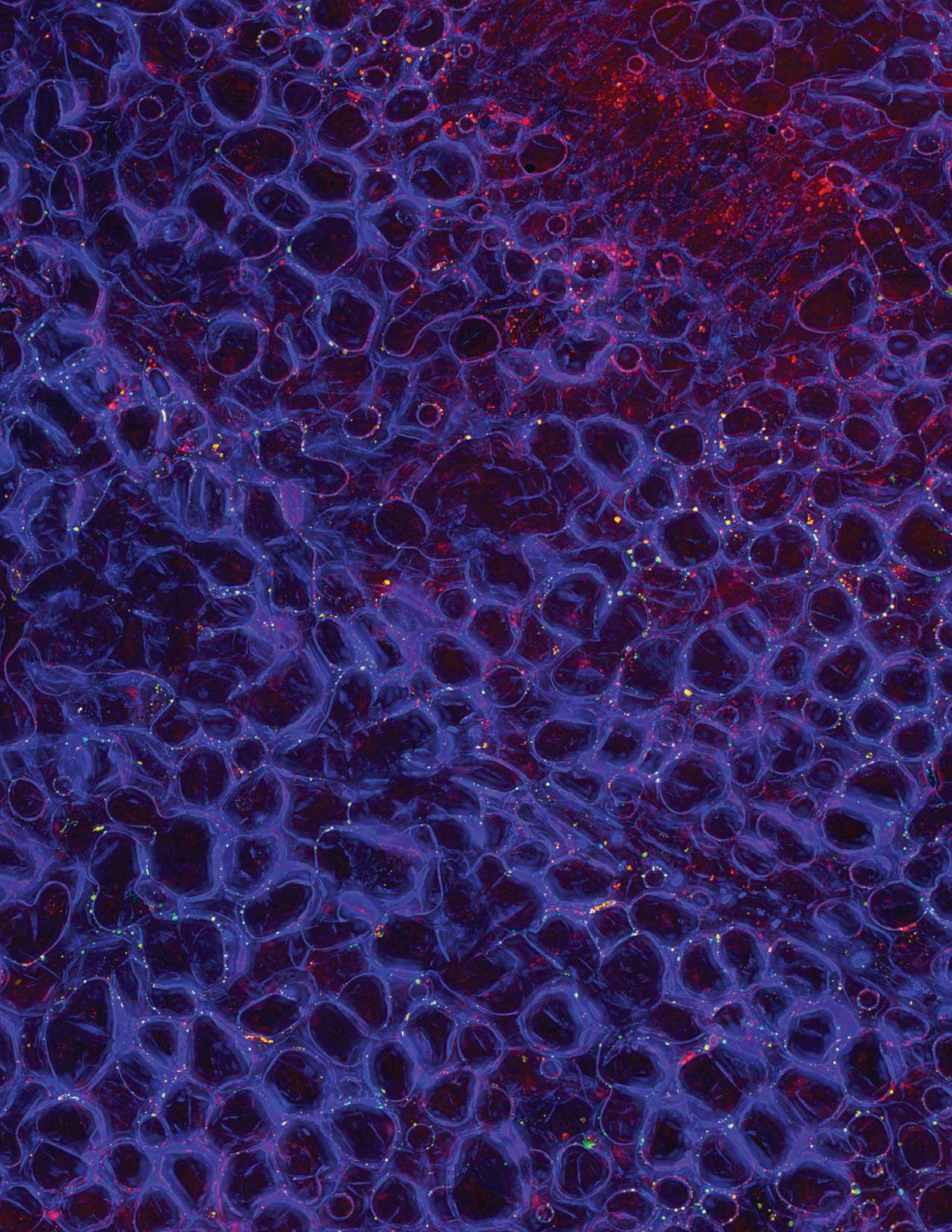
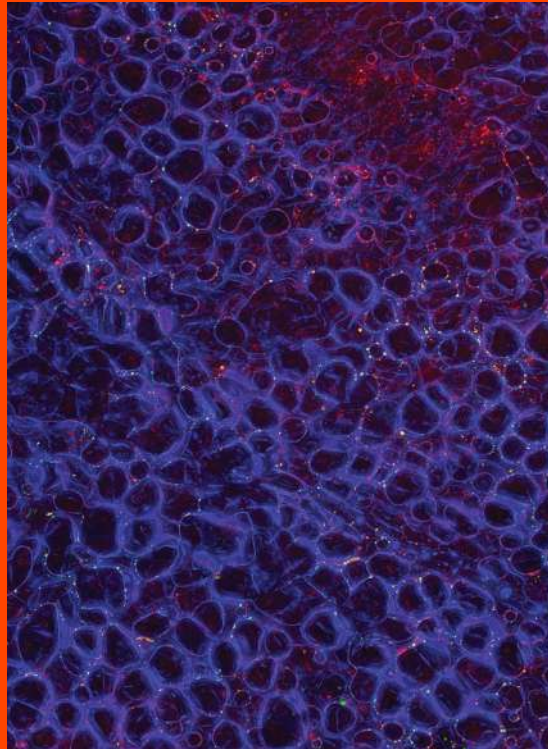






Título

Bioactividad secreta

Técnica

Microscopía de fluorescencia por procesamiento Thunder de Leica, agrupando 120 fotos de 60 micras de profundidad. Colores propios de la autofluorescencia del tejido.

Autoría

Juan Camilo Orozco Cardona
Juan Camilo Henao-Rojas
Paola Andrea Hormaza Martínez

Descripción

Corte transversal de la raíz de zanahoria mostrando el efecto de desestructuración de los tejidos producto del cocinado. Algunas células muestran

paredes menos rígidas producto del cocinado, en contraste con las características típicas del tejido fresco turgente.

Capítulo XV

Transformación y valor agregado en variedades comerciales de zanahoria, una apuesta hacia productos de calidad diferencial

Mateo Londoño-Valencia
Andrés Felipe Vega-Baquero
Luis Alfonso Salazar-Hoyos
Jeanine Kathleen Peñaloza-Figueroa
Juan Camilo Henao-Rojas

Introducción

La zanahoria destaca como uno de los vegetales más cultivados y consumidos a nivel mundial, gracias a su riqueza en nutrientes, fitonutrientes y minerales, como carotenos, fibra y vitaminas. Aunque tradicionalmente se asociaba con ensaladas, sopas y aderezos, hoy en día su presencia se extiende a bebidas, productos de repostería, panadería, confitería y alimentos para animales.

Por lo anterior, en el presente capítulo se exponen algunos de los beneficios nutricionales de la

zanahoria según su variedad (naranja, morada, blanca y amarilla), las etapas de procesamiento básicas para conseguir un producto alimenticio con los estándares de calidad e inocuidad apropiados, así como sus aplicaciones en preparaciones de pastelería, productos deshidratados o enlatados, bebidas, confitería, entre otros. Adicionalmente, se presentan algunas de las normas colombianas que deben ser consideradas al momento de la elaboración de productos alimenticios a partir de zanahoria, tanto para consumo humano como animal.

Generalidades de la zanahoria

La zanahoria es una de las hortalizas más producidas a nivel mundial, su nombre científico es *Daucus carota* L., hace parte de la familia Apiaceae y se caracteriza por sus altos contenidos nutricionales y sus colores diversos como anaranjada, blanca, púrpura, amarilla, entre otros. Esta raíz suele ser cultivada en zonas con climas frescos en temporada de primavera u otoño, y también se ha cosechado en climas subtropicales con temperaturas alrededor de 17 °C (Que et al., 2019). Adicionalmente, se cree que el origen de la zanahoria se sitúa en Asia, y que fue domesticada poco a poco en Asia central, tomando como factores críticos la forma, el color y el sabor.

La raíz ha demostrado ser una buena fuente de carotenoides, vitaminas, fibra dietaria, minerales y antioxidantes, por lo que en los últimos años se han estudiado ampliamente sus propiedades y composición. En la figura 15.1 se resumen algunos de los principales componentes nutricionales de la zanahoria naranja.

Teniendo en cuenta lo anterior, la zanahoria es aprovechada para conseguir extractos, materias primas y productos alimenticios con alto valor nutricional, tanto en alimentación humana como animal (Riaz et al., 2021).

En la alimentación humana, se emplea principalmente en sopas, cremas, chips, harinas, productos de repostería, yogur, bebidas, jugos, caramelos, entre otros. De igual manera, en la actualidad los propietarios se vienen preocupando por mejorar la calidad de vida de sus mascotas, lo que ha derivado en la búsqueda cada vez más frecuente de alimentos o *snacks* que sean naturales y ricos en nutrientes, dado que ello se relaciona con una buena salud y bienestar. Los usos principales de la zanahoria en este caso se encuentran en la alimentación BARF¹, comidas húmedas, *snacks* como galletas, entre otros.

Composición nutricional de la zanahoria

La zanahoria ha sido uno de los vegetales más utilizados en la gastronomía y alimentación humana, gracias a su alto nivel nutricional, además de su versatilidad en diversas preparaciones gastronómicas, que van desde preparaciones dulces, saladas, sólidas, líquidas, entre otras. A continuación, en la tabla 15.1 se presenta un resumen de las propiedades nutricionales encontradas en 100 g de zanahoria cruda.

¹ BARF es el acrónimo en inglés de *biologically appropriate raw food* (alimentos crudos biológicamente apropiados). Se utiliza para designar las dietas a base de alimentos crudos, que consiste en la alimentación con carne cruda y vísceras, e incluye una porción de verduras, frutas, frutos secos, plantas, aceites, huevos y lácteos. El motivo más importante por el que un propietario elige una dieta barf para su mascota es querer seguir “una alimentación más natural y saludable” (Handl, 2014).



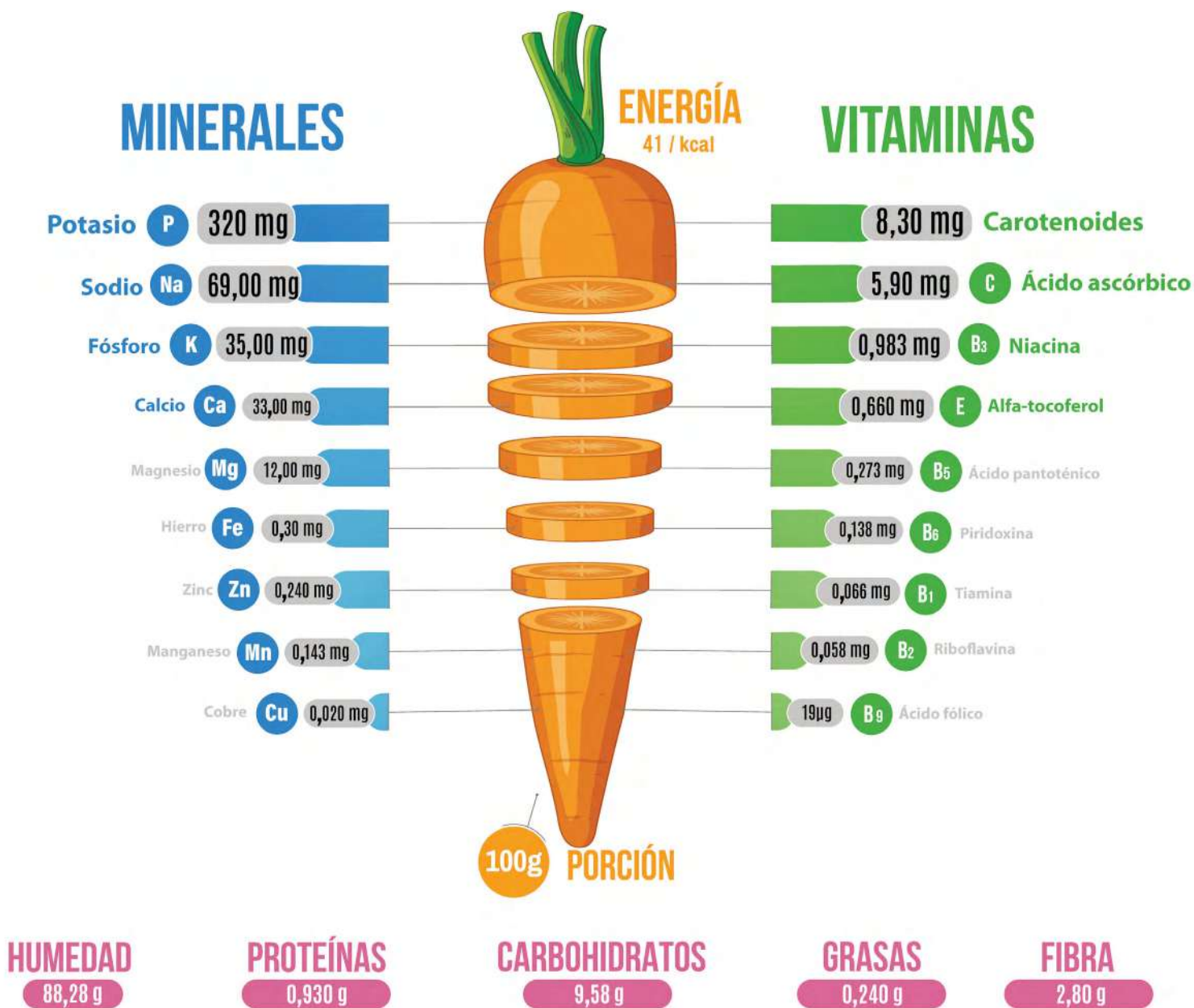


Figura 15.1. Información nutricional de la zanahoria.

Fuente: Elaboración propia con base en Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014)

Tabla 15.1. Información nutricional por 100 g de zanahoria cruda

Componente químico	Concentración	Referencia
Energía	173 kJ (41 kcal)/100 g ((3,5 oz) zanahoria cruda)	USDA (2014)
Humedad	86 % 88,8 % 86 % - 89 %	Gopalan et al. (1991) Holland et al. (1991) Howard et al. (1962)
Carbohidratos	10,6 g/100 g 6 g/100 g 9,6 g/100 g	Gopalan et al. (1991) Holland et al. (1991) USDA (2014)
Fibra cruda	1,2 g/100 g 2,4 g/100 g 2,8 g/100 g	Gopalan et al. (1991) Holland et al. (1991) USDA (2014)
Proteína	0,9 g/100 g 0,7 g/100 g 0,8 - 1,1 g/100 g 0,93 g/100 g	Gopalan et al. (1991) Holland et al. (1991) Howard et al. (1962) USDA (2014)
Grasa	0,2 g/100 g 0,5 g/100 g 0,24 g/100 g	Gopalan et al. (1991) Holland et al. (1991) USDA (2014)
Azúcar total	5,6 g/100 g 2,71 - 4,53 g/100 g 4,7 g/100 g	Holland et al. (1991) Kaur et al. (1976) USDA (2014)

Continúa en la siguiente página ▼



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de
la cadena de valor de zanahoria en el
Oriente departamento de Antioquia

Componente químico	Concentración	Referencia
Calcio	80 mg/100 g 34 mg/100 g 27,2 - 44,9 mg/100 g 33 mg/100 g	Gopalan et al. (1991) Holland et al. (1991) Nicolle et al. (2004) USDA (2014)
Hierro	2,2 mg/100 g 0,4 mg/100 g 0,32 - 1,98 mg/100 g 0,3 mg/100 g	Gopalan et al. (1991) Holland et al. (1991) Nicolle et al. (2004) USDA (2014)
Fósforo	53 mg/100 g 25 mg/100 g 35 mg/100 g	Gopalan et al. (1991) Holland et al. (1991) USDA (2014)
Sodio	40 mg/100 g 14,4 - 61,6 mg/100 g 69 mg/100 g	Holland et al. (1991) Nicolle et al. (2004) USDA (2014)
Potasio	240 mg/100 g 443 - 758 mg/100 g 320 mg/100 g	Holland et al. (1991) Nicolle et al. (2004) USDA (2014)
Magnesio	9 mg/100 g 8,0 - 23,1 mg/100 g 12 mg/100 g	Holland et al. (1991) Nicolle et al. (2004) USDA (2014)
Manganeso	0,143 mg/100 g	USDA (2014)
Cobre	0,02 mg/100 g	Holland et al. (1991)
Zinc	0,2 mg/100 g 0,18 - 0,39 mg/100 g 0,24 mg/100 g	Holland et al. (1991) Nicolle et al. (2004) USDA (2014)
Carotenoides	5,33 mg/100 g 0,47 - 26,55 mg/100 g 8,3 mg/100 g	Holland et al. (1991) Nicolle et al. (2004) USDA (2014)

Continúa en la siguiente página ▼

Componente químico	Concentración	Referencia
Riboflavina (vitamina B ₂)	0,02 mg/100 g 0,058 mg/100 g	Holland et al. (1991) USDA (2014)
Tiamina (vitamina B ₁)	0,04 mg/100 g 0,066 mg/100 g	Holland et al. (1991) USDA (2014)
Niacina (vitamina B ₃)	0,2 mg/100 g 0,983 mg/100 g	Holland et al. (1991) USDA (2014)
Ácido pantoténico (vitamina B5)	0,273 mg/100 g	USDA (2014)
Vitamina B6	0,138 mg/100 g	USDA (2014)
Folato (vitamina B9)	19 µg/100 g	USDA (2014)
Vitamina C	4 mg/100 g 1,4 - 5,8 mg/100 g 5,9 mg/100 g	Holland et al. (1991) Nicolle et al. (2004) USDA (2014)
Vitamina E	0,66 mg/100 g 0,19 - 0,70 mg/100 g	USDA (2014) Nicolle et al. (2004)

Fuente: Nguyen & Nguyen (2015)

Principales compuestos de interés nutricional en la zanahoria

El desarrollo de diversas formulaciones alimenticias en las que se emplea la zanahoria como materia prima se fundamenta, en gran medida, en el aporte nutricional de este material y en su efecto favorable sobre diversos procesos corporales. A continuación, se mencionan brevemente

algunos de los principales componentes con alto valor nutricional presentes en la zanahoria, los cuales dependen de la variedad de zanahoria (naranja, morada, blanca o amarilla). En la figura 15.2 se aprecian algunas de las diferentes variedades de zanahoria.



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia



Figura 15.2. Variedades de zanahoria.

Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Carotenoides

Son compuestos orgánicos que, gracias a sus propiedades químicas, se caracterizan por ser pigmentos rojos, amarillos y naranjas. Estos compuestos se encuentran usualmente en plantas, microalgas o macroalgas, y deben ser ingeridos por la mayoría de los animales, ya que no pueden ser sintetizados de forma natural (Saini et al., 2022).

Se ha demostrado que el organismo humano es capaz de transformar algunos de los carotenoides y convertirlos en moléculas de vitamina A (National Institutes of Health, 2022), la cual participa en diversos procesos y órganos del cuerpo humano, como el sistema inmunológico, la visión, el crecimiento y desarrollo, los pulmones, el corazón, entre otros.

Los carotenoides se encuentran en diferentes frutas, verduras y granos, entre los que resaltan las zanahorias (6,1-7,1 mg/100 g), tomates secos (46 mg/100 g), sandía (1,6-3,5 mg/100 g), papaya (1,8-4,2 mg/100 g) y guayaba (3,2-7,0 mg/100 g) (Saini et al., 2022).

Antocianinas

Son un subgrupo de los flavonoides, los cuales poseen diversas propiedades químicas según la isomerización de sus estructuras en el momento de su síntesis (Ockermann et al., 2021). Las antocianinas son moléculas polifenólicas caracterizadas por sus colores, que pueden ir desde rojo hasta azul, según la fruta o verdura en la que se encuentren. Aunque estos pigmentos se encuentran en gran variedad de frutas y verdu-

ras, algunos alimentos como la zanahoria, las cerezas, las fresas, las uvas, el repollo rojo, los arándanos y las moras tienen mayor concentración de estos compuestos (Mattioli et al., 2020).

Estos compuestos se han utilizado ampliamente en la industria alimentaria como colorantes, sin embargo, se debe tener especial precaución con factores como temperatura y pH del medio, ya que son moléculas que pueden degradarse con facilidad. Además de este uso, se ha estudiado la posibilidad de emplear las antocianinas como compuestos que puedan contrarrestar el estrés oxidativo en el cuerpo humano, o prevenir la aparición de enfermedades no transmisibles como neurodegenerativas, cardiovasculares, metabólicas o cáncer (Mattioli et al., 2020).

Fibra dietaria

La fibra dietaria comprende diversos materiales que no pueden ser digeridos de forma natural por la digestión enzimática, entre los cuales resaltan polisacáridos, hemicelulosa, péptidos, gomas, mucílagos, entre otros. Estos compuestos, en las cantidades adecuadas, logran mejorar el tránsito intestinal en el cuerpo humano, lo que favorece el proceso digestivo de ciertos alimentos.

La fibra dietaria se puede clasificar en soluble o insoluble en agua, y se puede encontrar de manera natural en diferentes matrices alimentarias como algunos granos (cebada, arroz, maíz, avena, trigo), legumbres (lentejas, frijoles, soja, habas), verduras (zanahoria [2,7 g/ 100 g], tomate [1,2 g/ 100 g], pepino [0,7 g/ 100 g], espinaca [2,6 g/ 100 g]), frutas (manzana [1,5 g/ 100 g],



kiwi [2,9 g/ 100 g], piña [1,7 g/ 100 g], mango [3,9 g/ 100 g], naranja [0,2 g/ 100 g], fresa [2,0 g/ 100 g], ciruela [2,4 g/100 g]) (ICBF, 2018) o frutos secos/nueces (almen-

dras [10,9 g/ 100 g], coco [9,0 g/ 100 g], maní [8,3 g/ 100 g], sésamo [11,8 g/ 100 g]) (Dhingra et al., 2012; Instituto Colombiano de Bienestar Familiar [ICBF], 2018) (figura 15.3).

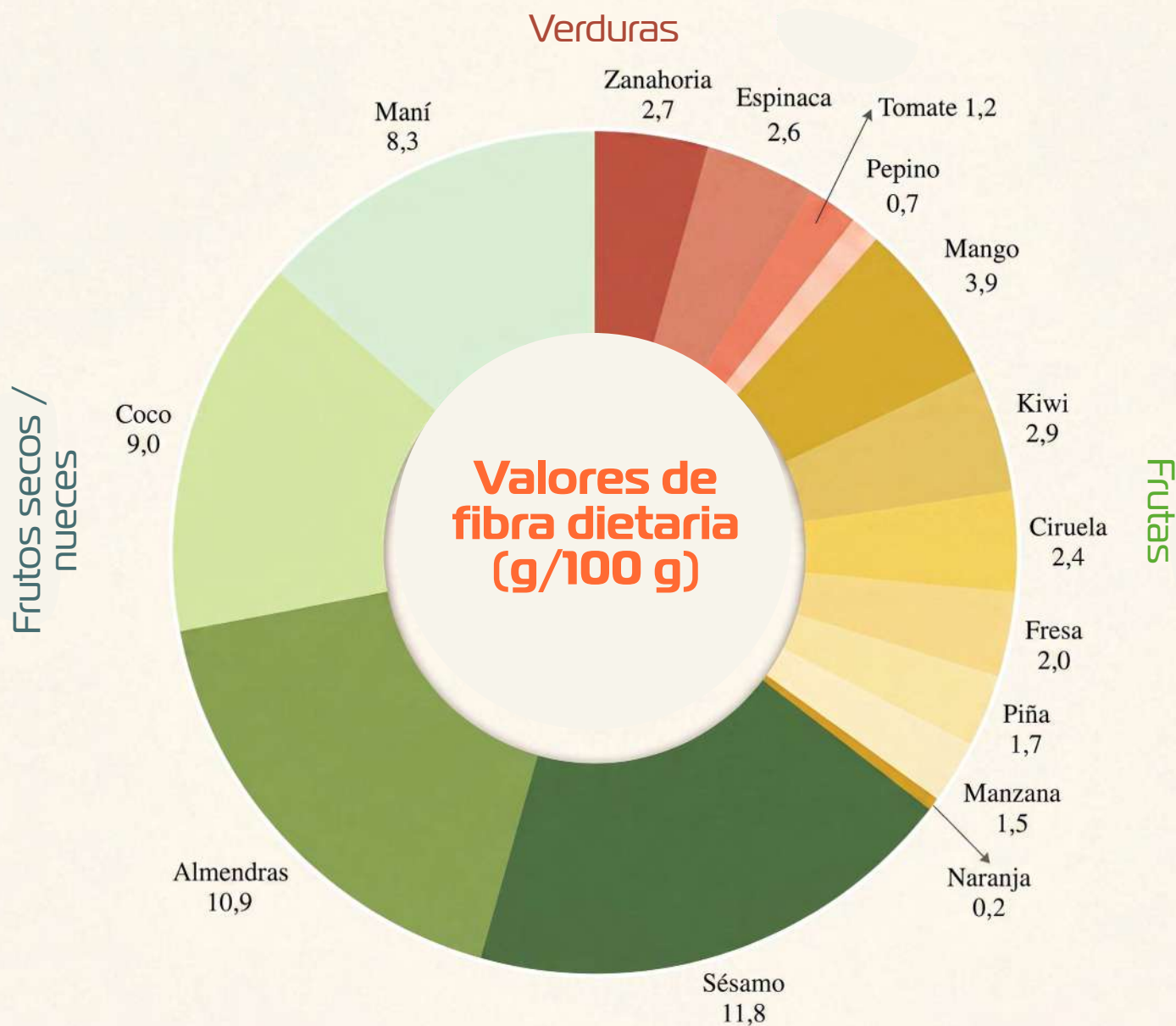


Figura 15.3. Valores de fibra dietaria de frutas y hortalizas consumidas en Colombia.

Fuente: Elaboración propia con base en ICBF (2018) para frutas y verduras; Dhingra et al. (2012) para frutos secos

Vitaminas y minerales

Son moléculas químicas que favorecen el correcto funcionamiento de diversos procesos biológicos dentro del organismo humano, como es el caso de los minerales, encargados de favorecer el desbalance electrolítico en las paredes celulares, lo que contribuye a la hidratación de cada una de las células y, por ende, del cuerpo humano.

La zanahoria, además de contener múltiples compuestos beneficiosos para los procesos biológicos humanos como carotenos, antioxidantes, fibra, carbohidratos y agua, también cuenta con altos niveles de vitaminas E y C, y minerales como potasio, sodio, calcio, magnesio y zinc (Que et al., 2019).

Compuestos fenólicos

Se ha encontrado la presencia de fenoles o polifenoles en múltiples matrices, entre las que se destacan los vegetales y, en particular, la zanahoria. Si bien se han hallado estos compuestos, los cuales provienen principalmente de la fenilalanina, en toda la raíz de la zanahoria, se ha determinado que la piel (cáscara) es la que concentra mayor cantidad de fenoles y polifenoles (cerca de 54,1 % de los fenoles totales). Algunos estudios han establecido que la cantidad fenólica total de la zanahoria ronda los 26,6 µg/g, mientras que el jugo de zanahorias púrpuras presenta cantidades de fenoles cercanas a 772 mg/L (Sharma et al., 2012).

El interés de estos compuestos en el cuerpo humano se origina en su capacidad de combatir radicales libres, que pueden afectar el correcto funcionamiento del organismo y funciones biológicas; gracias a esto, los fenoles y polifenoles son compuestos orgánicos reconocidos por sus propiedades antioxidantes, antimutagénicas e incluso antitumorales (Sharma et al., 2012).

Por otra parte, el consumo consciente de alimentos ha experimentado un incremento en los últimos años, pues cada vez es más alto el número de personas que prefieren el consumo de productos que representen beneficios para la salud en lugar de productos con alto contenido de sustancias que pueden afectar la salud, como exceso de azúcar, grasa, productos químicos, entre otros. Asimismo, como se mencionó anteriormente, se ha encontrado variación en las concentraciones nutricionales de las zanahorias, dependiendo de su color; por ejemplo, en las zanahorias oscuras como las moradas, rojas o naranjas oscuras, los niveles de fitonutrientes como los carotenoides han sido los más elevados en comparación con los niveles de este mismo componente en zanahorias más claras (Nguyen & Nguyen, 2015). Dichas concentraciones de compuestos pueden, en cierta medida, variar las características sensoriales de los diferentes materiales de zanahoria. En las figuras 15.4 a 15.7 se resumen los principales atributos sensoriales de las zanahorias con coloración diferencial disponibles para siembra en Colombia.



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de
la cadena de valor de zanahoria en el
Oriente departamento de Antioquia

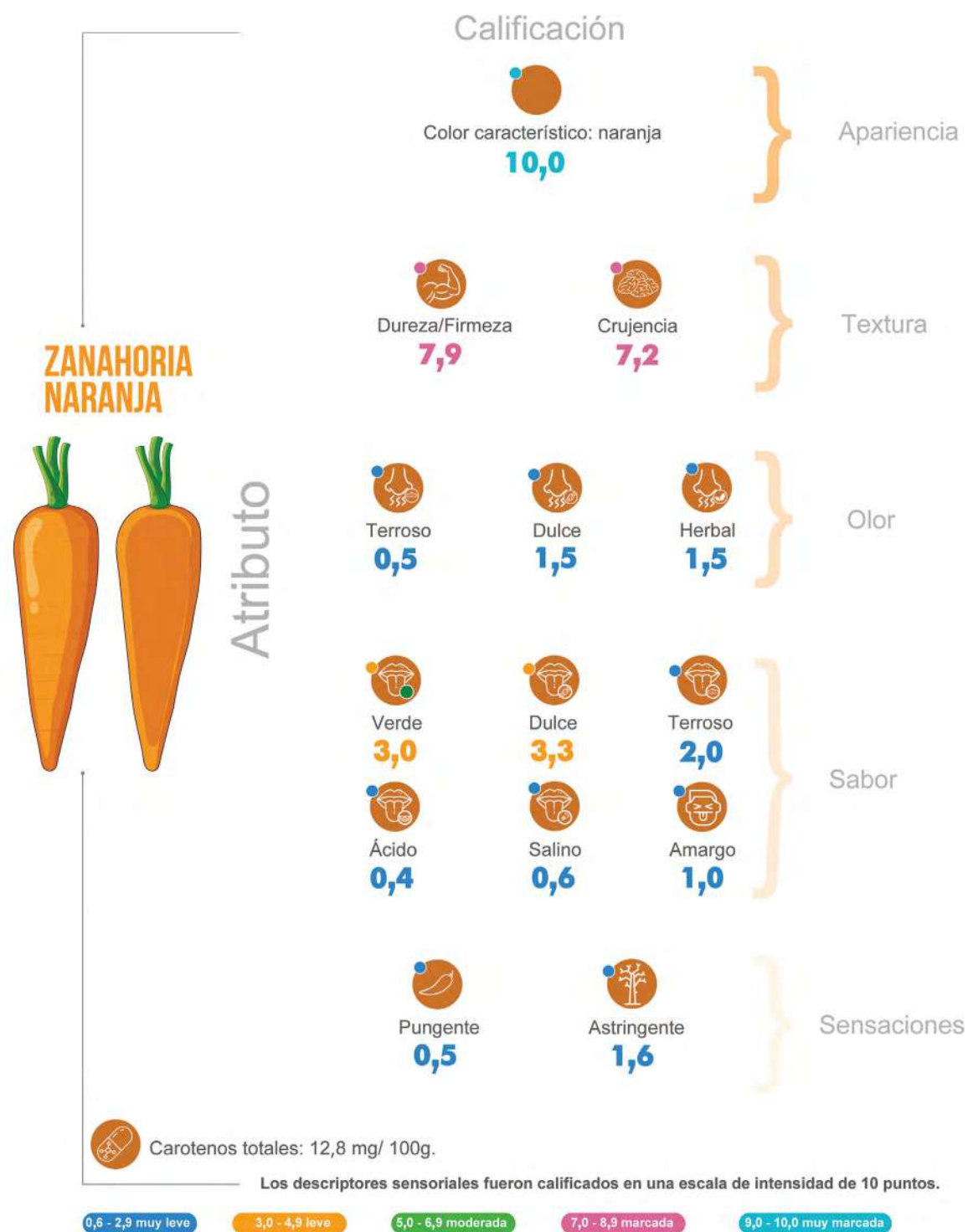


Figura 15.4. Principales atributos sensoriales de la zanahoria según su variedad: naranja.

Fuente: Elaboración propia

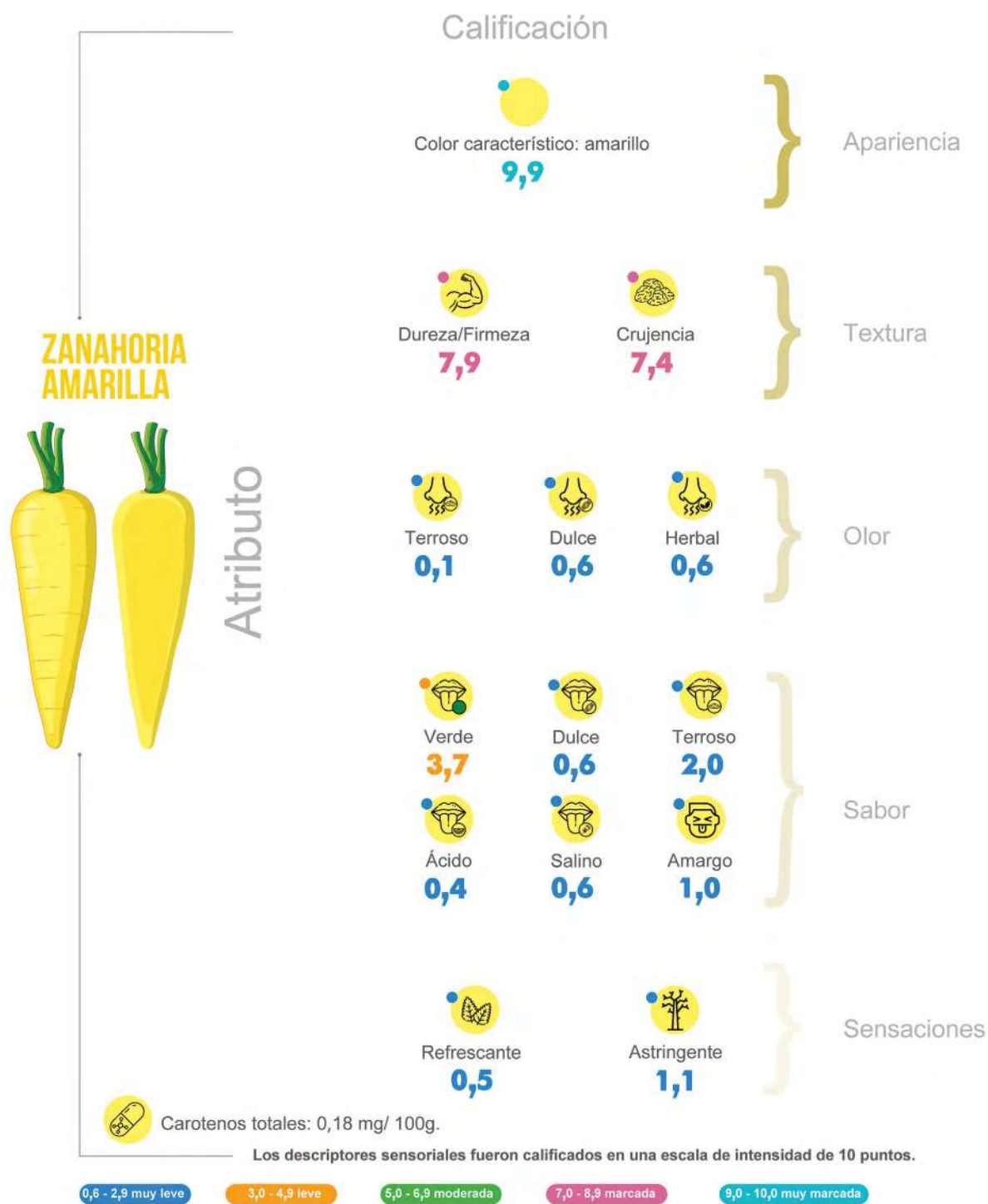


Figura 15.5. Principales atributos sensoriales de la zanahoria según su variedad: amarilla.

Fuente: Elaboración propia

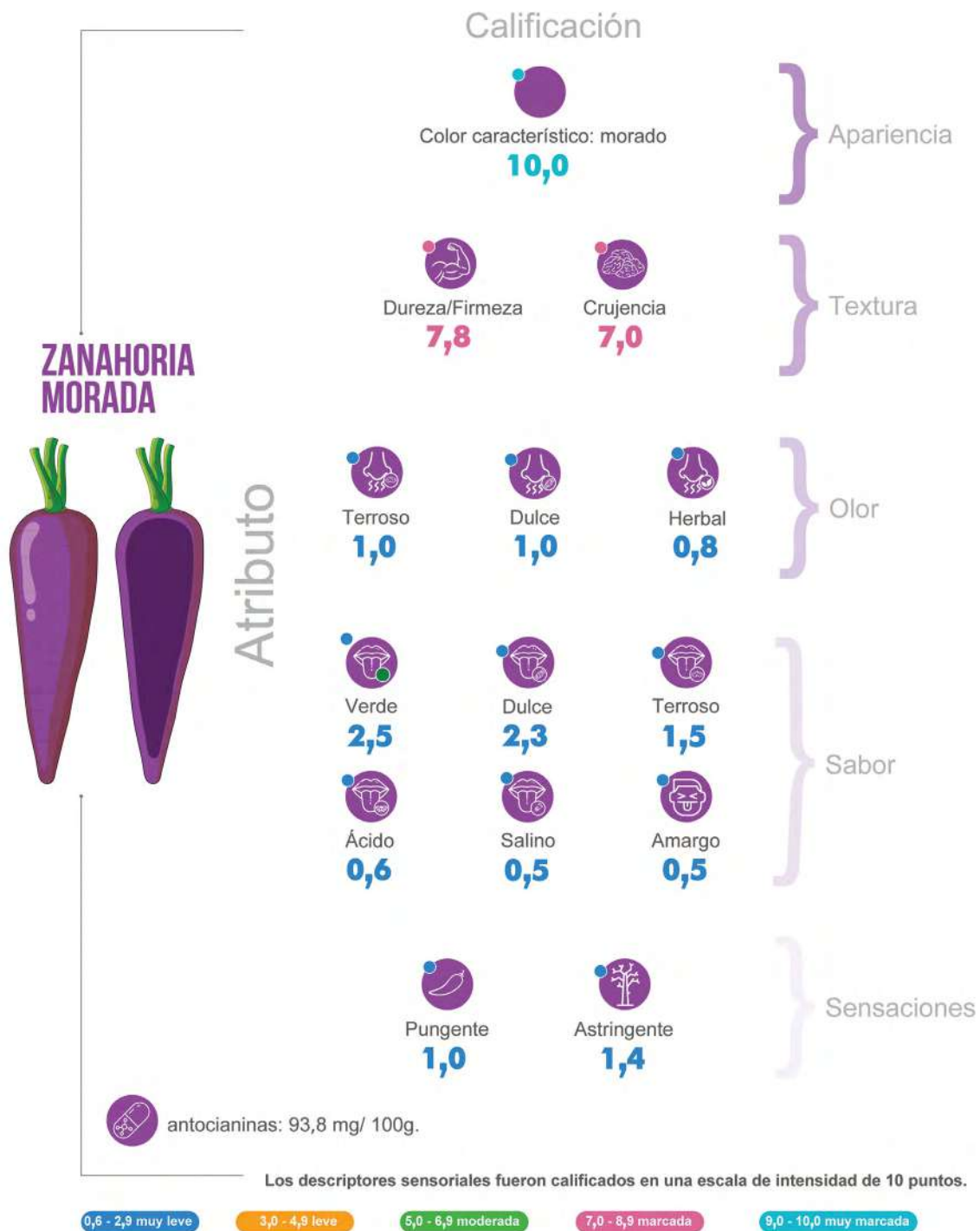


Figura 15.6. Principales atributos sensoriales de la zanahoria según su variedad: morada.

Fuente: Elaboración propia

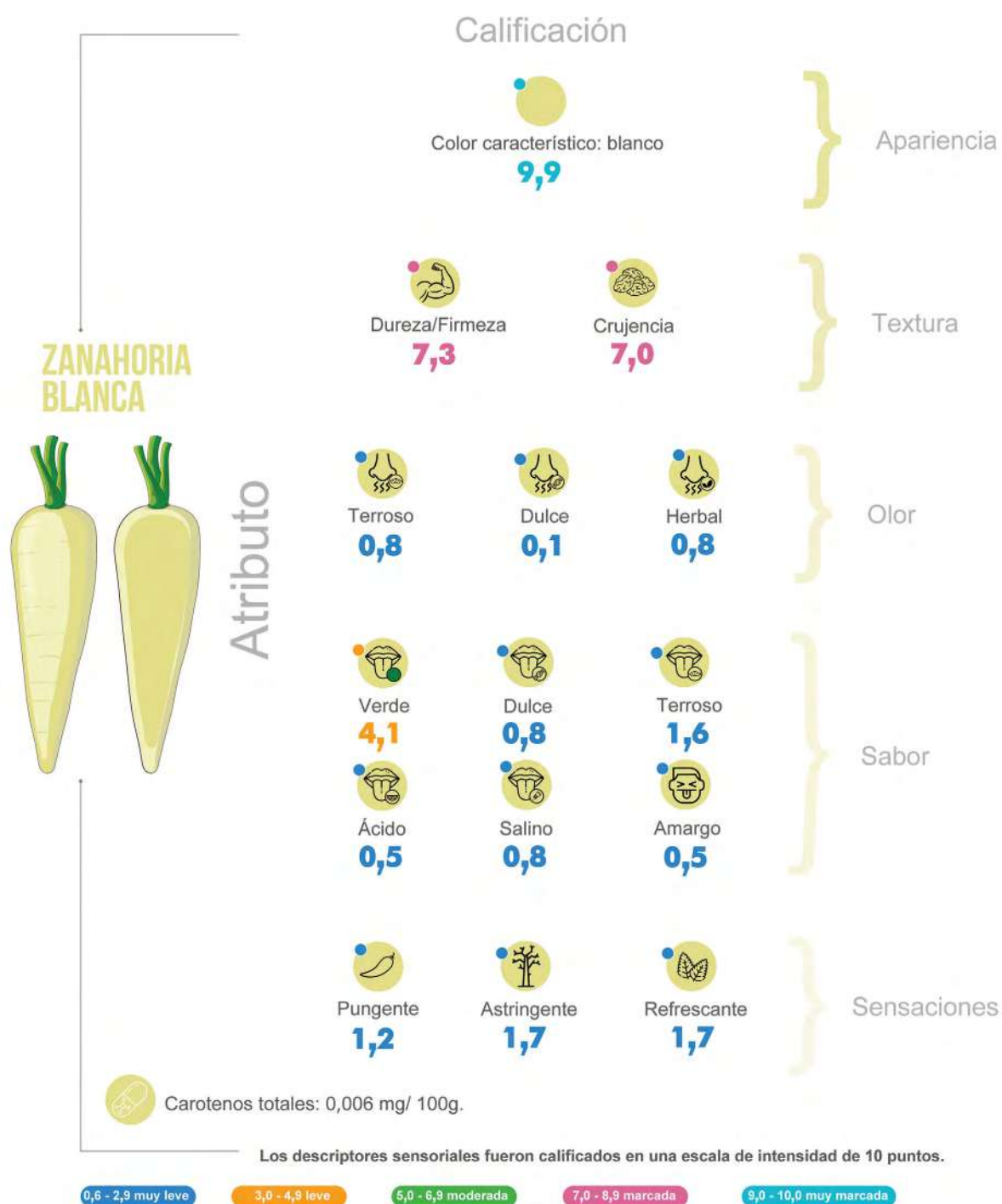


Figura 15.7. Principales atributos sensoriales de la zanahoria según su variedad: blanca.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 15.2 presenta información recopilada de carotenoides en zanahorias de diversos colores.

Tabla 15.2. Concentración de carotenos en zanahorias de diversos colores

Concentración de carotenoides (µg/g)						
Color de zanahoria	Carotenoides totales	α-carotenos	β-carotenos	Licopeno	Luteína	Referencias
Blanca	0,14	ND	0,06	ND	0,09	Surles et al. (2004)
	17,6	0,5	2,8	0,35	14,2	Sun et al. (2009)
Amarilla	7,1	0,5	1,8	ND	5,1	Surles et al. (2004)
	52,0	1,86	30,1	0,32	19,8	Sun et al. (2009)
Naranja	152 816,3 60,0-125,2	22 228,3 12,8 - 31,3	128 579,3 32.1 - 66.5	ND 5,09 NM	2,6 3,61 0,61 - 1,8	Surles et al. (2004) Sun et al. (2009) Nicolle et al. (2004)
Naranja oscura	283 1.334,7 265,8	31 381,9 75,8	185 939,7 172,1	17 7,76 NM	4,4 5,53 1,0	Surles et al. (2004) Sun et al. (2009) Nicolle et al. (2004)
Morada	175	41	123	ND	11	Surles et al. (2004)
Roja	610,1	1,7	187,2	419,4	1,68	Sun et al. (2009)

Nota: NM y ND representan datos no mencionados y no determinados, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia con base en Nguyen & Nguyen (2015)

Usos de la zanahoria

La zanahoria ha sido objeto de estudio como un ingrediente prometedor para la fabricación de productos alimenticios con alto valor nutricional y energético. Por ejemplo, se ha empleado la zanahoria para la extracción de colorantes naturales, vitaminas, saborizantes, y como materia prima para productos de repostería, confitería, bebidas vegetales, agente de relleno en formulaciones, condimento, entre otros.

Además, ante el aumento en la cantidad de mascotas en los hogares, asociado en parte a la disminución en la cantidad de hijos en familias conformadas por parejas jóvenes, estudios recientes han demostrado que existe una relación inversamente proporcional entre la cantidad de hijos y mascotas con respecto a los hogares conformados por personas con nivel socioeconómico alto. Es decir, se demostró que, entre mayor es el nivel socioeconómico de las familias evaluadas en el estudio, menor es el número de hijos; no obstante, mayor es la probabilidad de que estos cuenten con por lo menos una mascota (Guo et al., 2021). Por lo anterior, existe una preocupación cada vez más tangible por la calidad nutricional de los productos alimenticios para mascotas, y es allí donde la zanahoria juega un papel importante como potencial ingrediente funcional que aporta vitaminas, minerales, antioxidantes y demás compuestos de interés para la nutrición animal. Resaltan los beneficios nutricionales de la zanahoria en alimentación animal como ingrediente en concentrados, *snacks* tipo galletas, comidas húmedas o como premios de entrenamiento, ya que se ha evidenciado una aceptación y gusto por parte de algunas mascotas, en particular los caninos, que se caracterizan por llevar una alimentación omnívora (National Research Council, 2006).

Asimismo, el mercado de consumidores conscientes biofuncionalmente ha incrementado en los últimos años, por lo que es más común evidenciar que las personas prefieren alimentos que les beneficien nutricional y energéticamente, en lugar de alimentos que simplemente aporten saciedad. Además de los requisitos nutricionales, gran parte de la población ahora es más consiente de los alimentos que consume, por lo que es usual que algunas personas prefieran consumir alimentos sin adición de productos químicos como colorantes, conservantes, saborizantes y, en su lugar, recurrir a alimentos que cuenten con una promesa de valor relacionada con los productos o ingredientes naturales.

Productos comerciales a nivel mundial con zanahoria

En la actualidad se encuentran en el mercado un considerable número de alimentos que aprovechan las propiedades de la zanahoria para elaborar productos de consumo humano y animal. En consecuencia, por medio de un proceso de vigilancia tecnológica, realizado con la plataforma Mintel con una ventana de búsqueda entre el 2019 y 2023, se investigaron los principales usos y aplicaciones en mercados de Latinoamérica, Europa y Norteamérica.



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia

En Latinoamérica se encuentran alrededor de 4.033 productos que contienen zanahoria, en el mercado norteamericano se reportan 4.554, mientras que en Europa esta cifra asciende a 32.200 productos.

En la figura 15.8 se exponen las principales categorías en las que se emplea la zanahoria para

alimentos de consumo humano y animal. La tendencia de crecimiento comienza desde el año 2019 hasta el 2023, y se evidencia que el uso principal de la zanahoria en el mercado latinoamericano es para la elaboración de salsas y aderezos, seguido de productos para alimentación animal, la cual ha presentado un crecimiento acentuado para el año 2023.

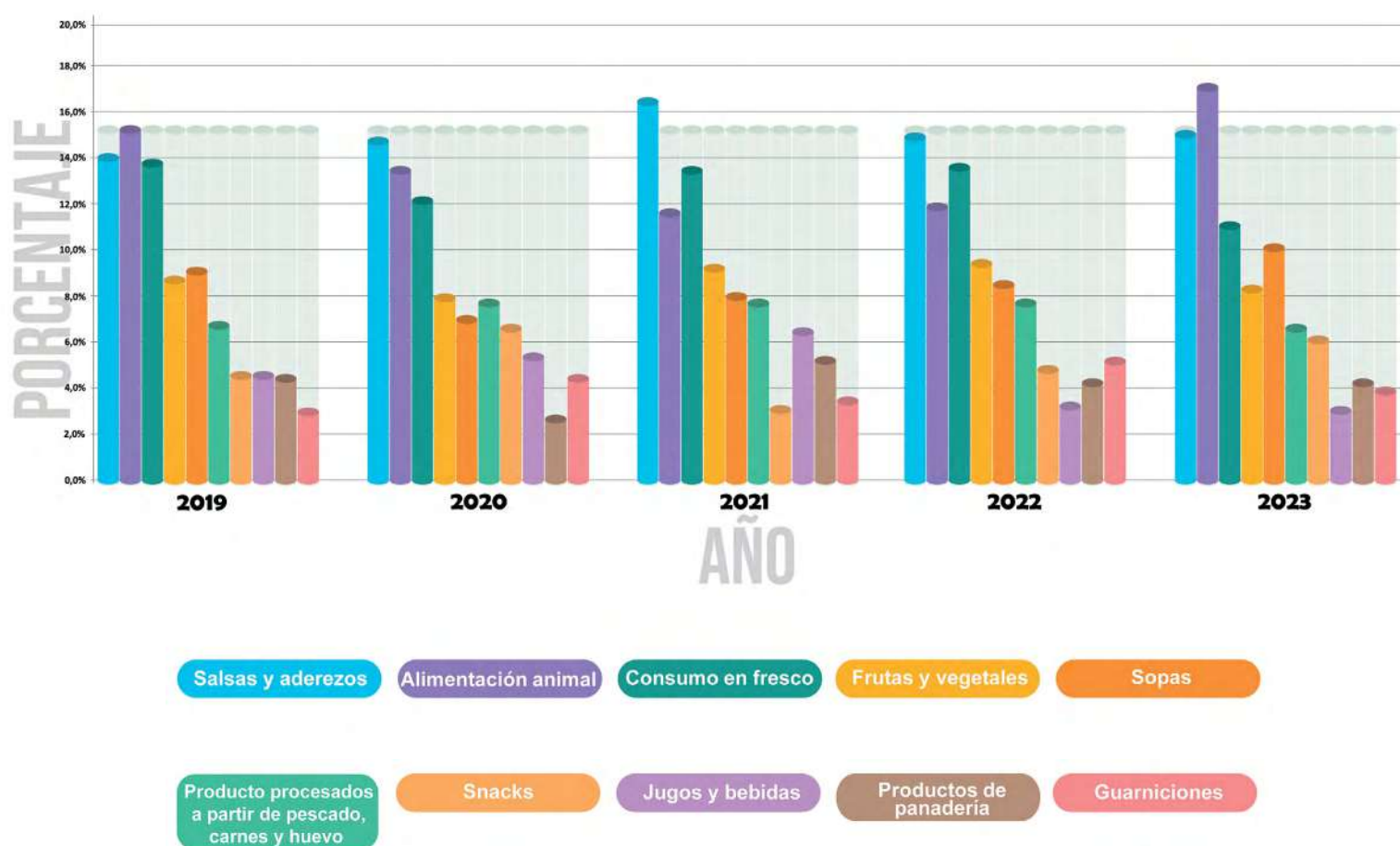
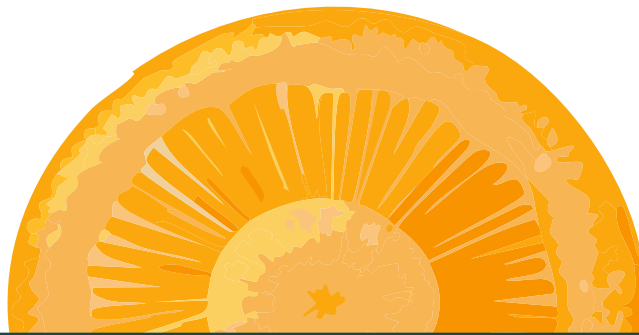


Figura 15.8. Categorías predominantes de productos con zanahoria en Latinoamérica.

Fuente: Agencia de Inteligencia de Mercado - Mintel GNPD para el año 2023

Para los productos evaluados, las principales declaraciones que se atribuyen son las siguientes:

- » Alimentos funcionales para mascotas: mejora del tránsito intestinal
- » Prebióticos
- » Alto contenido de fibra/con fibra adicionada
- » Reducido en grasas trans/sin grasas trans
- » Reducido en alérgenos/sin alérgenos
- » Libre de gluten
- » Alimentos basados en plantas
- » Orgánicos
- » Sin aditivos/ sin preservativos
- » Libre de colorantes artificiales



Procesamiento de la zanahoria

La elección de la variedad de zanahoria para la elaboración de productos alimenticios, ya sea para consumo humano o animal, está condicionada por las propiedades y características deseadas del producto final. Por consiguiente, resulta fundamental considerar los diversos beneficios de cada una de las variedades de zanahoria.

Antes de comenzar con el tratamiento de cualquier producto que tiene como fin último ser consumido por humanos o animales, se debe dar cumplimiento a ciertos requisitos de salubridad, con el objetivo de reducir el riesgo para

la salud de los consumidores asociado a posibles infecciones o enfermedades que pueden alterar el correcto y adecuado funcionamiento del organismo (humano o animal).

De esta manera, en cada una de las etapas de procesamiento de alimentos se deben tener en cuenta las buenas prácticas de manufactura (BPM), definidas por la Resolución 2674 de 2013 como:

Todos aquellos principios básicos y prácticos de higiene en la manipulación, elaboración, enva-



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia

sado, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos para consumo humano, con el objeto de garantizar que los productos en cada una de las operaciones mencionadas cumplan con las condiciones sanitarias adecuadas, de modo que se disminuyan los riesgos inherentes a la producción (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013a).

Las BPM se deben tener presente en la industria alimentaria, con el principal objetivo de asegurar la calidad e inocuidad de los productos que sean fabricados, envasados, transportados y almace-

nados, cuyo fin último es el consumo humano y/o animal. Cabe resaltar que la Resolución 2674 de 2013 define la inocuidad como la garantía o certeza de que los alimentos no producirán daño en la salud de los individuos que los consuman.

Con base en lo anterior, se presentan las etapas generales que deben ser consideradas para el tratamiento de zanahoria en la elaboración de alimentos. Adicionalmente, la figura 15.9 resume algunas de las etapas primarias que deben considerarse para la generalidad del procesamiento de zanahoria.

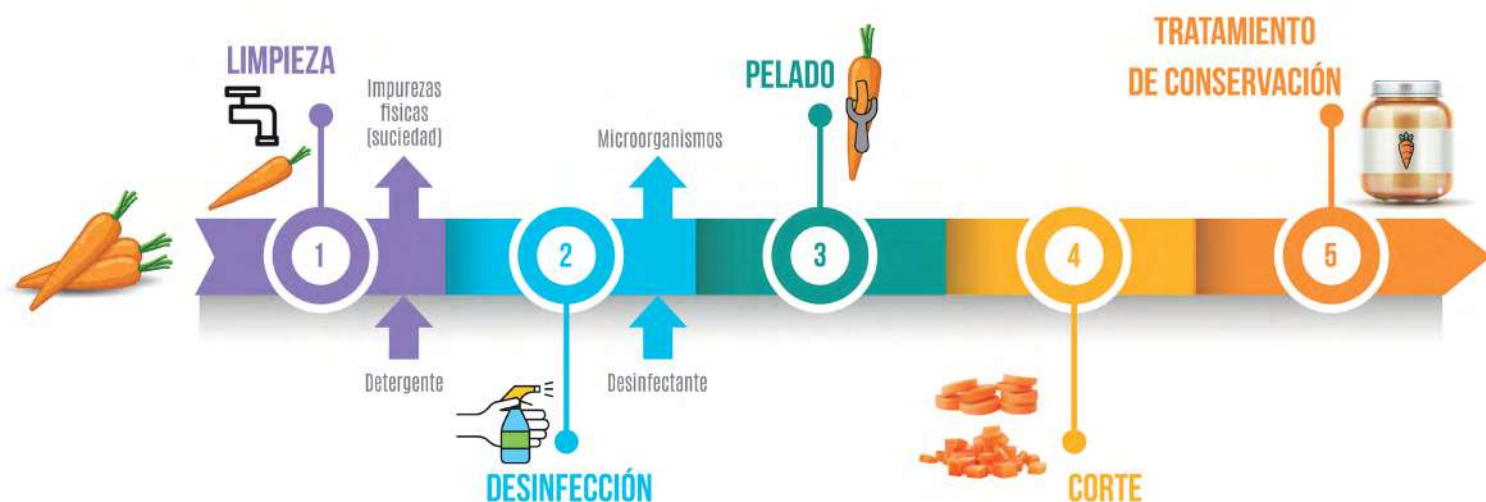


Figura 15.9. Etapas para el procesamiento de la zanahoria.

Fuente: Elaboración propia

Limpieza

Según la Resolución 2674 de 2013, el proceso de limpieza consiste en la eliminación de suciedad visible, es decir, residuos de alimentos u otros materiales extraños o indeseados. En el caso de las zanahorias, la etapa de limpieza consiste en la eliminación de polvo, tierra, raíces, ramas otros elementos que hayan sido transportados por error desde el campo de cosecha, como clavos, piedras, etc. Por lo tanto, el tratamiento de limpieza usualmente está acompañado por la adición de detergentes y agua, los cuales ayudan con la rápida, profunda y eficaz eliminación de artefactos que pueden alterar la inocuidad de los alimentos que se desean producir a partir del procesamiento del tubérculo.

Según estudios, la adición de detergentes y agua tibia puede favorecer la eliminación o inhibición del crecimiento microbiano en las zanahorias; sin embargo, se ha establecido que la implementación de una etapa adicional de desinfección logra una mayor reducción de la carga microbiana de los materiales y favorece el aumento del tiempo de vida útil de los productos, ya que retrasa reacciones bioquímicas que degradan las propiedades sensoriales y organolépticas de los alimentos (Nguyen & Nguyen, 2015).

presentar riesgos para la salud pública. Por ende, el objetivo es reducir el número de microorganismos indeseados, para garantizar una adecuada inocuidad y calidad del alimento elaborado.

Existen diversos agentes desinfectantes en la industria alimentaria, entre los cuales se resaltan los que emplean el cloro como principio activo. Según estudios, la adición de cloro diluido en agua tibia logra la disminución de bacterias aerobias mesófilas durante el proceso de almacenamiento del alimento elaborado a partir de zanahoria (Nguyen & Nguyen, 2015). También se puede emplear el vinagre alimenticio como agente desinfectante, ya que logra disminuir el pH del alimento y, por tanto, retrasa el crecimiento microbiano.

Por otra parte, actualmente ha ido en aumento el uso de desinfectantes que no requieren enjuague, los cuales actúan como desinfectantes naturales en los alimentos y no se corre el riesgo de contaminación química en el producto fabricado. Se trata de los desinfectantes orgánicos, cuya composición se basa en mezcla de ácidos orgánicos, con lo cual se logra la eliminación de múltiples bacterias y hongos (Gómez et al., 2012).

Desinfección

Como lo indica la Resolución 2674 de 2013, la desinfección o descontaminación es el proceso fisicoquímico o biológico de destrucción de células vegetativas de microorganismos que pueden

Pelado

Esta etapa puede ser opcional en el procesamiento de zanahoria y depende del producto final que se desee elaborar. Sin embargo, es usual realizar la eliminación de la epidermis y algunos tejidos



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia

subepidérmicos de algunas frutas y verduras, ya que estos son los que están más expuestos a ataques microbianos, químicos o físicos durante todo el procesamiento de cosecha.

Las zanahorias son uno de los vegetales a los que se le debe retirar la epidermis para conseguir productos con estándares adecuados de calidad e inocuidad, dado que, al ser una raíz, se encuentra expuesta a diversos microorganismos, insectos y animales subterráneos que pueden deteriorar su calidad.

Si bien el proceso de pelado representa un beneficio en términos de disminución del riesgo para la salubridad asociado a la contaminación, la eliminación del tejido externo de la zanahoria genera un aumento en la tasa de respiración del vegetal, lo que ocasiona una aceleración en las reacciones enzimáticas, oxidativas y el crecimiento microbiano, por lo que se debe tener especial precaución con el tratamiento de las zanahorias peladas.

La eliminación de la capa externa de la zanahoria se puede realizar por diversos métodos, entre los que se encuentra técnicas químicas y físicas. Para el caso de los mecanismos químicos, se reporta una disminución en el rendimiento y en la cantidad de pectinas; además, las zanahorias peladas con este tratamiento aumentan su tasa de respiración (Nguyen & Nguyen, 2015).

Por otro lado, en la técnica de pelado física se reporta que, con tratamientos manuales, el contenido fenólico y la capacidad antioxidante son menores en comparación con las

zanahorias peladas con tratamientos físicos mecánicos (como la abrasión). También se encontró que la estabilidad de los carotenoides aumenta con el tiempo en zanahorias peladas manualmente, debido en parte a que con esta técnica no se ejercen perturbaciones físicas o térmicas significativas sobre esta molécula (Nguyen & Nguyen, 2015).

Corte

El tamaño de los cortes de la zanahoria está condicionado por las propiedades y características deseadas para el producto final; sin embargo, es importante tener precaución con las buenas prácticas de manufactura, siempre evitando la contaminación, bien sea química, física o microbiológica.

Además de esto, se debe tener en cuenta que la aparición de reacciones oxidativas se ve favorecida por la exposición del vegetal al oxígeno ambiental, lo que significa que entre mayor sea el número de cortes realizados en la zanahoria, mayor será el área expuesta al oxígeno ambiental y, por tanto, mayor será la velocidad con la que se presenten reacciones oxidativas en el producto (Jacobo-Velázquez et al., 2013).

La adición de un agente antioxidante puede favorecer la inhibición de enzimas oxidativas y lograr así un aumento en el tiempo de vida útil del producto cortado. La adición de algunos ácidos como el ascórbico y el cítrico han demostrado una acción protectora contra la oxidación en diversos vegetales y frutos (Jacobo-Velázquez et al., 2013).

Tratamientos de conservación

Escaldado

Dado que la eliminación de la capa externa de las zanahorias las deja expuestas ante ataques microbianos y degradación por reacciones no deseadas, como por ejemplo reacciones enzimáticas u oxidativas, se hace necesario realizar procesos de protección y conservación de las propiedades y características del vegetal.

Una de las técnicas más comunes en frutas y vegetales para evitar su degradación es el escaldado, un tratamiento térmico donde se introduce el alimento, en este caso zanahoria, en agua caliente entre 70 y 90 °C durante un rango de tiempo comprendido entre 1 y 25 minutos. Se ha determinado que el escaldado de zanahoria durante 6 minutos a una temperatura de 80 °C ha maximizado la calidad del vegetal (Nguyen & Nguyen, 2015).

Con este tratamiento térmico se logra reducir hasta en un 90 % la acción de enzimas oxidativas como la peroxidasa, la cual genera deterioro en las propiedades nutricionales y sensoriales de diversas frutas y verduras; sin embargo, se debe tener cuidado con el tiempo y la tempe-

ratura de exposición de las zanahorias en esta etapa, ya que algunos componentes como los carotenoides son altamente sensibles ante aumentos de temperatura y se podría generar una disminución en la calidad nutricional del vegetal (Nguyen & Nguyen, 2015).

Tratamiento con vapor

Un tratamiento con vapor puede generar un retraso o hasta eliminación en la acción de enzimas encargadas de decolorar la superficie de las zanahorias. Según estudios, este tratamiento térmico ha logrado proteger el color, sabor y textura de las zanahorias frente la acción de enzimas como fenilalanina-amoniaco liasa y peroxidasas. Además, esta técnica ha logrado retrasar la degradación de las propiedades del vegetal conforme transcurre el tiempo. Nguyen y Nguyen (2015) concluyeron que solo el 2 % de las muestras tratadas con vapor presentaron descomposición, mientras que cerca del 23 % de las muestras no tratadas sufrieron descomposición y una degradación de las propiedades organolépticas del vegetal.





Nuevas tecnologías de conservación

La mayoría de los compuestos con alto valor nutricional encontrados en las diferentes variedades de la zanahoria, como vitaminas y fitonutrientes, son moléculas sensibles frente a perturbaciones externas como exposiciones a altas temperaturas, luz, oxígeno, tratamientos mecánicos bruscos, entre otros (Nguyen & Nguyen, 2015). Por ello, se han evaluado diferentes técnicas para el procesamiento de este vegetal con miras a conseguir la menor degradación posible de sus propiedades de interés, entre las cuales se encuentran los procesamientos a alta presión, el campo eléctrico pulsado, el plasma frío y los fluidos supercríticos. A continuación, se realiza una descripción general de cada una de ellas:

Fluidos supercríticos

Los fluidos supercríticos son sustancias que bajo la combinación de valores de presión y

temperatura específicos se pueden encontrar como una mezcla de líquido y vapor; es decir, en condiciones supercríticas, una sustancia puede comportarse como un gas (difundir) y como un líquido (disolver) (Knez et al., 2014). Gracias a sus propiedades, estas sustancias han sido ampliamente empleadas en la industria alimentaria, principalmente como técnicas de extracción de compuestos sensibles y de difícil extracción, como es el caso de los carotenoides.

Para conseguir una óptima extracción de carotenoides de la zanahoria al usar la técnica de fluidos supercríticos (CO_2), se requiere de un solvente; uno de los más utilizados es el aceite de canola, gracias a sus propiedades (Sun & Temelli, 2006). A continuación, en la tabla 15.3 se presentan las condiciones óptimas para realizar esta extracción, con base en estudios realizados previamente.



Tabla 15.3. Condiciones óptimas para la extracción de carotenos por CO₂ supercrítico

Parámetro	α-caroteno	β-caroteno	Luteína	Carotenos totales
Temperatura (°C)	70,0	70,0	70,0	70,0
Presión (MPa)	55,1	55,1	55,1	55,1
Concentración de aceite de canola (%)	5,0	5,0	3,8	5,0
Valor óptimo (μg/g alimento)	872,6	905,0	139,1	1.904,3

Fuente: Sun y Temelli (2006)

Alta presión

Esta técnica consiste en el aumento de la presión sobre el alimento, sin elevar la temperatura o con elevaciones mínimas, lo que permite conservar en gran medida sus propiedades nutricionales. Si bien algunas de las propiedades sensoriales como textura y firmeza se ven afectadas por esta técnica, la composición química de la muestra se mantiene prácticamente intacta, por lo que el producto final puede presentar un alto valor nutricional para sus consumidores (Nguyen & Nguyen, 2015).

más de 10 μs en los alimentos, con el objetivo de eliminar la presencia de actividad microbiana en los productos. Además, se ha estudiado esta técnica como mecanismo para la inhibición de enzimas oxidativas como la peroxidasa, considerada la principal protagonista en la degradación sensorial de alimentos en términos de color, sabor y pérdida de nutrientes (Nguyen & Nguyen, 2015).

Campo eléctrico pulsado

La utilización de campo eléctrico pulsado en alimentos consiste en la aplicación de pulsos de alto voltaje, entre 20 y 80 kV/cm durante no

Dado que en esta técnica no se evidencian aumentos de temperatura, se ha determinado que las propiedades de la zanahoria no se ven afectadas cuando son sometidas a campos eléctricos pulsados. En consecuencia, este método parece ser una buena opción para la protección de la calidad e inocuidad de los alimentos producidos a partir de zanahoria (Nguyen & Nguyen, 2015).



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia

Plasma frío

La aplicación de plasmas fríos a presión ambiental en aire u otros gases en alimentos ha sido objeto de estudio como técnica de conservación y eliminación de presencia microbiana, que actúa en la degradación de las propiedades sensoriales y nutricionales de los alimentos. Esta inhibición se presenta debido a los radicales reactivos y demás especies activas contenidas en el plasma frío, las cuales logran inactivar diversos microorganismos como bacterias, esporas, hongos y biopelículas (Wang et al., 2012).

Productos transformados a partir de la zanahoria

La zanahoria es ampliamente utilizada en múltiples formulaciones de productos, desde jugos hasta enlatados, harinas, dulces, productos de repostería, entre otros. A continuación, se mencionan los beneficios y las generalidades de los tratamientos para la fabricación de algunos de los productos elaborados a partir de zanahoria.

Productos enlatados

Debido al estilo de vida acelerado de la vida humana, hoy en día es cada vez más usual encontrar productos alimenticios listos para el consumo, pues ello facilita y acorta el tiempo de elaboración de algunas de las comidas principales (desayuno, almuerzo o cena) o de algún *snack*.

La zanahoria enlatada se ha convertido en un insumo altamente consumido gracias a su contenido nutricional y su facilidad de utilización. A continuación, se mencionan las etapas que deben ser realizadas para la producción de este alimento enlatado.

- » El proceso inicia con la recepción de materia prima, inspección, limpieza, desinfección y pelado, tal y como se mencionó previamente.
- » Una vez se cuenta con las zanahorias limpias y sin cáscara, se debe realizar un corte en cubos de pequeño tamaño.
- » Los cubos de zanahoria deben atravesar por procesos de conservación para asegurar la inocuidad y calidad del producto final, razón por la que es necesario realizar una etapa de escaldado a una temperatura cercana a los 70 °C durante aproximadamente 5 minutos.
- » La etapa final consiste en el enlatado, un proceso donde se empacan los cubos de zanahoria térmicamente tratados en un recipiente metálico que se sella herméticamente.

Es importante resaltar que, debido al tratamiento térmico utilizado en este tipo de productos, es posible generar una disminución en la cantidad de carotenoides, gracias a la desnaturalización de estas moléculas por el aumento de la temperatura (Sharma et al., 2012). La figura 15.10 representa los pasos para la obtención de este producto.

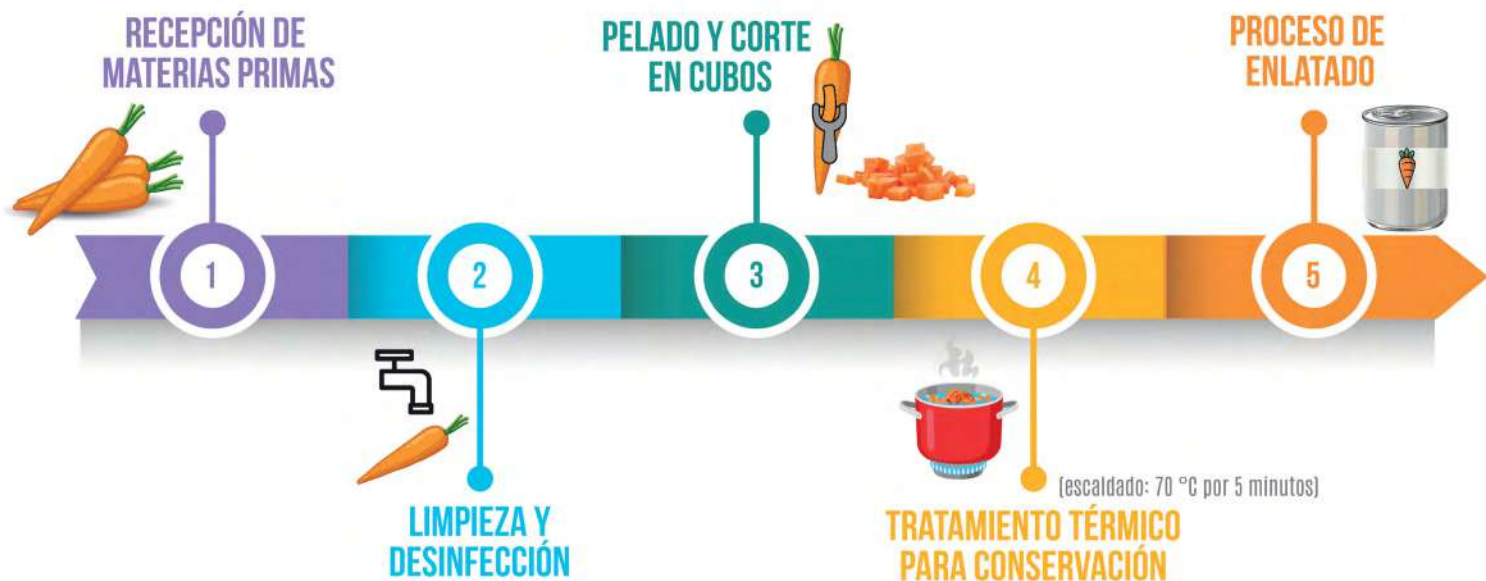


Figura 15.10. Proceso de obtención de zanahoria enlatada.

Fuente: Elaboración propia

Productos deshidratados

El procesamiento de deshidratación consiste en la exposición de las zanahorias a temperaturas alrededor de 40 °C durante aproximadamente 10 horas hasta conseguir productos con la menor cantidad de humedad posible.

La deshidratación se puede realizar por múltiples mecanismos, sin embargo, se ha estudiado que la liofilización es una de las técnicas que representa mayores beneficios nutricionales en el producto final, dado que con este tratamiento se consigue

la conservación de moléculas de gran interés como los carotenoides. La liofilización consiste en una congelación del producto y, mediante modificaciones en la presión de operación, se sublima el agua contenida en la matriz congelada.

Una vez se consiguen las zanahorias deshidratadas, se pueden elaborar *snacks* crocantes o también harinas que pueden ser utilizadas en otro tipo de formulaciones como productos de repostería o concentrados de zanahoria (Sharma et al., 2012).



**CAROTA
360°**

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia

De manera similar a los productos enlatados, en los alimentos deshidratados se presenta un decremento en la cantidad de carotenos, debido a los tratamientos térmicos inheren-

tes al procesamiento. La tabla 15.4 presenta la disminución de carotenoides en zanahorias en diferentes etapas de elaboración de productos deshidratados.

Tabla 15.4. Contenido de carotenos en zanahorias deshidratadas

Producto	β -caroteno (mg/100 g)	Pérdida de β -caroteno (%)
Zanahorias frescas	39,6 $\pm$ 0,81	No aplica
Rodajas de zanahoria deshidratadas	24,7 $\pm$ 0,73	37,0
Zanahoria deshidratada en tiras	22,5 $\pm$ 0,68	43,0
Polvo de zanahoria	23,9 $\pm$ 0,24	40,0

Fuente: Sharma et al. (2012)

Los tratamientos térmicos que utilizan altas temperaturas durante poco tiempo han presentado beneficios para la protección molecular de los carotenoides. La degradación térmica de los carotenoides se ha evidenciado en mayor medida en tratamientos de enlatado con 121 °C durante 30 minutos, seguido de calentamientos a temperaturas de 121 °C durante 30 segundos y, finalmente, el tratamiento con menor degradación de carotenos se evidenció con temperaturas de 105 °C durante 25 segundos (Sharma et al., 2012).

Adicionalmente, se han evaluado diferentes métodos de secado con el objetivo de preservar en mayor medida la calidad nutricional de la zanahoria; algunos de estos tratamientos consisten en secado con aire caliente, secado al vacío y secado combinado (aire caliente y vacío) (Sharma et al., 2012). La figura 15.11 resume los pasos que se deben tener en cuenta para la obtención de este producto.

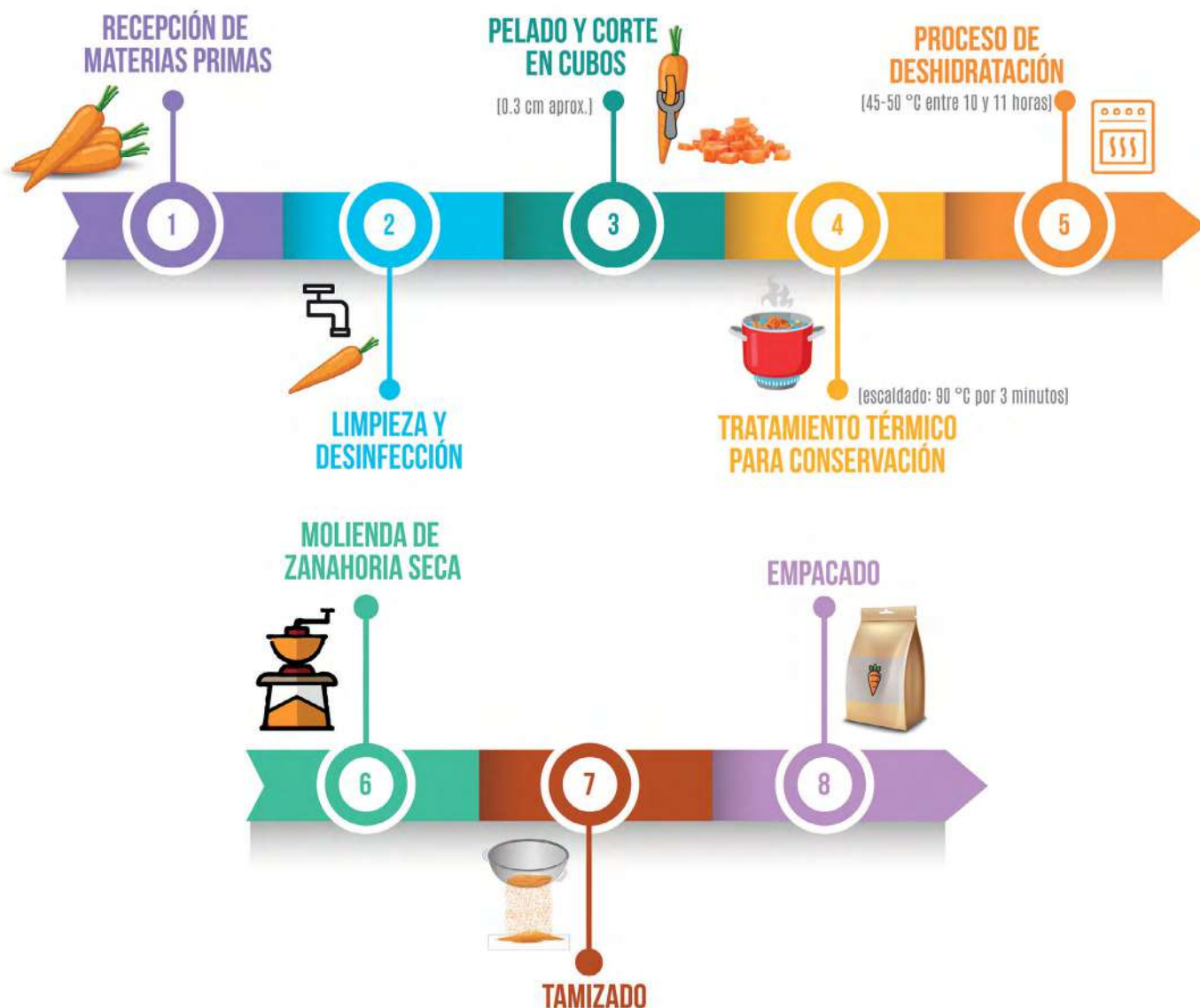


Figura 15.11. Proceso de obtención de harina de zanahoria.

Fuente: Elaboración propia

Bebidas

Las bebidas producidas a partir de zanahoria son uno de los productos más consumidos a nivel mundial. En Alemania, por ejemplo, los zumos de zanahoria se encuentran entre las bebidas no alcohólicas de mayor consumo.

Además, este zumo suele ser combinado con frutas y verduras como naranja, banano, remolacha, entre otras, y también se ha mezclado con bebidas lácteas y yogur (Sharma et al., 2012).



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

El proceso que se debe realizar para la obtención de bebidas a partir de zanahoria se presenta a continuación:

- » **Recepción de materias primas:** en esta etapa se debe verificar la calidad de cada uno de los insumos.
- » **Limpieza y desinfección:** durante este proceso se realiza la eliminación de contaminantes físicos y químicos, así como la disminución de la carga microbiana mediante la acción de detergentes y desinfectantes.
- » **Pelado y corte:** la zanahoria debe ser procesada como se mencionó anteriormente, teniendo en cuenta la eliminación de zonas defectuosas de la cáscara de la zanahoria.
- » **Mezclado:** se deben combinar los ingredientes componentes del jugo de zanahoria, que usualmente son agua, endulzante, espesantes, conservantes y la zanahoria previamente tratada. Durante esta etapa se recomienda un proceso de licuado en el que se disminuye el tamaño de la zanahoria y se facilita la exposición de sus nutrientes internos.
- » **Envasado:** se recomienda envasar en caliente para disminuir la carga microbiana que se pueda encontrar en la bebida. Esta técnica consiste en transportar la bebida a través de una tubería, en cuya parte final se encuentra una resistencia que calienta el fluido durante pocos segundos, justo antes de que la bebida ingrese en el recipiente.

La figura 15.12 muestra cada una de las etapas para la elaboración de yogur con zanahoria.

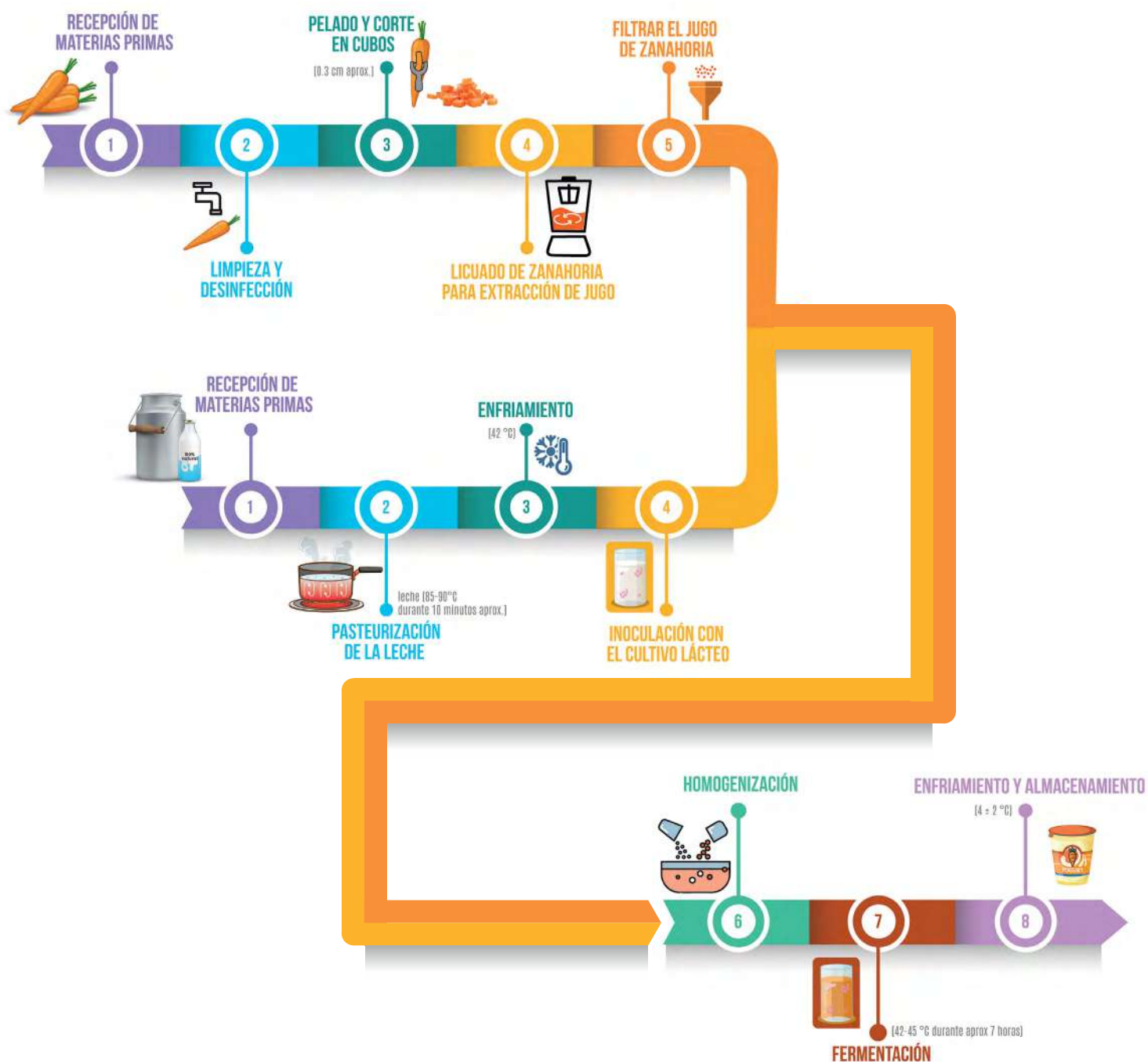


Figura 15.12. Proceso de obtención de yogur de zanahoria.

Fuente: Elaboración propia



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia

Dulces

Los productos dulces suelen ser aceptados y consumidos por gran parte de la comunidad mundial, aunque se ha evidenciado que hoy en día hay mayor conciencia sobre los productos que se consumen, por lo que se han utilizado endulzantes artificiales no calóricos como Stevia, polioles o fibras.

Uno de los dulces que se pueden elaborar utilizando la zanahoria consiste en rebanadas de la hortaliza recubiertas de una mezcla dulce, lo que genera un producto rígido a temperaturas entre 1 y 3 °C. La solución de cubierta puede estar constituida por azúcar, glicol, agua, agentes acidulantes y conservantes (Sharma et al., 2012). La figura 15.13 expone cada una de las etapas para la elaboración de dulces de zanahoria.

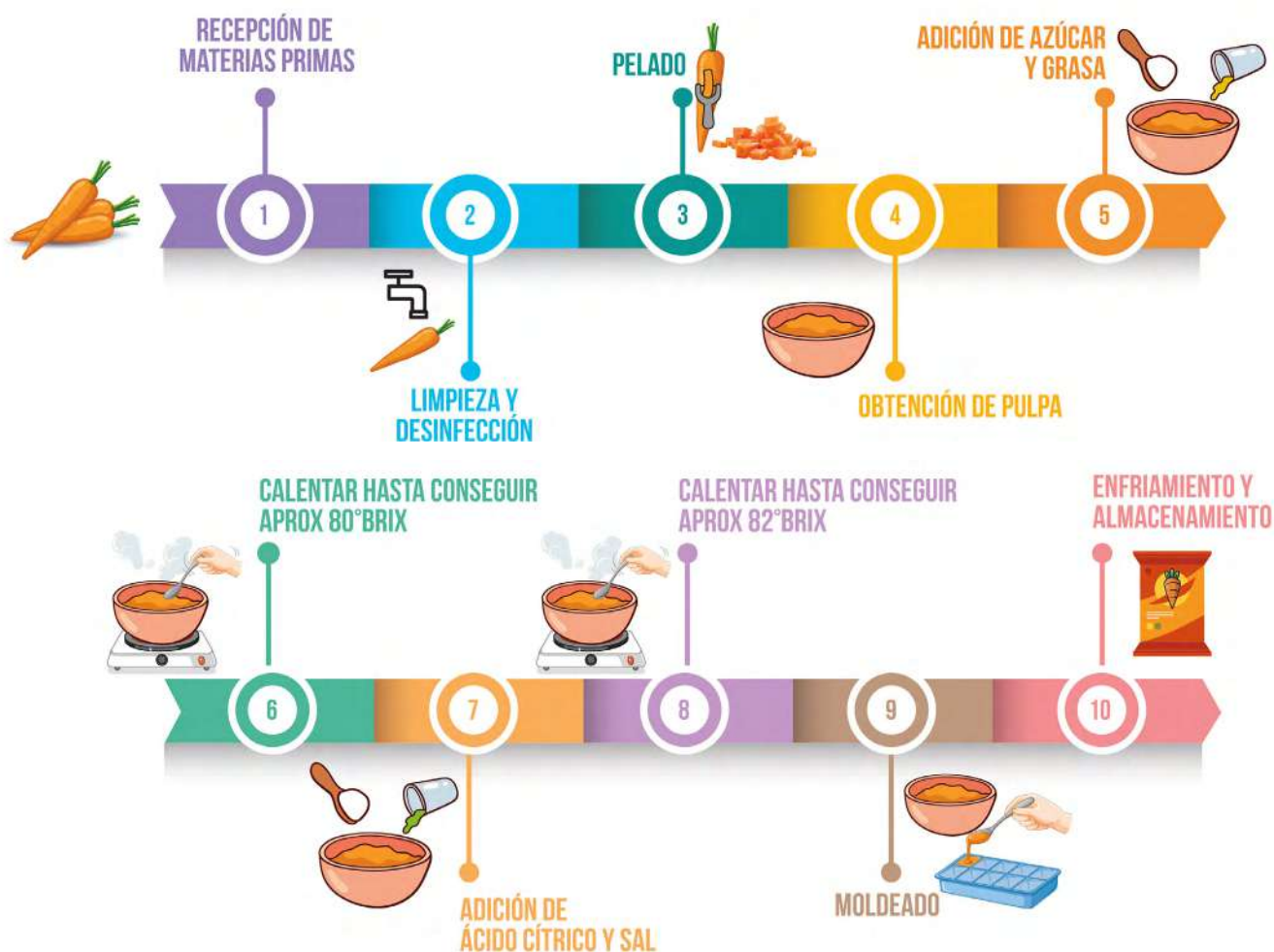
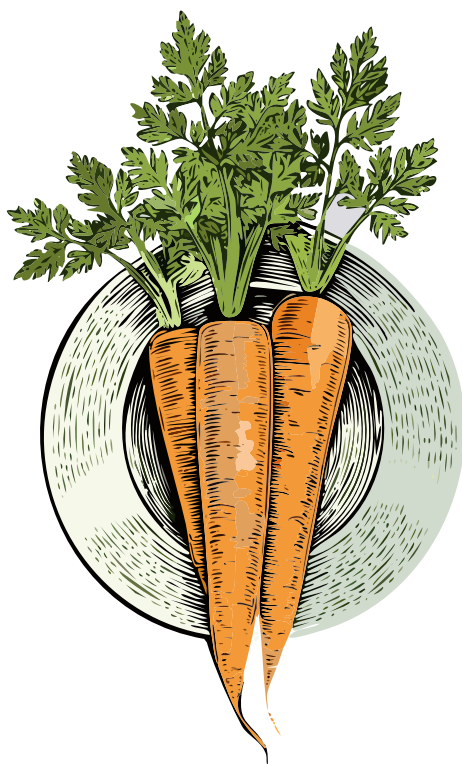


Figura 15.13. Proceso de obtención de dulces de zanahoria.

Fuente: Elaboración propia



Repostería

La zanahoria ha sido ampliamente utilizada en la elaboración de productos de repostería como tortas, muffins y galletas, particularmente en la obtención de harinas y decoración de estos productos. Las tortas de zanahoria son comunes en el norte de India, donde se preparan con zanahoria rallada, azúcar, aceite y leche en polvo, se mezclan estos ingredientes y se hornea a temperaturas cercanas a 150 °C durante alrededor de 30 o 40 minutos, dependiendo del horno que se utilice para su fabricación (Sharma et al., 2012).

Subproductos

Los rendimientos que se consiguen con el procesamiento de jugo de zanahoria usualmente son bajos, ya que gran parte de la materia prima se convierte

en pulpa o bagazo (entre 30 y 50 %), lo cual no es lo deseado para ese tipo de bebidas. Sin embargo, gracias a su alto valor nutricional en términos de carotenoides (entre 17 y 35 % de los carotenos de la zanahoria fresca), fibra dietaria y azúcares, el bagazo se está empleando en diversas formulaciones alimenticias como en pasteles, aderezos, galletas con alto contenido de fibra, pan fortificado, bagazo en polvo, entre otros (Sharma et al., 2012).

Productos para alimentación animal

Los *snacks*, alimentos húmedos y concentrados son algunos de los productos de nutrición animal más elaborados con zanahoria. Estos procesamiento usualmente conllevan etapas de molienda, mezclado y empaçado, y dependiendo de la vida útil que se espere para el alimento, se pueden utilizar técnicas de conservación como esterilización, pasteurización y emplear empaques con buena barrera como enlatados.



**CAROTA
360°**

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia

Normativa

Los productos alimenticios de consumo humano en Colombia están regidos por diversas normativas, entre las que destacan:

- » Resolución 2674 de 2013: expone todos los requisitos locativos, de equipos, utensilios, personal manipulador, entre otros, a los que se debe dar cumplimiento cuando se fabrica, procesa, prepara, envasa, almacena, transporta, distribuye o comercializa alimentos o materias primas destinados para el consumo humano (Minsalud, 2013a).
- » Resolución 5109 de 2005: establece los requisitos que deben cumplir los rótulos y etiquetas de los envases o empaques de alimentos destinados para consumo humano. Entre estos requerimientos se encuentra la presentación clara del nombre del producto alimenticio, la fecha de vencimiento, el lote del producto, la información nutricional, los datos del fabricante, entre otros (Ministerio de la Protección Social, 2005).
- » Resolución 810 de 2021 y sus modificaciones (254 de 2023): presenta los requerimientos nutricionales a los que se debe dar cumplimiento cuando se producen, procesan o comercializan productos para la alimentación humana. De manera general, en estas resoluciones se explica cómo debe realizarse la declaración nutricional de los alimentos (tabla nutricional, sellos de advertencia frontal, entre otros) (Minsalud, 2021, 2023).
- » Resolución 1407 de 2022: especifica los criterios microbiológicos que deben cumplir

los alimentos y bebidas para consumo humano, los análisis que se deben realizar a cada una de las matrices, así como cada uno de los límites aceptables (Minsalud, 2022).

- » Resolución 719 de 2015: clasifica los alimentos para consumo humano según el riesgo que representan para la salubridad pública. La normativa dictamina que aquellos alimentos con un riesgo alto para la salud deben contar con un registro sanitario, los productos con un riesgo medio para la comunidad deben contar con un permiso sanitario, mientras que aquellos con un riesgo bajo para la salubridad humana deben disponer de una notificación sanitaria (Minsalud, 2015).
- » Resoluciones y normas técnicas específicas: de manera general, en Colombia se cuenta con múltiples resoluciones, decretos y normas técnicas que establecen requerimientos para productos específicos. Por ejemplo, la Resolución 3929 de 2013 establece el reglamento técnico que deben cumplir las frutas y bebidas, zumos, jugos, concentrados o pulpas de frutas (Minsalud, 2013b).

Finalmente, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) establece las normativas que se deben considerar en el momento de la producción, fabricación, envasado o comercialización de productos alimenticios para animales. De manera general, la Resolución 61252 de 2020 establece los requisitos y el procedimiento para la fabricación y envasado de productos alimenticios para animales. Además, se encuentran las acciones para asegurar la calidad e inocuidad de los productos para animales (ICA, 2020).

Para no olvidar...

- » Las variedades de zanahorias moradas, naranjas oscuras y rojas son más ricas en carotenoides, antocianinas y compuestos fenólicos, lo que las convierte en insumos ideales para alimentos biofuncionales y diferenciados.
- » En alimentación animal, los usos principales de la zanahoria se encuentran en los snacks como galletas y alimentos húmedos como los barf, que se refiere a las dietas a base de alimentos crudos, con carne cruda y que incluyen una porción de verduras, frutas, frutos secos, plantas, aceites, huevos y lácteos. Este tipo de alimentación es considerada más natural y saludable.
- » El bagazo de zanahoria puede representar hasta 50 % de la materia prima, que puede ser reutilizado en panificación, aderezos y alimentos para animales, debido a su alto contenido de fibra, carotenoides y azúcares.
- » Integrar procesos de transformación en la cadena productiva de zanahoria permite reducir pérdidas, diversificar ingresos, fortalecer mercados locales y generar empleo rural no agrícola.

Foto: Juan Camilo Henao-Rojas



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia

Conclusiones y perspectivas de los autores

- » Procesos físicos como el escaldado y el tratamiento con vapor mejoran la conservación del producto, reducen carga microbiana y mantienen estabilidad de compuestos funcionales, si se optimizan adecuadamente. Por ejemplo, escaldar a 80 °C por 6 minutos reduce hasta en 90 % la actividad enzimática perjudicial, aunque tiempos y temperaturas excesivas deterioran los carotenoides.
- » Las nuevas tecnologías de conservación como plasma frío, alta presión y fluidos supercríticos permiten preservar mejor los nutrientes de la zanahoria frente a métodos tradicionales. Estas tecnologías no térmicas son eficaces para mantener antioxidantes, textura, color y propiedades sensoriales, aunque su adopción en Colombia aún es incipiente.
- » El procesamiento de zanahoria permite la obtención de múltiples productos (jugos, enlatados, deshidratados, dulces, yogures, etc.) con distintos niveles de complejidad técnica y valor agregado. Las investigaciones revelan que la diversificación de productos reduce las pérdidas poscosecha, mejora el aprovechamiento de residuos y responde a distintas demandas del mercado.
- » En Colombia, la transformación de la zanahoria en finca o a pequeña escala es limitada debido a la falta de infraestructura, conocimientos técnicos y acceso a tecnologías apropiadas. La mayoría de los productores se limita al mercado de fresco, sin aprovechar las posibilidades de valor agregado que mejoren la rentabilidad y reduzcan pérdidas.
- » Las variedades de zanahoria disponibles en Colombia poseen perfiles sensoriales y funcionales diferenciados, lo cual permite diseñar productos de nicho según color, dulzura, textura o propósito funcional. La selección de la variedad adecuada permite desarrollar productos específicos como jugos antioxidantes, harinas fortificadas, *snacks* para mascotas o repostería saludable.
- » La zanahoria representa una oportunidad estratégica para desarrollar cadenas agroindustriales sostenibles y bioeconómicas en zonas rurales. Su transformación puede reducir desperdicios, generar empleo no agrícola, diversificar ingresos y estimular la innovación rural en emprendimientos campesinos, familiares o asociativos.
- » Formar profesionales y extensionistas con competencias en transformación agroalimentaria es clave para cerrar la brecha entre el potencial productivo y el valor de mercado. Se requiere capacitación en BPM, procesamiento, formulación, normatividad y diseño de productos, para dinamizar la innovación desde el territorio

Referencias

- Departamento de Agricultura de Estados Unidos [USDA]. (2014). *National Nutrient Database for Standard Reference*. National Agricultural Library (NAL). <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>
- Dhingra, D., Miguel, M., Rajput, H., & Patil, R. (2012). Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 255-266. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0365-5>
- Gómez, L. M., Jaimes, S., & Montes, J. (2012). Evaluación de un producto a base de ácidos orgánicos frente a *E. coli* y *Salmonella* spp., en la desinfección de lechuga fresca. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2). <https://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/rldi/article/view/339>
- Gopalan, C., Rama, B. V., & Balasubramanian, S. C. (1991). *Nutritive value of indian foods* (3.^a ed.). National Institute of Nutrition; Indian Council of Medical Research (ICMR). <https://dn720406.ca.archive.org/0/items/sochara.nutritivevalueof0000gopa/sochara.nutritivevalueof0000gopa.pdf>
- Guo, Z., Ren, X., Zhao, J., Jiao, L., & Xu, Y. (2021). Can pets replace children? The interaction effect of pet attachment and subjective socioeconomic status on fertility intention. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8610. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168610>
- Handl, S. (2014). The “BARF” trend—advantages, drawbacks and risks. *Veterinary Focus*, 24(3), 16-23. https://euvetshop.com/literature/The_BARF_Trend_Advantages_Drawbacks_and_Risks.pdf
- Holland, B., Unwin, I. D., & Buss, D. H. (1991). *Vegetables, herbs and spices: fifth supplement to McCance and Widdowson's*. Royal Society of Chemistry.
- Howard, F. D., Yamaguchi, M., & MacGillivray, J. H. (1962). *Nutrient composition of fresh California grown vegetables*. University of California.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2020). *Resolución 61252. “Por medio de la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el registro de los fabricantes e importadores de alimentos para animales, así como los requisitos y el procedimiento para el registro de alimentos para animales y se dictan otras disposiciones”*. <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/2020/2020r61252>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar [ICBF]. (2018). *Tabla de composición de alimentos colombianos (TCAC)*. https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf
- Jacobo-Velázquez, D., Castellanos-Dohnal, G., Caballero-Mata, P., & Hernández-Brenes, C. (2013). Cambios bioquímicos durante el almacenamiento de puré de aguacate adicionado con antioxidantes naturales y procesado con alta presión hidrostática. *CyTA - Journal of Food*, 11(4), 379-391. <https://doi.org/10.1080/19476337.2013.775185>
- Kaur, G., Jaiswal, S., Brar, K. S., & Kumar, J. C. (1976). Physico-chemical characteristics of some important varieties of carrot. *Indian Food Packer*, 30(2) 5-8.
- Knez, Ž., Markočič, E., Leitgeb, M., Primožič, M., Knez Hrncič, M., & Škerget, M. (2014). Industrial applications of supercritical fluids: a review. *Energy*, 77, 235-243. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.07.044>



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de
la cadena de valor de zanahoria en el
Oriente departamento de Antioquia

- Mattioli, R., Francioso, A., Mosca, L., & Silva, P. (2020). Anthocyanins: a comprehensive review of their chemical properties and health effects on cardiovascular and neurodegenerative diseases. *Molecules*, 25(17), 3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>
- Ministerio de la Protección Social. (2005). *Resolución 5109. "Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado que deben cumplir los alimentos envasados y materias primas de alimentos para consumo humano"*. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30033974>
- Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud). (2013a). *Resolución 2674. "Por la cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto Ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones"*. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%202674%20de%202013.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013b). *Resolución 3929. "Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de fruta, clarificados o no, o la mezcla de estos que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional"*. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%203929%20de%202013.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud). (2015). *Resolución 719. "Por la cual se establece la clasificación de alimentos para consumo humano de acuerdo con el riesgo en salud pública"*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0719-de-2015.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2021). *Resolución 810. "Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano"*. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20810de%202021.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). *Resolución 1407. "Por la cual se establecen los criterios microbiológicos que deben cumplir los alimentos y bebidas destinados para consumo humano"*. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%201407%20de%202022.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud). (2023). *Resolución 254. "Por la cual se corrige un yerro en la Resolución 2492 de 2022, modificatoria de la Resolución 810 de 2021"*. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20254%20de%202023.pdf
- National Institutes of Health. (2022). *Vitamin A and carotenoids*. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminA-Consumer/#:~:text=Carotenoids%20are%20pigments%20that%20give,%2C%20dairy%20products%2C%20and%20eggs>
- National Research Council. (2006). *Nutrient requirements of dogs and cats*. The National Academies Press.
- Nguyen, H. H., & Nguyen, L. T. (2015). Carrot processing. En Y. H. Hui & E. Özgül Evranuz (Eds.), *Handbook of Vegetable Preservation and Processing* (2.^a ed., p. 449). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19252>
- Nicolle, C., Simon, G., Rock, E., Amouroux, P., & Rémésy, C. (2004). Genetic variability influences carotenoid, vitamin, phenolic, and mineral content in white, yellow, purple, orange, and dark-orange carrot cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(4), 523-529. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.4.523>
- Ockermann, P., Headley, L., Lizio, R., & Hansmann, J. (2021). A review of the properties of anthocyanins and their influence on factors affecting cardiometabolic and cognitive health. *Nutrients*, 13(8), 2831. <https://doi.org/10.3390/nu13082831>

- Que, F., Hou, X.-L., Wang, G.-L., Xu, Z.-S., Tan, G.-F., Li, T., Wang, Y.-H., Khadr, A., & Xiong, A.-S. (2019). Advances in research on the carrot, an important root vegetable in the Apiaceae family. *Horticulture Research*, 6, 69. <https://doi.org/10.1038/s41438-019-0150-6>
- Riaz, N., Yousaf, Z., Yasmin, Z., Munawar, M., Younas, A., Rashid, M., Aftab, A., Shamsheer, B., Yasin, H., Najeebullah, M., & Simon, P. (2021). Development of carrot nutraceutical products as an alternative supplement for the prevention of nutritional diseases. *Frontiers in Nutrition*, 8, 787351. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.787351>
- Saini, R. K., Prasad, P., Lokesh, V., Shang, X., Shin, J., Keum, Y.-S., & Lee, J.-H. (2022). Carotenoids: dietary sources, extraction, encapsulation, bioavailability, and health benefits—a review of recent advancements. *Antioxidants*, 11(4), 795. <https://doi.org/10.3390/antiox11040795>
- Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S., & Attri, S. (2012). Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 22-32. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0310-7>
- Sun, M., & Temelli, F. (2006). Supercritical carbon dioxide extraction of carotenoids from carrot using canola oil as a continuous co-solvent. *The Journal of Supercritical Fluids*, 37(3), 397-488. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2006.01.008>
- Sun, T., Simon, P. W., & Tanumihardjo, S. A. (2009). Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(10), 4142-4147. <https://doi.org/10.1021/jf9001044>
- Surles, R. L., Weng, N., Simon, P. W., & Tanumihardjo, S. A. (2004). Carotenoid profiles and consumer sensory evaluation of specialty carrots (*Daucus carota* L.) of various colors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), 3417-3421. <https://doi.org/10.1021/jf035472m>
- Wang, R. X., Nian, W. F., Wu, H. Y., Feng, H. Q., Zhang, K., Zhang, J., Zhu, W. D., Becker, K. H., & Fang, J. (2012). Atmospheric-pressure cold plasma treatment of contaminated fresh fruit and vegetable slices: inactivation and physiochemical properties evaluation. *The European Physical Journal D*, 66, 276. <https://doi.org/10.1140/epjd/e2012-30053-1>

