

Caracterización morfológica y química de la colección de rábanos (*Raphanus sativus* L.) del COMAV – UPV

Los bancos de germoplasma constituyen un reservorio de variabilidad para ampliar la oferta varietal y abordar los retos que constantemente amenazan la agricultura. La colección de rábanos conservada en el banco del COMAV incluye tipos diversos, tanto por su morfología, como por su composición nutricional y usos, ofreciendo una posibilidad de innovación para este cultivo.

Valcárcel JV¹, Solbes E¹, Muñoz E¹, García-Martínez MD^{1,2}, Raigón MD^{1,2}, Quilis J³, Díez MJ¹

¹ Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV), Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia.

² Departamento de Química, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia.

³ Hortaval Natur S.L. (Saifresc®), Camí del Mestre, 46470 Catarroja (Valencia).

El rábano: origen y tipos comerciales

El rábano (*Raphanus sativus* L.) pertenece a la familia Brassicaceae. Se trata de un cultivo de importancia económica cultivado en todo el mundo por su raíz. El origen del rábano es incierto, la mayoría de evidencias apuntan a que deriva de la especie silvestre *R. raphanistrum* L., aunque otros investigadores opinan que se obtuvo por hibridación entre otras especies. De acuerdo con Vavilov, hay cuatro centros de origen de *R. sativus*: Sudoeste de Asia, Este de Asia, Mediterráneo y sur de Asia (Kurina et al., 2021). Las variedades cultivadas de rábano exhiben una gran diversidad morfológica y fisiológica y representan una parte importante en una dieta saludable. La variedad de rábanos es casi infinita, pueden ser picantes o suaves, redondos u oblongos, grandes o pequeños y de colores que van desde el rojizo-púrpura al rosado, negro, blanco puro o incluso verde. Dependiendo de la época de cultivo, de la longitud de su ciclo y de las características de la raíz, los rábanos se agrupan en “Variedades de todos los meses”, con raíces pequeñas y ciclo muy corto de unas cuatro semanas, los hay con raíces redondeadas, semi-redondas, semi-largas y largas; “Variedades de verano-otoño”, con raíces más voluminosas y ciclo algo más largo, alrededor de seis semanas; “Variedades de invierno” con raíces grandes y ciclo muy largo de hasta 100 días. En cuanto al mercado destacan las siguientes variedades: el rábano blanco, chino o japonés que se caracteriza por su forma alargada de gran tamaño y color blanco, típico de Extremo Oriente, los rabanitos de forma esférica u ovalada caracterizados por su piel rosada, morada o blanca, el rábano largo y rojo y el rábano negro o de invierno redondeado y de mayor tamaño, utilizado principalmente con fines terapéuticos.

Se consumen principalmente sus raíces, pero también las vainas jóvenes, plántulas y, menos frecuentemente, las hojas. La importancia del valor nutricional de los rábanos para el consumo humano se debe a su contenido en los nutrientes principales, como hidratos de carbono, incluyendo la fibra y los minerales esenciales, así como por la presencia de sustancias biológicamente activas (Noman et al., 2021). Además, los rábanos se caracterizan por su bajo nivel de grasa, siendo un alimento aliado en la configuración de dietas saludables. Las raíces contienen una gran variedad de fitoquímicos, como fenoles, vitaminas y glucosinolatos, que son potencialmente beneficiosos para la salud humana. Es una buena fuente de potasio y de yodo, aunque también contiene ciertas cantidades de calcio, fósforo, hierro, magnesio y azufre, responsable este último del ligero sabor picante del rábano y de las propiedades antibióticas y

antivíricas que se le atribuyen. Debido a la presencia de estos compuestos, los rábanos se usan como agentes terapéuticos en la dieta de pacientes con diabetes, ciertos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares y enfermedades respiratorias (Gutiérrez y Pérez, 2004; Ramírez et al., 2020). Por ello, el rábano podría considerarse como materia prima para el desarrollo de nutracéuticos dirigidos a enfermedades tanto infecciosas como no transmisibles.

Las particulares características organolépticas del rábano pueden influir en su aceptabilidad. La pungencia difiere entre cultivares de rábano, factores ambientales de crecimiento, prácticas agronómicas y culinarias, pero su aceptación entre diversas poblaciones se ha relacionado con los receptores gustativos y olfativos y, por lo tanto, la apreciación gastronómica de este vegetal varía ampliamente (Bell et al., 2018).

De las variedades de rábano conservadas en el banco de germoplasma del COMAV un 92 % son de origen español. A su vez, las entradas procedentes de Andalucía, Canarias, Comunidad Valenciana y Murcia constituyen un 92% de la colección española, estando el resto representado por otras Comunidades Autónomas.

Características generales de la colección

Del total de 100 variedades conservadas en el banco de germoplasma, se llevó a cabo un ensayo de caracterización con 47 de ellas y dos referenciales. Los datos de origen se indican en la Tabla 1. El ensayo se realizó en los terrenos que la empresa Hortaval Natur (Saifresc®) posee en Catarroja (Valencia), en una parcela mantenida en cultivo ecológico. La siembra tuvo lugar a principios de octubre, iniciándose las recolecciones en la segunda quincena de noviembre y prolongándose durante todo el mes de diciembre. Para la caracterización morfológica de las variedades se tomaron 9 caracteres de hoja y 19 de raíz, siendo 22 de ellos cualitativos y 6 cuantitativos. Adicionalmente, se ha realizado una caracterización de la composición nutricional, evaluando el contenido en materia seca, macronutrientes (proteína, hidratos de carbono y fibra), valor energético, componentes antioxidantes (antocianos totales, polifenoles totales y capacidad antioxidante total) y el perfil de minerales (boro, calcio, cobre, fósforo, hierro, potasio, magnesio, manganeso, molibdeno, sodio, selenio y zinc).

Tabla 1. Origen y grupos establecidos con las entradas utilizadas.

MUESTRA	GRUPO	CODIGO COMAV	NOMBRE LOCAL	PAIS	PROCEDENCIA
R02	3	BGV003199	Rábano	España	Gáldar (Las Palmas)
R03	4	BGV003201	Rábano	España	San Bartolomé (Las Palmas)
R04	3	BGV003206	Rábano	España	La Oliva (Las Palmas)
R07	3	BGV001591	Rábano	España	Porreres (Baleares)
R08	2	BGV000262	-	Marruecos	Tamanar (Essaouira)
R09	2	BGV004431	Redondo rojo punta blanca	España	Murcia (Murcia)
R10t1	3	BGV005766	Largo rojo	España	Elche (Alicante)
R10t2	3	BGV005766	Largo rojo	España	Elche (Alicante)
R11	4	BGV005767	Largo rojo	España	Novelda (Alicante)
R12	2	BGV000144	Rábano	España	Teruel (Teruel)
R13	4	BGV001194	Largo	España	Castro del Río (Córdoba)
R14	4	BGV001195	Corto	España	Castro del Río (Córdoba)
R15	2	BGV005768	Rabanitos	España	Alboraya (Valencia)

MUESTRA	GRUPO	CODIGO COMAV	NOMBRE LOCAL	PAIS	PROCEDENCIA
R16	4	BGV001196	Rábano	España	Puente Genil (Córdoba)
R17	3	BGV001200	Rábano	España	Alhama de Granada (Granada)
R18	3	BGV001202	Corto	España	Ronda (Málaga)
R19	2	BGV001221	Rábano	España	Valverde del Camino (Huelva)
R20	1	BGV003194	Rabanillo	España	Santa Brígida (Las Palmas)
R21	4	BGV003195	Rábano	España	Santa Brígida (Las Palmas)
R22	3	BGV003197	Gordo	España	Tejeda (Las Palmas)
R23	4	BGV003198	Rábano	España	Teror (Las Palmas)
R25	2	BGV008457	Redondo	España	Foios (Valencia)
R26	3	BGV008456	Gigante	España	(Balears)
R30	2	BGV010624	De la tierra	España	Tudela de Duero (Valladolid)
R31	4	BGV005765	Largo encarnado	España	Rojales (Alicante)
R32t1	4	BGV001198	Rábano	España	Lucena (Córdoba)
R32t2	4	BGV001198	Rábano	España	Lucena (Córdoba)
R33	4	BGV001213	Del país	España	Marmolejo (Jaén)
R34	4	BGV001218	Largo	España	Gibraleón (Huelva)
R35	4	BGV001220	Largo	España	Valverde del Camino (Huelva)
R36	4	BGV003209	Rojo	España	Betancuria (Las Palmas)
R37	3	BGV003210	Rábano	España	Betancuria (Las Palmas)
R39	4	BGV004425	De Mallorca	España	Murcia (Murcia)
R40	4	BGV005764	Dátil encarnado	España	Almoradí (Alicante)
R41	4	BGV001217	Largo rojo	España	Cabra (Córdoba)
R42	4	BGV004430	Semilargo rojo	España	Las Torres de Cotillas (Murcia)
R43t1	3	BGV003205	Rábano	España	La Oliva (Las Palmas)
R43t2	3	BGV003205	Rábano	España	La Oliva (Las Palmas)
R45	2	BGV001210	Rabanilla	España	Conil de la Frontera (Cádiz)
R47	4	BGV001201	Largo	España	Ronda (Málaga)
R49	4	BGV001211	Rábano	España	Alcalá la Real (Jaén)
R51	1	BGV004770	Rábano	España	Figueroles (Castellón)
R52	3	BGV003213	Rábano	España	Puerto del Rosario (Las Palmas)
R54	1	BGV015606	Rábano	España	Valencia (Valencia)
R56	4	BGV016036	Largo	España	Begíjar (Jaén)
R57	4	BGV016099	Alargado colorado	España	Ontinyent (Valencia)
R59	1	BGV005762	Rábano	España	Novelda (Alicante)
R60	4	BGV016510	Del Olivarejo	España	Calasparra (Murcia)
R61	4	BGV016752	Rabanet largo rojo	España	Alquerías del Niño Perdido (Castellón)
R62	2	BGV016854	Rabanita de David	España	Villamartín (Cádiz)
R64	4	-	-	España	Variedad tradicional del agricultor
R65 ¹	2	-	Sora	-	Comercial Nunhems

¹: Variedad comercial

Análisis de datos: agrupaciones de las variedades según su similitud

Con objeto de conocer los tipos morfológicos contenidos en la colección y agrupar las distintas variedades según su similitud, se realizó un análisis de componentes principales. Los caracteres de raíz que mejor permitieron agrupar las variedades según su similitud fueron la forma del rábano y de la base del mismo, su longitud, peso y anchura de la corona y la existencia de uno o dos colores. La anchura y longitud de las hojas también tuvieron una contribución importante. En base a estos caracteres, se establecieron cuatro grupos, cuyos nombres aluden a la característica común de los rábanos incluidos en cada grupo: “Blancos” (Grupo 1), “Redondeados” (Grupo 2), “Rosas y morados no uniformemente coloreados” (Grupo 3) y “Rojos alargados” (Grupo 4) (Figura 1a).

Figura 1. Agrupación de las entradas estudiadas según el análisis de componentes principales realizado con los caracteres morfológicos evaluados (a) y con los resultados de los análisis de composición química (b).

Descripción de los grupos considerados

A continuación se describe cada uno de los grupos, destacando sus características morfológicas. Posteriormente, se describirán sus propiedades nutricionales y determinaciones químicas. Para ello nos basaremos en los datos recogidos en la Figura 2 y la Tabla 2. Es importante destacar la diversidad incluida en cada uno de estos grupos, que queda reflejada en la figura y tabla indicadas.

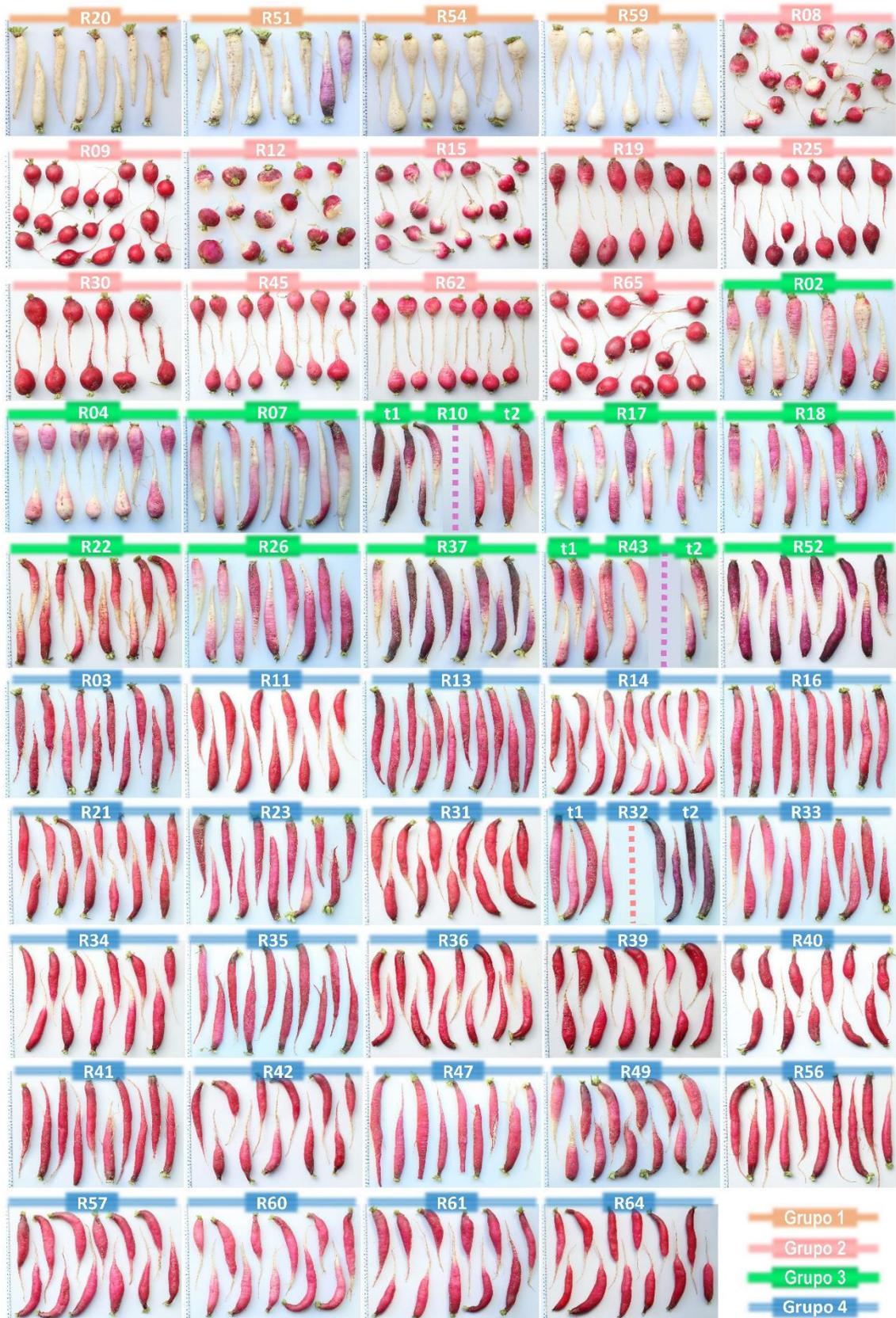


Figura 2. Muestra de los rábanos de las variedades incluidas en los grupos 1 (Blancos), 2 (Redondeados), 3 (Rosas y morados no uniformemente coloreados) y 4 (Rojos alargados).

Grupo 1: rábanos blancos

Este grupo está constituido por cuatro variedades. Las raíces son las de mayor peso y anchura, con 74,43 g de peso, 3,49 cm de anchura y 16,34 cm de longitud. El follaje es de envergadura similar a los otros grupos, exceptuando el de las raíces redondeadas. Las raíces son de forma triangular estrecha o menos frecuentemente aciculares, con hombros planos o convexos y base aguda. El color es uniformemente blanco, con textura variable y presencia de raíces laterales en la parte baja. La carne es, a diferencia de la de las entradas de los otros grupos, generalmente opaca y sin ahuecado ni pungencia.

Grupo 2: rábanos redondeados

A este grupo pertenecen las entradas con raíces de menor tamaño, 4,24 cm de longitud, 3,77 cm de anchura y 29,27 g de peso. También la envergadura de la parte vegetativa es la más reducida. La forma de la raíz es generalmente circular, pero también, achatada, elíptica u obovada, con hombros generalmente convexos y base de forma variable. La raíz es de color rojo o rojo-rosa oscuro, de un color uniforme o de dos colores. La textura es intermedia y algunas entradas presentan raíces laterales en la parte baja. La carne es blanca traslúcida, con ahuecado ausente o en algún caso débil y pungencia suave en la mayor parte de las variedades.

Grupo 3: Rábanos rosas y morados no uniformemente coloreados

Los rábanos incluidos en este grupo presentan unas hojas de 33,15 cm de longitud y 11,12 cm de anchura. El tamaño de las hojas es similar en todos los grupos a excepción del grupo 2 (raíces "redondeadas"), que presenta las hojas más pequeñas. Las raíces son de aproximadamente 18 cm de longitud por 3 cm de anchura y un peso de 68 g. La forma es acicular, con hombro convexo y base aguda. El color es una combinación de rosa, rojo-rosa oscuro y púrpura, la textura intermedia y en algunos casos rugosa y con raíces laterales en la parte baja o hasta la mitad de la raíz. El color de la carne es blanca traslúcida, sin ahuecado y con pungencia suave o intermedia.

Grupo 4: Rábanos rojos y largos

Se trata del grupo más numeroso con 25 variedades. De longitud, anchura y peso de las raíces similares al grupo anterior (17,86 y 2,61 cm de longitud y anchura respectivamente, y 60 g de peso). Las raíces son aciculares, con hombros planos o convexos y base aguda. Las raíces son mayoritariamente rojas o rojo-rosa oscuro. Presentan textura intermedia y desarrollo de raíces laterales en la parte baja o hasta la mitad. Su carne es blanca traslúcida, con ahuecado ausente o muy débil y pungencia suave.

Tabla 2. Caracteres cuantitativos de raíz y hoja de las variedades estudiadas

	Hoja			Raíz		
	Longitud	Anchura	Corona	Longitud	Anchura	Peso
1. Blancos						
<i>Media</i>	34,31	10,44	17,44	16,34	3,49	74,43
<i>Desv. estándar</i>	5,87	1,40	2,85	2,20	0,55	38,06
<i>Coef. variación</i>	0,17	0,13	0,16	0,13	0,16	0,51
<i>Mínimo</i>	30,09	8,45	15,06	13,78	2,92	64,83
<i>Máximo</i>	40,17	12,07	21,72	19,41	4,17	83,06
2. Redondeados						

<i>Media</i>	19,75	7,29	8,98	4,24	3,77	29,27
<i>Desv. estándar</i>	3,10	0,97	1,80	0,72	0,49	8,99
<i>Coef. variación</i>	0,16	0,13	0,20	0,17	0,13	0,31
<i>Mínimo</i>	11,26	4,91	6,31	2,94	3,24	19,56
<i>Máximo</i>	26,41	9,62	11,61	5,91	4,12	41,99
3. Dos colores						
<i>Media</i>	33,15	11,12	15,55	18,28	2,88	68,45
<i>Desv. estándar</i>	4,38	1,73	3,00	2,72	0,42	23,71
<i>Coef. variación</i>	0,13	0,16	0,19	0,15	0,15	0,35
<i>Mínimo</i>	26,86	9,85	10,87	12,59	2,46	52,86
<i>Máximo</i>	42,39	13,06	18,80	24,13	3,91	83,83
4. Rojos largos						
<i>Media</i>	28,07	10,19	12,07	17,86	2,61	59,56
<i>Desv. estándar</i>	5,71	1,44	2,08	2,81	0,37	18,49
<i>Coef. variación</i>	0,20	0,14	0,17	0,16	0,14	0,31
<i>Mínimo</i>	18,23	7,16	6,44	10,73	2,19	37,06
<i>Máximo</i>	39,00	12,35	16,99	24,73	3,07	81,46

Caracterización bioquímica

La colección de rábanos se evaluó también por su composición nutricional, valor energético, componentes antioxidantes y perfil de minerales y se realizó un análisis de componentes principales con todos ellos (Figura 1b, Tabla 3). El contenido en humedad fue determinante para separar las variedades, destacando los rábanos de color blanco como los de menor contenido y mayor contenido por tanto en materia seca, proteínas, hidratos de carbono, boro, potasio y zinc. Esto originó su separación del resto de variedades respecto a la primera componente (Figura 1b). Respecto a la segunda, el contenido en hidratos de carbono y la energía tuvieron una contribución importante, destacando los rábanos redondeados (Grupo 2) y los blancos (Grupo 1) como los de mayor contenido. El resto de variedades de los grupos 3 y 4, se entrelazaron, conteniendo una importante variabilidad en cuanto a contenido mineral total, calcio, magnesio y zinc.

Las raíces de rábano se caracterizan por un alto contenido en agua e inversamente por un bajo contenido en materia seca. De hecho, como se ha indicado, ha sido uno de los caracteres más importantes para separar las variedades en estudio. El equilibrio entre los niveles de materia seca y agua determina la textura crujiente y la palatabilidad de la raíz y en consecuencia un atributo de calidad sensorial del rábano muy valorado. Un importante indicador del valor nutricional en hortalizas en general y en el rábano en particular es el contenido en materia seca, que determina la producción de biomasa y con ello, la mayor concentración de algunos minerales, proteínas, hidratos de carbono, fibra, etc. Los mayores niveles de materia seca, hidratos de carbono, proteínas y fibra, y en consecuencia el mayor aporte energético se obtiene en las raíces de rábanos de color blanco (Grupo 1) (Tabla 3). El Grupo 1 de rábanos también se caracteriza por una mayor concentración de boro, el cual facilita la absorción de otros nutrientes, como el potasio, nitrógeno y fósforo, probablemente debido a su contribución directa con la integridad estructural y funcional de las membranas celulares de la raíz, además de mantener un mayor gradiente en el potencial de membrana de la raíz (Souza et al., 2022).

Tabla 3. Composición nutricional y perfil de minerales de las variedades de rábanos estudiadas

	Materia seca	Humedad	Proteína	Fibra total	Hidratos de carbono	Energía	Antocianos	Polifenoles totales	Antioxidantes totales
1. Blancos									
<i>Media</i>	7,66	92,34	0,93	1,49	3,76	18,77	0,53	47,68	177,33
<i>Desv. estándar</i>	1,23	1,23	0,13	0,47	1,13	4,58	0,28	9,76	41,71
<i>Coef. variación</i>	0,16	0,01	0,14	0,32	0,30	0,24	0,52	0,20	0,24
<i>Mínimo</i>	6,21	90,79	0,73	0,80	2,70	14,36	0,32	35,95	118,98
<i>Máximo</i>	9,21	93,79	1,05	1,94	5,01	24,23	0,91	53,49	210,95
2. Redondeados									
<i>Media</i>	5,07	94,93	0,66	1,02	2,32	11,94	129,05	39,54	172,17
<i>Desv. estándar</i>	0,41	0,41	0,11	0,21	0,16	0,85	58,16	9,34	53,51
<i>Coef. variación</i>	0,08	0,00	0,17	0,20	0,07	0,07	0,45	0,24	0,31
<i>Mínimo</i>	4,36	94,26	0,50	0,60	1,95	10,29	59,40	26,33	82,08
<i>Máximo</i>	5,74	95,64	0,84	1,28	2,49	13,05	242,64	54,35	251,49
3. Dos colores									
<i>Media</i>	5,19	94,81	0,70	1,23	2,03	10,90	77,80	33,04	244,00
<i>Desv. estándar</i>	0,31	0,31	0,05	0,22	0,43	1,70	53,28	4,19	107,15
<i>Coef. variación</i>	0,06	0,00	0,07	0,18	0,21	0,16	0,68	0,13	0,44
<i>Mínimo</i>	4,53	94,36	0,62	0,94	1,25	7,68	21,94	25,58	86,17
<i>Máximo</i>	5,64	95,47	0,80	1,69	2,66	13,45	172,19	38,83	435,02
4. Rojos largos									
<i>Media</i>	4,74	95,26	0,65	1,06	1,86	10,06	84,02	42,83	223,61
<i>Desv. estándar</i>	0,40	0,40	0,16	0,42	0,39	1,57	24,65	9,88	102,42
<i>Coef. variación</i>	0,08	0,00	0,25	0,40	0,21	0,16	0,29	0,23	0,46
<i>Mínimo</i>	3,90	94,63	0,49	0,40	0,78	6,09	47,16	23,42	82,21
<i>Máximo</i>	5,37	96,10	1,28	2,65	2,94	14,76	150,33	57,85	457,16

	Contenido mineral	Boro	Calcio	Cobre	Hierro	Potasio	Magnesio	Manganeso	Sodio	Fósforo	Zinc
1. Blancos											
<i>Media</i>	1,17	0,14	41,80	0,02	1,60	92,59	14,78	0,09	43,71	29,64	0,24
<i>Desv. estándar</i>	0,30	0,02	4,82	0,02	0,43	10,70	1,88	0,01	8,87	4,55	0,06
<i>Coef. variación</i>	0,26	0,16	0,12	1,08	0,27	0,12	0,13	0,14	0,20	0,15	0,26
<i>Mínimo</i>	0,87	0,12	39,60	0,00	1,14	83,91	12,23	0,07	35,60	25,11	0,19
<i>Máximo</i>	1,53	0,17	50,00	0,04	2,17	106,32	16,56	0,10	55,63	34,85	0,33
2. Redondeados											
<i>Media</i>	0,77	0,11	38,63	0,01	1,77	61,09	14,82	0,08	33,09	22,54	0,13
<i>Desv. estándar</i>	0,11	0,01	5,93	0,00	0,64	6,37	2,18	0,01	4,81	4,93	0,03
<i>Coef. variación</i>	0,14	0,11	0,15	0,42	0,37	0,10	0,15	0,16	0,15	0,22	0,26
<i>Mínimo</i>	0,60	0,09	29,05	0,01	0,93	47,69	12,03	0,06	23,69	12,01	0,09
<i>Máximo</i>	0,94	0,12	45,63	0,02	2,65	68,34	19,15	0,11	40,08	27,19	0,19
3. Dos colores											

<i>Media</i>	0,94	0,10	52,73	0,01	2,09	66,82	18,02	0,09	32,76	18,96	0,19
<i>Desv. estándar</i>	0,08	0,01	11,49	0,00	1,07	4,04	2,60	0,02	6,42	3,42	0,04
<i>Coef. variación</i>	0,09	0,07	0,22	0,38	0,51	0,06	0,14	0,25	0,20	0,18	0,19
<i>Mínimo</i>	0,82	0,10	36,25	0,00	0,66	58,73	13,68	0,06	15,59	14,92	0,13
<i>Máximo</i>	1,07	0,12	69,39	0,02	3,66	73,31	22,93	0,13	38,87	27,25	0,26

4. Rojos largos

<i>Media</i>	0,87	0,10	46,07	0,01	1,87	62,60	16,13	0,08	33,76	19,74	0,17
<i>Desv. estándar</i>	0,12	0,01	9,53	0,00	0,91	7,61	2,06	0,02	3,19	3,74	0,04
<i>Coef. variación</i>	0,14	0,14	0,21	0,38	0,49	0,12	0,13	0,24	0,09	0,19	0,22
<i>Mínimo</i>	0,57	0,08	34,31	0,00	0,75	49,15	11,11	0,05	27,90	14,04	0,11
<i>Máximo</i>	1,06	0,13	64,01	0,02	4,25	76,80	20,02	0,13	39,05	31,21	0,25

Los antocianos son los componentes de flavonoides (compuestos polifenólicos) más comunes en los rábanos. Estas sustancias se concentran en la piel de las raíces, siendo los tipos más comunes de antocianidinas en el rábano las cianidinas, mientras que en los compuestos polifenólicos no flavonoides, los mayoritarios en los rábanos son los ácidos fenólicos, hidroxicinamatos, estilbenos y taninos (Gamba et al., 2021). Los polifenoles totales presentes en los rábanos se han relacionado positivamente con los antocianos y los rábanos que destacan por presentar alta capacidad de sintetizar compuestos polifenólicos son los de raíces redondeadas (Grupo 2) y algunas entradas del Grupo 4 (R42, R39 y R40), que se caracterizan por ser alargadas, pero con un color rojo uniforme de la piel. A pesar de la compleja ruta biosintética de los antocianos, su concentración podría estar modulada por varios factores ambientales, como la radiación UV, las fitohormonas, la salinidad, la luz excesiva, el calentamiento, la limitación de nitrógeno y fósforo, así como de diversos estreses bióticos, por ello las raíces de rábano con altas concentraciones de nitrógeno se relacionan negativamente con los contenidos en antocianos (Su et al., 2016).

El contenido en polifenoles totales y el contenido en antocianos totales se relaciona negativamente con la capacidad antioxidante total, por lo que la mayor fracción de la capacidad antioxidante de los rábanos se debe corresponder con la presencia de glucosinolatos y de algunos minerales de naturaleza antioxidante como el selenio, manganeso, hierro y zinc. Las raíces de rábano que más se engloban en estas características son las del Grupo 3 (dos colores) y algunas entradas del Grupo 4. Debido a la similitud química entre el selenio y el azufre, las plantas toman, translocan y asimilan el selenio a través de la ruta de asimilación del azufre (Terry et al., 2000), por lo que la síntesis de compuestos de azufre de acción antioxidante va asociada a la absorción y acumulación de selenio. El selenio regula la actividad antioxidante de las plantas para aumentar su resistencia, siendo necesario para producir la glutatión peroxidasa, un sistema de protección enzimática muy poderoso que permite la autoprotección de la planta del estrés lumínico y oxidativo (daño UV). Como resultado, la energía que podría necesitar la planta para accionar mecanismos de protección alternativos estará disponible para la producción y de ahí el aumento del rendimiento.

Conclusión

La colección de rábanos del banco de germoplasma del COMAV supone un reservorio de variabilidad, tanto desde el punto de vista de tipos varietales y diversidad dentro de ellos, como por la riqueza en composición nutricional y componentes minerales. Los rábanos pequeños y redondos, de uno o dos colores, los largos rojos o rosados-morados y los blancos quedan representados en la colección, siendo por tanto un material diverso de interés para agricultores y empresas que se dedican al desarrollo de variedades. En general, el rábano es un alimento

refrescante y mineralizante, caracterizado por su escaso valor calórico y por ello apto para formar parte de las dietas saludables, como la mediterránea. Los cultivares de los grupos “Rosas y morados no uniformemente coloreados” y “Rojos alargados” se ajustan mejor a estas características. Estos rábanos se caracterizan por acumular un elevado contenido mineral y los mayores niveles de sustancias antioxidantes. En los rábanos redondeados, aunque la presencia de antioxidantes totales es menor, los niveles de antocianos son los más elevados. Por último, los rábanos de piel blanca del grupo 1 muestran mayor fracción de materia seca, proporcionando una carne más crujiente y son más apropiados para consumo como aperitivo saludable.

Referencias

- Bell, L., Oloyede, O.O., Lignou, S., Wagstaff, C., Methven, L. 2018. Taste and Flavor Perceptions of Glucosinolates, Isothiocyanates, and Related Compounds. *Molecular Nutrition & Food Research*, 62, 18, 1700990. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201700990>
- Gamba, M., Asllanaj, E., Raguindin, P. F., Glisic, M., Franco, O. H., Minder, B., Bussler, W., Metzger, B., Kern, H., Muka, T. 2021. Nutritional and phytochemical characterization of radish (*Raphanus sativus*): A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 205-218. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.045>
- Gutierrez, R.M.P.; Perez, R.L. 2004. *Raphanus sativus* (Radish): Their Chemistry and Biology. *Sci. World J.* 4, 811–837.
- Kurina, A.B.; Korniyukhin, D.L.; Solovyeva, A.E.; Artemyeva, A.M. 2021. Genetic Diversity of Phenotypic and Biochemical Traits in VIR Radish (*Raphanus sativus* L.) Germplasm Collection. *Plants*, 10, 1799. <https://doi.org/10.3390/plants10091799>.
- Noman, O.M., Nasr, F.A., Alqahtani, A.S., Al-zharani, M., Cordero, M.A.W., Alotaibi, A.A., Bepari, A., Alarifi, S. and Daoud, A. 2021. "Comparative study of antioxidant and anticancer activities and HPTLC quantification of rutin in white radish (*Raphanus sativus* L.) leaves and root extracts grown in Saudi Arabia" *Open Chemistry*, vol. 19, no. 1, pp. 408-416. <https://doi.org/10.1515/chem-2021-0042>
- Ramirez, D.; Abellán-Victorio, A.; Beretta, V.; Camargo, A.; Moreno, D.A. 2020. Functional Ingredients from Brassicaceae Species: Overview and Perspectives. *Int. J. Mol. Sci.* 21, 1998.
- Souza, L.T.D., Carr, N.F., Lavres, J., Mazzafera, P., Favarin, J.L. 2022. Boron deficiency affects ATP hydrolysis of plasma membrane and nutrients uptake in coffee: Consequences for plant growth. *Journal of Plant Nutrition*, 45(14), 2123-2134. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2043371>
- Su, N., Wu, Q., Cui, J. 2016. Increased sucrose in the hypocotyls of radish sprouts contributes to nitrogen deficiency-induced anthocyanin accumulation. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1976. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01976>
- Terry N, Zayed AM, De Souza MP, Tarun AS. 2000. Selenium in higher plants. *Annual Review of Plant Biology*, 51(1): 401-432.