

Efecto de la aplicación de vapor saturado como Sistema de Esterilización Orgánica (OSS) en el ají mirasol (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) y en el ají panca (*Capsicum chinense* Jacq.)

[Effects of applying saturated steam as an Organic Sterilization System (OSS) in mirasol chili pepper (Capsicum baccatum var. pendulum) and panca chili pepper (Capsicum chinense Jacq.)]

Américo Guevara Pérez¹, Elizabeth Villanueva-Quejía², Diana Nolzco Cama³, Gabriela Llontop⁴, Keidy Cancino Chávez⁵

Resumen

Se determinó la influencia del peso, temperatura y tiempo de inyección de vapor saturado en el Sistema de Esterilización Orgánica (OSS por sus siglas en inglés) sobre la carga microbiana, análisis proximal y contenido de capsaicina en el ají mirasol y el ají panca. Se trabajó con 3 y 4 kg de ají, 100 y 105 °C (20 y 25 kPa), por 2 y 3 min. Los análisis pre y pos-OSS fueron los siguientes: recuento de aerobios mesófilos viables, coliformes totales, *E. Coli*, *Salmonella*, mohos y levaduras, proximal y contenido de capsaicina. Las muestras de 3 kg del ají mirasol, sometidas a 105 °C por 3 min, y las de 3 y 4 kg del ají panca, sometidas a 105 °C por 3 min, lograron mayor reducción de aerobios mesófilos y mohos. En la evaluación estadística se encontraron interacciones entre las variables peso y temperatura en ají mirasol; entre peso, temperatura y tiempo en el ají panca, sobre la reducción de aerobios mesófilos y mohos; esto influye en la composición proximal y reducción del contenido de capsaicina de 863.2 a 751.9 ppm (ají mirasol) y 405.6 a 315.1 ppm (ají panca); evidenciando que el tratamiento OSS es un método eficiente en procesos de descontaminación microbiana.

Palabras clave

Capsaicina, descontaminación microbiana, mirasol, panca.

Abstract

It was determined the influence of weight, temperature and time of injection of saturated steam as an organic sterilization system (OSS), on the microbial load, proximal analysis and capsaicin content in mirasol chili pepper and panca chili pepper. Work was done with 3 and 4 kg of chili pepper, 100 and 105 °C (20 and 25 kPa), for 2 and 3 minutes. The pre and post analyzes were: count of viable mesophilic aerobes, total coliforms, *E. coli*, *Salmonella*, molds and yeasts, proximal and capsaicin content. The samples containing 3 kg of mirasol chili pepper, subjected to 105 °C for 3 minutes and the ones containing 3 and 4 kg of panca chili pepper to 105 °C for 3 minutes, achieved a greater reduction of mesophilic aerobes and molds. The statistical evaluation found interactions between the variables: weight and temperature in mirasol chili pepper; weight, temperature and time in panca chili pepper, on the reduction of mesophilic aerobes and molds; influencing the proximal composition and content reduction of capsaicin from 863.2 to 751.9 ppm (mirasol chili pepper) and 405.6 to 315.1 ppm (panca chili pepper); showing that the OSS treatment is an efficient method in microbial decontamination process.

Keywords

Capsaicin, microbial decontamination, mirasol, panca.

1 Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. [aguevara@lamolina.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-2767-2726>]

2 Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. [evillanueva@lamolina.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-9609-5379>]

3 Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. [dnolzco@lamolina.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-8192-7611>]

4 Peruvian Nature. Lima, Perú. [gllontop@peruviannature.com, <https://orcid.org/0000-0002-2117-3985>]

5 Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Perú. [kcancino@usil.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0003-1953-534X>]

1. Introducción

El género *Capsicum*, incluidos los géneros de sabor dulce y picante, es cultivado y utilizado en todo el mundo desde la antigüedad (Carrizo et al., 2016; Bortolin et al., 2016). De las 35 especies cultivadas, las de mayor valor económico son *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens* (Carrizo et al., 2016; Rodríguez, 2016). Estas especies han adquirido importancia hoy en día por su contenido en compuestos fenólicos, flavonoides y capsaicinoides con actividad antioxidante (Villar, 2019); este último otorga características de pungencia con diferentes propiedades y aplicaciones en farmacéutica, agronomía e industria veterinaria (Guillen et al., 2018). A pesar de que existen varios estudios respecto al contenido de capsaicinoides, aún hay poca información sobre la estabilidad de estos compuestos y consecuencias en su valor nutricional.

El ají mirasol (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), conocido como ají amarillo seco, ha adquirido gran importancia económica por su comercialización en fresco o en seco, o como fuente de colorantes naturales con los cuales se elaboran pinturas y cosméticos (Rojas et al., 2016; Gutiérrez-Rosati & Vega, 2016). De la misma forma, el ají panca (*Capsicum chinense* Jacq.), denominado ají seco peruano, se cultiva en la costa del Perú y es el condimento ideal para la gastronomía (Plaza & Lock de Ugaz, 1997) y uno de los productos de mayor consumo que se ha expandido a la industria cosmética y farmacéutica (Salazar, 2016). Asimismo, se utiliza como ingrediente funcional en la formulación de alimentos (Kantar et al., 2016), lo que representa una alternativa para reemplazar a los saborizantes y colorantes que existen en el mercado. Debido a su relevancia, Rojas et al. (2016) determinaron la composición proximal, características morfológicas y perfil sensorial del ají mirasol y del ají panca de la región Ica-Perú.

En los últimos años, con el fin de cumplir con la ley de inocuidad de los alimentos y con los parámetros microbiológicos que las reglamentaciones nacionales e internacionales exigen para el consumo de estos productos, se ha investigado la aplicación de métodos de esterilización como irradiación, microondas, radiofrecuencia, radiación UV e inyección de vapor sobre especias y condimentos (Guevara et al., 2016, 2017; Molnár et al., 2018; Gabriel et al., 2020a), y se ha concluido que la inyección de vapor es el método más eficiente en la reducción microbiológica y para la conservación de carotenoides, tocoferoles, Vitamina C y características sensoriales (Molnár et al., 2018).

La inyección de vapor, como (OSS), consiste en someter el producto a cambios de temperatura por un tiempo determinado dentro de una cámara de vacío (Guevara et al., 2016, 2017). Es fundamental determinar los parámetros adecuados con la finalidad de reducir la carga microbiana para obtener productos seguros y saludables. Por lo expuesto, se llevó a cabo la investigación planteando como objetivo determinar la interacción del peso de las muestras, temperatura y tiempo de inyección de vapor saturado del OSS sobre la carga microbiana, contenido de capsaicina y composición proximal en el ají mirasol y el ají panca deshidratados.

2. Metodología

2.1 Materia prima y acondicionamiento

El ají mirasol y el ají panca deshidratados (humedad promedio 15 %) fueron adquiridos en el Gran Mercado Mayorista de Lima (Perú). Se seleccionó a aquellos que no presentaron signos

de deterioro; luego fueron cortados, de forma manual, aproximadamente a 1 cm de longitud, y sometidos a análisis proximal y microbiológico (pre-OSS).

2.2 Sistema de esterilización orgánica (OSS)

Se realizaron los siguientes tratamientos para ambos ajíes:

1. Preparación: a) se pesó en la balanza (OHAUS, USA) 4 y 3 kg de ají y se colocaron en sacos de yute; b) se cargó a la cámara de vacío del equipo Multifuncional Chinese Medicine Sterilizer (SAINTY, China), y c) se evacuó el aire de la cámara de vacío.
2. Aplicación del tratamiento: se inyectó vapor saturado por 2 y 3 min manteniendo temperaturas de 100 y 105 °C, correspondiente a presiones de 20 y 25 kPa (Tabla 1).
3. Se descargaron las muestras.
4. Se deshidrató a 60 °C en un deshidratador de bandejas (Vulcanotec, Perú) hasta alcanzar una humedad promedio entre 4 y 5 %.
5. Se envasó en bolsas de polietileno de alta densidad como envase primario y en cajas de cartón como envase secundario.
6. Se almacenó el producto obtenido a temperatura ambiente (pos-OSS).

Tabla 1. Diseño experimental aplicado para ají mirasol y ají panca

Tratamiento	Peso (Kg/saco)	Temperatura (°C)/ Presión (Kpa)	Tiempo de proceso (min)
T1	4	100 (20)	3
T2	4	105 (25)	3
T3	4	100 (20)	2
T4	4	105 (25)	2
T5	3	100 (20)	3
T6	3	105 (25)	3
T7	3	100 (20)	2
T8	3	105 (25)	2

2.3 Métodos de análisis

A. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Todas las muestras en pre y pos-OSS se analizaron con base en la International Commission on Microbiological Specification for Foods (2000), considerando la metodología de recuento en placas para aerobios mesófilos viables (UFC/g), *Salmonella sp.* (ausencia/25 g), mohos y levaduras (UFC/g); este último se realizó en Agar Papa Dextrosa (APD). Para *E. coli* (NMP/g) y coliformes totales (NMP/g), se utilizó la técnica del número más probable.

B. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

En el análisis proximal del ají mirasol y del ají panca, pre y pos-OSS, se consideró humedad (AOAC 931.04), proteína (AOAC 970.22), grasa (AOAC 920.75), ceniza (AOAC 972.15), fibra (AOAC 991.43) y carbohidratos por diferencia (AOAC, 2016). El análisis del contenido de capsaicina se hizo según el método indicado por Morales-Soriano et al. (2018), utilizando un HPLC-PDA (Milford, USA) con resultados expresados en ppm y escala de unidades Scoville (SHU). Se extrajo la capsaicina diluyendo la muestra de ají (previamente molida) en una relación 1/10 con acetonitrilo (grado HPLC). Posteriormente, fueron colocadas en un baño de agua a 80 °C por 4 horas con agitación y enfriadas a temperatura ambiente y filtradas. Luego se utilizó una alícuota de 10 µl, para inyectar al HPLC; se usó como fase móvil metanol y agua (caudal 1 ml/min), en columna XDB-C18 (Agilent Technologies, USA), temperatura ambiente y un tiempo de ejecución de 7 min. Las unidades de calor Scoville se calcularon mediante la ecuación:

$$SHU = (capsaicina \text{ (ppm)} + dihidrocapsaicina \text{ (ppm)}) * 10 * 16$$

C. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados fueron ordenados en un arreglo factorial de 2 x 2 x 2 (dos pesos 3 y 4 kg, dos temperaturas de esterilización 100 y 105 °C, equivalente a 20 y 25 kPa de presión, respectivamente, y dos tiempos de permanencia 1 y 2 min) y evaluados mediante un ANOVA para determinar las interacciones de las variables sobre la carga microbiana, composición proximal y contenido de capsaicina. Además se aplicaron las pruebas de comparación de Tukey para evaluar las diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel de significancia del 5 %. Se utilizó el programa InfoStat versión 2020.

3. Resultados y discusión

3.1 Esterilización orgánica

En la Tabla 2 se reportan los resultados microbiológicos del ají mirasol y del ají panca. En pre-OSS, en el ají mirasol se encontró 45 000 UFC/g de aerobios y 6 200 UFC/g de mohos; en el ají panca, 120 000 UFC/g de aerobios y 800 UFC/g de mohos. En ambos ajíes, el contenido de levaduras fue <10 UFC/g, *E. coli* y coliformes totales <3 NMP/g y ausencia de *Salmonella* (ausencia/25 g). Al no encontrar recuentos altos de microorganismos indicadores de contaminación fecal, se puede afirmar que las muestras fueron manejadas con procedimientos de higiene apropiados.

En pos-OSS, en el ají mirasol se obtuvieron diferencias significativas en el recuento de aerobios; se constató una reducción del recuento de 45 000 a 13 000 UFC/g y en mohos de 6 200 a 10 UFC/g. En el ají panca se observó la misma tendencia, en aerobios se obtuvo una reducción de 120 000 a 10 UFC/g y en mohos de 800 a <10 UFC/g. Se reportaron valores del contenido de levaduras ≤10 UFC/g, *E. Coli* <3 NMP/g, ausencia en *Salmonella* y coliformes totales <3 NMP/g para ambas variedades de ajíes. Se determinó que al aplicar vapor saturado al ají mirasol y al ají panca las muestras cumplen con los requisitos de aerobios mesófilos, coliformes totales y *Salmonella* estipulados en la Norma 591-2008 (Norma Sanitaria, 2008), lo cual ofrece ventajas comparativas frente a otros métodos como la radiación ultravioleta, radiación ionizante, microondas y radiofrecuencia aplicadas a alimentos deshidratados (Gabriel et al., 2020^a, 2020^b;

Molnár et al., 2018); por esta razón, en Europa es el método más aceptado (Eliasson et al., 2015). Esta tecnología es una gran alternativa para la descontaminación microbiana.

Tabla 2. Carga microbiana promedio pre y pos-OSS de ají mirasol y de ají panca

Muestra	Tratamientos	Aerobios (UFC/g)	Mohos (UFC/g)	Levaduras (UFC/g)	E. Coli (NMP/g)	Salmonella (ausencia/25 g)	Coliformes totales (NMP/g)
Ají mirasol	T0 - pre-OSS	45 000	6 200	<10	<3	ausencia	<3
	T1 - pos-OSS	39 000 ^b	60 ^a	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T2 - pos-OSS	32 000 ^b	<10 ^b	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T3 - pos-OSS	39 000 ^b	60 ^a	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T4 - pos-OSS	32 000 ^b	10 ^b	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T5 - pos-OSS	190 000 ^c	<10 ^b	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T6 - pos-OSS	13 000 ^a	10 ^b	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T7 - pos-OSS	190 000 ^c	60 ^a	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T8 - pos-OSS	32 000 ^b	<10 ^b	10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
Ají panca	T0 - pre-OSS	120 000	800	<10	<3	ausencia	<3
	T1 - pos-OSS	2 600 ^b	<10 ^a	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T2 - pos-OSS	60 ^a	10 ^a	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T3 - pos-OSS	3 000 ^b	100 ^d	10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T4 - pos-OSS	6 000 ^c	40 ^c	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T5 - pos-OSS	52 000 ^d	<10 ^a	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T6 - pos-OSS	10 ^a	20 ^b	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T7 - pos-OSS	4 300 ^{bc}	<10 ^a	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a
	T8 - pos-OSS	400 ^a	10 ^a	<10 ^a	<3 ^a	ausencia	<3 ^a

Nota: Letras diferentes (^a, ^b, ^c, ^d) indican diferencias significativas con la prueba de comparación de Tukey ($p \leq 0.05$). UFC: Unidad formadora de colonia, NMP: Número más probable.

El análisis de varianza y la prueba de Tukey (Tabla 3 y 4), en el ají mirasol mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las interacciones de las siguientes variables: peso-temperatura, en el recuento de aerobios; peso-tiempo-temperatura, en mohos. Asimismo, en el ají panca se constataron diferencias significativas entre las interacciones: peso-temperatura-tiempo en ambos recuentos (aerobios y mohos), lo que indica un efecto directo de las variables independientes (peso, tiempo y temperatura) estudiadas en la inactivación de los microorganismos; similares resultados encontraron Guevara et al. (2017) en el yacón y Molnár et al. (2018) en la paprika.

En el ají mirasol los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento T6: 3 kg/saco, 105 °C por 3 min, y en el ají panca con los tratamientos T6 y T2: 3 y 4 kg/saco, 105 °C y 3 min. Al respecto, Molnár et al. (2018) indican que la temperatura en el tratamiento con vapor es efectiva para la descontaminación de aerobios, mohos, coliformes y enterobacterias en la paprika a temperaturas entre 108-125 °C y tiempos entre 20-120 segundos; asimismo, Djordjević et al. (2019) consideran 130 °C y 1.2 min para una esterilización efectiva con vapor contra bacterias y sus esporas en la pimienta negra.

Tabla 3. Análisis de varianza para recuento de aerobios

Variable	gl	Ají mirasol					Ají panca				
		Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	p valor	N	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	p-valor	N
Efectos principales											
A	1	29 990 940 000	29 990 940 000	1542.98	<0.0001	s	772 912 300	772 912 300	1 331.23	<0.0001	s
B	1	65 340 000	65 340 000	3.36	0.0854	n.s	642 093 460	642 093 460	110.91	<0.0001	s
C	1	45 205 440 000	45 205 440 000	2 325.73	<0.0001	s	1 165 411 940	116 541 194	2 007.25	<0.0001	s
Interacciones											
AB	1	72 106 667	72 106 667	3.71	0.0721	n.s	1 092 393 280	109 239 328	1 881.49	<0.0001	s
AC	1	38 368 006 667	38 368 006 667	1973.96	<0.0001	s	1 203 345 140	120 334 514	2 072.59	<0.0001	s
BC	1	213 606 667	213 606 667	10.99	0.0044	s	1 092 447 254	109 244 725	1 881.58	<0.0001	s
Error	16	19 437 083	19 437 083				9 289 692	580 600			
Total	23	114 428 273 333					6 669 355 797				

Nota: A: peso (kg), B: tiempo (min), C: temperatura (°C), N: nivel de significancia ($p \leq 0.05$), s: significativo, n.s: no significativo.

Tabla 4. Análisis de Varianza para recuento de mohos

Variable	gl	Ají mirasol					Ají panca				
		Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	p-valor	N	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	p-valor	N
Efectos principales											
A	1	1 053.38	1 053.38	28.09	<0.0001	s	4 620.38	772 912 300	1 331.23	<0.0001	s
B	1	975.38	975.38	26.01	<0.0001	s	4 620.38	642 093 460	1 105.91	<0.0001	s
C	1	8 550.38	8 550.38	228.01	<0.0001	s	900.38	116 541 194	2 007.25	<0.0001	s
Interacciones											
AB	1	975.38	975.38	26.01	<0.0001	s	6 633.38	6 633.38	530.67	<0.0001	s
AC	1	900.38	900.38	24.01	0.0002	s	1 890.38	1 890.38	151.23	<0.0001	s
BC	1	975.38	975.38	26.01	<0.0001	s	1 890.38	1 890.38	151.23	<0.0001	s
Error	16	600.00	37.50				200.00	12.50			
Total	23	15 005.63					21 655.63				

Nota: A: peso (kg), B: tiempo (min), C: temperatura (°C), N: nivel de significancia ($p \leq 0.05$), s: significativo, n.s: no significativo

3.2 Caracterización del ají mirasol y del ají panca

En el pre-OSS para el ají mirasol y el ají panca se encontró proteína entre 9-14 %, grasa 1-10 %, fibra 11-14 % y carbohidratos 55-70 %; estos hallazgos son superiores al 0.9-2.5 % en proteínas, 0.7-0.8 % en grasa, 2.4-2.9 % en fibra y 8.8-12.4 % en carbohidratos reportados por Rodríguez (2016), pero similar a lo indicado por Kim et al. (2019) y Rojas et al. (2016) para *Capsicum*. Mudrić

et al. (2017) mencionan que el alto contenido de carbohidratos se debe principalmente a la presencia de glucosa, fructosa y sacarosa, pudiendo encontrarse mayor cantidad de azúcar en el ají mirasol y en el ají panca (Aranha et al., 2017). Algunas diferencias en cuanto a la composición pueden deberse al contenido de humedad y otras condiciones ambientales (Gurung et al., 2011). En cuanto al contenido de capsaicina, se determinó inicialmente 863.2 y 405.6 ppm en el ají mirasol y en el ají panca, respectivamente, inferior a los rangos reportados por Meckelmann et al. (2014) con valores entre 3980 y 15 150 ppm, lo que indica que las diferencias en contenidos de capsaicina pueden deberse a la interacción con el ambiente, genotipo, estrés hídrico y temperatura (Gurung et al., 2011), conocido en poscosecha como la variabilidad, debido a los factores ambientales y culturales. Se debe considerar que la capsaicina suele concentrarse en las semillas y en el pericarpio de los ajíes (Claros, 2016).

Al evaluar los resultados del análisis proximal para el ají mirasol y el ají panca, pre y pos-OSS (Tabla 5), no se encontraron diferencias significativas para cenizas en el ají mirasol y proteína en el ají panca. La evaluación estadística muestra diferencias significativas en el contenido de capsaicina entre el pre y pos-OSS para ambos ajíes; esta pérdida puede deberse a la intensidad del tratamiento, o a factores como temperatura y tiempo de proceso (Carranza & Meza, 2015; Sanatombi & Rajkumari, 2019). Al respecto Henderson & Henderson (1992) indicaron que por efecto de la temperatura ocurre la degradación del contenido capsaicina, debido a que los grupos alquilo de la capsaicina son fragmentados, oxidados para dar vainillina y otros fenoles, en primer y segundo lugar, y por último la formación de alquilamida.

Tabla 5. Análisis de la composición proximal y contenido de capsaicina pre y pos-OSS del ají mirasol y ají panca

Componentes	Ají mirasol		Ají panca	
	pre-OSS	pos-OSS	pre-OSS	pos-OSS
Proteína (%)	9.8±0.43 ^a	13.8±0.34 ^b	15.4±0.65 ^a	15.8±0.80 ^a
Grasa (%)	1.3±0.36 ^a	10.1±0.17 ^b	1.9±0.30 ^a	10.6±0.72 ^b
Fibra (%)	11.9±0.45 ^a	14.2±0.50 ^b	19.5±0.62 ^a	16.1±0.40 ^b
Cenizas (%)	6.9±0.43 ^a	6.3±0.20 ^a	8.8±0.43 ^a	7±0.70 ^b
Carbohidratos (%)	69.9±0.60 ^a	55.6±0.70 ^b	54.4±0.55 ^a	50.4±0.72 ^b
Capsaicina (ppm)	863.2±2.90 ^a	751.9±3.80 ^b	405.6±3.10 ^a	315.1±3.37 ^b
Capsaicina (SHU)	10 612±4.35 ^a	10 100±10 ^b	5 129±3.60 ^a	4 391±6.55 ^b

Nota: Los resultados se expresan en base seca (b.s) como el promedio ± la desviación estándar de tres repeticiones. Las letras diferentes (^{a,b}) indican diferencias significativas según la prueba de comparación de Tukey ($p \leq 0.05$).

5. Conclusiones

Se determinó que la interacción peso-temperatura para el ají mirasol y peso-temperatura-tiempo para el ají panca son significativas en la reducción de aerobios y mohos, y que se obtienen mejores resultados con 3 kg de ají mirasol, 105 °C por 3 min, y con 3 y 4 kg de ají panca, 105 °C por 3 min, lo que demuestra que el tratamiento OSS es eficiente en procesos de descontaminación microbiana. El proceso OSS afecta la composición proximal de ají mirasol y del ají panca

a excepción de ceniza y proteína, respectivamente; el contenido de capsaicina en el ají mirasol disminuyó de 863.2 a 751.9 ppm, y en el ají panca de 405.6 a 315.1 ppm.

Referencias

- AOAC International. (2016). *Official Methods of Analysis of the AOAC International* (G. W. Latimer, Ed. 20.^a ed., Vol. 2). AOAC International.
- Aranha, B. C., Hoffmann, J. F., Barbieri, R. L., Rombaldi, C. V., & Chaves, F. C. (2017). Untargeted Metabolomic Analysis of *Capsicum* spp. by GC-MS. *Phytochemical Analysis*, 28(5), 439–447. <https://doi.org/10.1002/pca.2692>
- Bortolin, R. C., Caregnato, F. F., Divan Junior, A. M., Zanotto-Filho, A., Moresco, K. S., De Oliveira Rios, A., De Oliveira Salvi, A., Ortmann, C. F., De Carvalho, P., Reginatto, F. H., Gelain, D. P., & Fonseca Moreira, J. C. (2016). Chronic Ozone Exposure Alters the Secondary Metabolite Profile, Antioxidant Potential, Anti-inflammatory Property, and Quality of Red Pepper Fruit from *Capsicum baccatum*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 129, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.004>
- Carranza, L., & Meza, D. (2015). Efecto del tiempo y temperatura de pasteurización en la pérdida color y pungencia en una pasta de rocoto (*Capsicum pubescens*) [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio institucional digital. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2631>
- Carrizo, C., Barfuss, M. H. J., Sehr, E. M., Barboza, G. E., Samuel, R., Moscone, E. A., & Ehrendorfer, F. (2016). Phylogenetic Relationships, Diversification and Expansion of Chili Peppers (*Capsicum*, *Solanaceae*). *Annals of Botany*, 118(1), 35–51. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw079>
- Claros, J. (2016). Bioinsecticidas de capsaicinoides y glucosinolatos en el control de insectos plaga en las plantas de *Spartium junceum* L. (*Fabales; Leguminosae*) en el Valle del Mantaro [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional Digital UNCP. <https://bit.ly/2YwbcZz>
- Djordjević, M., Sterniša, M., Smole Možina, S., Beszédes, S., Šoronja Simović, D., Hodúr, C., Jokić, A., & Šereš, Z. (2019). Black Pepper (*Piper nigrum* L.) Bacterial Decontamination by Sterilization and Microwave Treatments. *Analecta Technica Szegedinsia*, 13(2), 1-5. <https://doi.org/10.14232/analecta.2019.2.1-5>
- Eliasson, L., Isaksson, S., Lövenklev, M., & Ahrné, L. (2015). A Comparative Study of Infrared and Microwave Heating for Microbial Decontamination of Paprika Powder. *Frontiers in Microbiology*, 6:1071. <https://doi:10.3389/fmicb.2015.01071>
- Gabriel, A. A., David, M. M. C., Elpa, M. S. C., & Michelena, J. C. D. (2020a). Decontamination of Dried Whole Black Peppercorns Using Ultraviolet-c Irradiation. *Food Microbiology*, 88, 103401. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103401>
- Gabriel, A. A., Melo, K. M. D., & Michelena, J. C. D. (2020b). Determination of the Utility of Ultraviolet-C Irradiation for Dried Bay Leaves Microbial Decontamination through Safety and Quality Evaluations. *LWT*, 117, 108634. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108634>
- Guevara, A., Cancino Chávez, K., & Llontop, G. (2017). Efecto del sistema de esterilización orgánica (OSS) en las propiedades nutricionales y funcionales del yacón (*Smallantus sonchifolius* Poepp. & Endl.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(3), 308–318. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i3.115>
- Guevara, A., Nolazco, D., Cancino, K., & Oliva, C. (2016). Descontaminación microbiana de la maca (*Lepidium meyenii*) aplicando el sistema de esterilización orgánica (OSS) para preservar sus propiedades nutricionales y sensoriales [Microbial Decontamination of Maca (*Lepidium meyenii*) Applying Organic Sterilization System (OSS) to Preserve Its Nutritional and Sensory Properties]. *Scientia Agropecuaria*, 7(1), 59–66. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.06>

- Guillen, N. G., Tito, R., & Mendoza, N. G. (2018). Capsaicinoids and Pungency in *Capsicum chinense* and *Capsicum baccatum* Fruits. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 48(3), 237–244. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4852334>
- Gurung, T., Techawongstien, S., Suriharn, B., & Techawongstien, S. (2011). Impact of Environments on the Accumulation of Capsaicinoids in *Capsicum* spp. *HortScience*, 46(12), 1576–1581. <https://doi.org/10.21273/hortsci.46.12.1576>
- Gutiérrez-Rosati, A., & Vega, B. (2016). Micropropagación in vitro de "ají marisol" *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. *The Biologist*, 14(2), 171–181. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/biologist/v14_n2/pdf/a02v14n2.pdf
- Henderson, D. E., & Henderson, S. H. (1992). Thermal Decomposition of Capsaicin: 1. Interactions with Oleic Acid at High Temperatures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 2263–2268. doi:10.1021/jf00023a042
- International Commission on Microbiological Specification for Foods. ICMSF. (2000). *Microorganisms in Foods* (3.^a ed., Vol. 1). Acribia.
- Kantar, M. B., Anderson, J. E., Lucht, S. A., Mercer, K., Bernau, V., Case, K. A., Le, N. C., Frederiksen, M. K., DeKeyser, H. C., Wong, Z. Z., Hasting, J. C., & Baumler, D. J. (2016). Vitamin Variation in *Capsicum* spp. Provides Opportunities to Improve Nutritional Value of Human Diets. *PLoS ONE*, 11(8), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161464>
- Kim, E., Lee, S., Baek, D., Park, S., Lee, S., Ryu, T., Lee, S., Kang, H., Kwon, O., Kil, M., & Oh, S. (2019). A Comparison of the Nutrient Composition and Statistical Profile in Red Pepper Fruits (*Capsicum annuum* L.) Based on Genetic and Environmental Factors [Una comparación de la composición de nutrientes y el perfil estadístico en frutos de pimiento rojo (*Capsicum annuum* L.) basada en factores genéticos y ambientales]. *Applied Biological Chemistry*, 62(48), s. p. <https://doi.org/10.1186/s13765-019-0456-y>
- Meckelmann, S. W., Riegel, D. W., van Zonneveld, M., Ríos, L., Peña, K., Mueller-Seitz, E., & Petz, M. (2014). Capsaicinoids, Flavonoids, Tocopherols, Antioxidant Capacity and Color Attributes in 23 Native Peruvian Chili Peppers (*Capsicum* spp.) Grown in Three Different Locations. *European Food Research and Technology*, 240(2), 273–283. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2325-6>
- Molnár, H., Bata-Vidács, I., Baka, E., Cserhalmi, Z., Ferenczi, S., Tömösközi-Farkas, R., Adányi, N., & Székács, A. (2018). The Effect of Different Decontamination Methods on the Microbial Load, Bioactive Components, Aroma and Colour of Spice Paprika. *Food Control*, 83, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.04.032>
- Morales-Soriano, E., Kebede, B., Ugás, R., Grauwet, T., Van Loey, A., & Hendrickx, M. (2018). Flavor Characterization of Native Peruvian Chili Peppers Through Integrated Aroma Fingerprinting and Pungency Profiling. *Food Research International*, 109, 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.030>
- Mudrić, S., Gašić, U. M., Dramićanin, A. M., Ćirić, I. Z., Milojković-Opsenica, D. M., Popović-Dordević, J. B., Momirović, N. M., & Tešić, Ž. Lj. (2017). The Polyphenolics and Carbohydrates as Indicators of Botanical and Geographical Origin of Serbian Autochthonous Clones of Red Spice Paprika. *Food Chemistry*, 217, 705–715. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.038>
- Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, Resolución Ministerial 591-2008/MINSA. (2008). <https://bit.ly/3nzPGzb>
- Plaza, A., & Lock-de-Ugaz, O. (1997). Colorantes naturales y la oleorresina de paprika. *Revista de Química PUCP* 11(1), 73-93. <https://bit.ly/3fhGIGl>
- Rojas, R., Patel, K., Ruiz, C., Calderón, R., Asencios, E., Quispe, F., & Marcelo, M. (2016). *Ajies nativos peruanos: Caracterización agro-morfológica, químico-nutricional y sensorial*. Universidad Peruana Cayetano Heredia. https://issuu.com/jerimo/docs/catalogo_aj_es_nativos_peruanos

- Rodríguez, H. (2016). *Ají peruano: Historia, cultura, sociedad y gastronomía*. Universidad Nacional Agraria La Molina Perú.
- Salazar, E. (2016). Efecto bacteriostático y bactericida de extractos de ají (*Capsicum chinense*) y pimiento (*Capsicum annuum* var. *annuum*) sobre cultivos de *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis: Repositorio de Tesis Digitales UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/5034>
- Sanatombi, K., & Rajkumari, S. (2019). Effect of Processing on Quality of Pepper: A Review. *Food Reviews International*, 36(6), 1–18. doi:10.1080/87559129.2019.1669161
- Villar, J. (2019). Capsaicinoides, compuestos fenólicos, actividad antioxidante in vitro y color de 100 accesiones de *Capsicum* spp. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4016>