

ACONDICIONAMIENTO Y MANEJO POSTCOSECHA PARA EL AMARANTO (*AMARANTHUS SPP*) DE HORTALIZA

MSc. Iván de Jesús Toro Hidalgo

Centro de Investigaciones del Estado Para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE), Independencia, Venezuela

itorociepe@gmail.com

ORCID 0009-0009-2368-9449

Resumen

El amaranto (*Amaranthus Spp*) es un cultivo autóctono olvidado que se debe recuperar, ya que constituye una valiosa fuente de nutrientes para el hombre (especialmente proteína de alta calidad nutricional); al respecto, la mayoría de las investigaciones se han orientado hacia el aprovechamiento de la semilla, aunque el follaje también es comestible y es posible emplearlo en la alimentación humana, para lograr el aprovechamiento integral de este rubro agrícola, al incorporar el consumo de las hojas y los tallos. Basándose en lo antes expuesto, se planteó el objetivo de definir el manejo postcosecha para el amaranto de hortaliza, lo cual implicó estructurar el proceso de la postcosecha de este producto hortícola y evaluar el efecto del acondicionamiento con cloruro de calcio (CaCl_2), en la conservación postcosecha del mismo. El desarrollo de los objetivos planteados comprendió: cultivo del material vegetativo, determinación del tiempo óptimo de cosecha, establecimiento del manejo postcosecha para la parte vegetativa de este producto agrícola y la ejecución de un ensayo de acondicionamiento del amaranto, con CaCl_2 , a tres concentraciones (1 %, 2 %, 3 %). Se concluye que el tiempo óptimo de cosecha del amaranto como hortaliza, se ubica a los 40 días contados desde la emergencia de la plántula; este producto se debe manejar durante la postcosecha como una hortaliza de hoja; el almacenamiento y distribución debe realizarse bajo refrigeración entre 5 °C y 10 °C; y el acondicionamiento del amaranto de hortaliza, con CaCl_2 al 1 %, disminuye la pérdida de peso durante la postcosecha.

Palabras clave: amaranto, hortaliza, cosecha, postcosecha, CaCl_2 .

Recibido: 30/06/2024

Aceptado: 24/11/2024

CONDITIONING AND POSTHARVEST MANAGEMENT FOR VEGETABLE AMARANTH (AMARANTHUS SPP)

Abstract

Amaranth (*Amaranthus Spp*) is a forgotten native crop that must be recovered, since it constitutes a valuable source of nutrients for humans (especially protein of high nutritional quality); in this regard, most of the research has been oriented towards the use of the seed, although the foliage is also edible and it is possible to use it in human nutrition, to achieve the comprehensive use of this agricultural product, by incorporating the consumption of the leaves and the stems. Based on the above, the objective was set to define the post-harvest management for vegetable amaranth, which involved structuring the post-harvest process of this horticultural product and evaluating the effect of conditioning with calcium chloride (CaCl_2), on the post-harvest conservation of the same. The development of the stated objectives included: the cultivation of the vegetative material, determination of the optimal harvest time, establishment of post-harvest management for the vegetative part of this agricultural product and the execution of an amaranth conditioning test, with CaCl_2 at three concentrations. (1%, 2%, 3%). It is concluded that the optimal crop time of amaranth as a vegetable, is located 40 days from the emergence of the seedling; storage and distribution must be carried out under refrigeration between 5 °C and 10 °C; and the conditioning of vegetable amaranth, with 1% CaCl_2 , reduces weight loss during postharvest.

Keywords: *amaranth, vegetable, harvest, postharvest, CaCl_2 .*

Introducción

En Venezuela existe gran variedad de recursos naturales autóctonos, algunos de antiguo origen, que en los tiempos precolombinos fueron base de la alimentación de las poblaciones nativas. Muchos de estos cultivos dejaron de emplearse y pasaron a formar parte de los llamados «cultivos olvidados». A nivel internacional, organismos como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), están realizando esfuerzos para desarrollar estos productos con el fin de ayudar a solucionar el problema de la falta de alimentos que aqueja a gran cantidad de habitantes en varias regiones del mundo (FAO, 2024).

El amaranto (*Amaranthus Spp*), conocido también como yerba caracas, bleado o pira, es uno de los cultivos olvidados que se está tratando de recuperar debido a que constituye una alternativa como fuente de proteína de origen vegetal, ya que sus granos poseen un contenido importante de proteínas (14 % a 19 % p/p), las cuales exhiben un balance muy equilibrado de aminoácidos esenciales (Guardianelli et al, 2020; Rangel et al, 2021, Rangel et al., 2024); por su parte, las hojas de este vegetal pueden contener hasta 8 % de proteínas, similar a otras hortalizas de hoja como la acelga y la espinaca, pero con mejor balance en cuanto a los aminoácidos esenciales e importante aporte de micronutrientes (Días, 2020). Los amarantos, eran cultivados en América antes de la llegada de los españoles; la semilla era consumida en distintas preparaciones, pero también se aprovechaban las hojas y tallos. Los pueblos indígenas que habitaron el territorio venezolano consumían prácticamente la totalidad de la planta, tanto sus hojas como hortaliza, como sus granos. Con la llegada de los europeos se inició un intenso intercambio de especies y técnicas de cultivos; en este intercambio, algunos de los cultivos autóctonos cobraron mayor importancia mientras que otros llegaron casi a desaparecer, como ocurrió con la yerba caracas (Gómez, 2018).

Palomo (2020), menciona que los colonialistas entendieron que la contextura de los guerreros nativos se debía a que se alimentaban con aquella planta, por lo cual decidieron debilitarlos a través de la comida, sustituyéndolo por el trigo y otras especies que no estaban acostumbrados a consumir. En este sentido, la sustitución de los cultivos nativos por los introducidos del viejo mundo y que eran los preferidos por los españoles, hicieron que el amaranto fuera eliminado de la dieta local por razones políticas y militares que, incluso asumieron la forma de motivos religiosos.

Actualmente, dada la tendencia mundial orientada hacia la calidad de alimentos en términos proteicos y energéticos, resurge el cultivo del amaranto como una excelente alternativa. En épocas recientes se ha incrementado su cultivo y aprovechamiento especialmente, en México y Centro América; además existe un gran interés en desarrollar comercialmente este rubro vegetal en varios países de Europa y América (Matías et al., 2018). Todo ello ha originado varios estudios para desarrollar la tecnología tanto agrícola, para el cultivo, como de procesamiento, para la obtención de productos. En cuanto al procesamiento, los estudios a nivel internacional se han orientado hacia el aprovechamiento de la semilla (Almirudis Echeverría et al., 2020; González et al., 2021; Zubillaga, et al., 2021; Ramírez et al., 2023), mientras que se ha realizado poca

investigación en cuanto a las posibilidades para aprovechar tecnológicamente la planta como hortaliza.

Entre las investigaciones orientadas al aprovechamiento de las hojas de amaranto, se encuentra el trabajo realizado por García (2013), quien estudió las proteínas de la parte vegetativa del amaranto, encontrando potencialidad tanto nutricional como funcional; por otra parte Luis et al. (2018), presentaron una investigación sobre los usos y potencialidades del amaranto, indicando que las hojas se pueden deshidratar y moler para elaborar cremas y bebidas, además de tener aplicación en la industria farmacéutica. En Colombia, Pacheco et al. (2024), hicieron un estudio del efecto de la inclusión de hojas de amaranto (*Amaranthus dubius*) en las propiedades de un yogurt frutado, encontrando la incorporación de harina de hojas de amaranto en el yogurt, incrementó el contenido de proteína en el producto lácteo.

En Venezuela se han estudiado algunas posibilidades de aprovechamiento de la semilla de amaranto (Boada, 1999; Tarazona y Hernández, 2000; Arcila y Mendoza, 2006; Cordero et al., 2024), aunque no se ha prestado mayor atención a las hojas y dado que estas son comestibles, constituyen una excelente fuente de minerales y vitaminas (hierro biodisponible hasta 57 ppm, vitamina A hasta 250 ppm), además de su contenido de proteínas de elevada calidad (Días, citado; Almirudis Echeverría et al., citado).

La calidad del contenido proteínico mayoritario del bleo puede compararse en varios parámetros a la de la proteína de la leche, la caseína, que se considera nutricionalmente la proteína por excelencia; la principal proteína en el amaranto, descubierta y bautizada como amarantina, es superior, nutricional y funcionalmente a cualquier otra proteína vegetal conocida hasta ahora ya que contiene lisina y triptófano, que son aminoácidos esenciales en la alimentación humana y que no suelen encontrarse (o se encuentran en cantidad despreciable) en la mayoría de los cereales (Rangel et al., citado).

En cuanto a la forma de consumir el amaranto como hortaliza, las hojas tiernas pueden reemplazar a otras hortalizas de hoja en ensaladas y las plántulas (hasta la fase fenológica de ramificación) se hierven en agua como si fueran espinacas o acelgas, para luego licuarlas y obtener un puré muy nutritivo. Las hojas enteras y mezcladas con papas pueden ser consumidas directamente teniendo un sabor y aroma muy característico, agradable y peculiar; también son utilizadas directamente en la preparación de sopas (Ramos et al., 2024).

Dado que las hortalizas de hoja como el amaranto son bastante perecederas, es importante aplicar un adecuado manejo durante la postcosecha, para garantizar su conservación. El principal método para alargar la vida útil de este producto hortícola es la refrigeración (Márquez, 2023; Qiu y Liu, 2021), que se puede combinar con un acondicionamiento postcosecha adaptado de los aplicados a otras hortalizas; en tal sentido, se ha determinado que la aplicación de cloruro de calcio favorece la conservación postcosecha de lechugas (León et al., 2007) y de otras hortalizas, combinado con tratamiento térmico (Herrera 2019), con otros conservantes (Pérez-Martínez et al., 2021) o con la aplicación de irradiación UV-C (Pérez et al., 2023).

De acuerdo a lo anterior, resulta importante estudiar el comportamiento postcosecha y evaluar métodos de acondicionamiento para este rubro hortícola, a fin de favorecer su conservación como producto fresco. En tal sentido, el

estudio que se expone en el presente escrito, se realizó con el objetivo de definir el manejo postcosecha para el amaranto como hortaliza, lo cual implicó, estructurar el proceso de la postcosecha de este producto hortícola y evaluar el efecto del acondicionamiento con cloruro de calcio, en la conservación postcosecha del mismo.

Metodología

La investigación realizada es de tipo experimental, que se caracteriza por la manipulación intencionada de las variables, analizando el impacto que ocasiona dicha manipulación (Ramos-Galarza, 2021). En este sentido, la definición del manejo postcosecha del amaranto como hortaliza implicó:

1. Estructuración del proceso de la postcosecha de este producto hortícola.

Las diferentes etapas que comprenden el proceso de la postcosecha del amaranto, fueron estructuradas de acuerdo al proceso general para hortalizas de hoja, que aplica la División de Postcosecha de la Fundación Centro de Investigaciones del estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE), fijando los parámetros de control particulares para este rubro, de acuerdo a referencias de estudios especializados y la verificación mediante ensayos experimentales.

1.1. Verificación del momento de la cosecha.

Se estableció una parcela experimental dividida en cinco (05) subparcelas, para el cultivo del amaranto en un terreno aledaño a la Fundación CIEPE, zona industrial Agustín Rivero, municipio Independencia, estado Yaracuy, Venezuela (la investigación realizada a nivel de producción primaria no se contempla en el presente escrito). Las subparcelas permitieron recolectar muestras a los 20, 30, 40, 50 y 60 días, a partir de la emergencia de las plántulas, para verificar el tiempo óptimo de cosecha aportado por Pilatasig (2020) y Qiu y Liu (citado).

La verificación se realizó mediante un análisis sensorial descriptivo (Manfu-gás, 2020), de la textura de las hojas, realizado por personal técnico conocedor del producto.

1.2. Parámetros de manejo postcosecha a controlar.

Los principales parámetros a controlar durante la postcosecha del amaranto son la temperatura y la humedad relativa ambiental de almacenamiento, para incrementar su tiempo de vida útil (Márquez, citado). Para verificar esto, se realizó un ensayo de almacenamiento en el que se controló la temperatura a 10 °C y la humedad relativa del ambiente a 90 %, en concordancia con lo encontrado por otros investigadores (Qiu y Liu, citado; Márquez, citado), quienes establecieron temperaturas de almacenamiento entre 5 °C y 13 °C y humedades relativas elevadas.

El ensayo consistió en evaluar la pérdida de peso al almacenar durante tres días, hojas de amaranto empacadas en bolsas selladas y con perforaciones, bajo las condiciones de refrigeración antes mencionadas, y en bolsas perforadas, a temperatura ambiente.

1.3. Esquema de manejo postcosecha para el amaranto de hortaliza.

Una vez realizadas las verificaciones del tiempo adecuado para la cosecha y de los parámetros de manejo postcosecha a controlar, se procedió a estructurar las etapas del esquema de manejo postcosecha del amaranto como hortaliza.

2. Evaluación del acondicionamiento de las hojas de amaranto con cloruro de calcio, para su conservación postcosecha.

- Se recolectaron las hojas de amaranto y se realizó una selección del material con mejores características, descartando las hojas que presentaron ataque de plagas y tamaño muy pequeño (< 10 cm de largo).
- Las hojas seleccionadas fueron lavadas con agua potable y desinfectadas por inmersión en agua clorada a 100 ppm.
- Las hojas desinfectadas se dividieron en 4 grupos, a las que se les aplicó los siguientes tratamientos: (0) Sin tratar con CaCl_2 , (1) Tratamiento con CaCl_2 a 1%, (2) Tratamiento con CaCl_2 a 2%, (3) Tratamiento con CaCl_2 a 3%.
- Cada grupo de muestras fue analizado para fijar los valores del tiempo 0. Los análisis realizados fueron pH, según la norma COVENIN 1315 (Servicio Desconcentrado de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos, 2021), peso, empleando una balanza analítica, color por reflectancia, empleando un colorímetro Hunter Lab.
- Una vez establecida las características fisicoquímicas que presentaban las muestras en el tiempo 0, se procedió a realizar el almacenamiento de las diferentes muestras envasadas en bolsas de polipropileno perforadas y en ambiente a 10°C y 90% de humedad relativa, realizando evaluación diaria, por un período de 4 días.
- Con los datos obtenidos en las evaluaciones realizadas se determinó la efectividad de la aplicación de cloruro de calcio para mejorar la conservación postcosecha de hojas de amaranto.

3. Procesamiento de datos.

Los datos obtenidos en los ensayos experimentales, inicialmente se evaluaron mediante la prueba de Dixon para valores atípicos, para garantizar la ausencia de datos dudosos, luego se efectuó el análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey HSD para diferencia de medias, con $\alpha = 0,05$, con la finalidad de detectar diferencias significativas que aporten información de interés para la estructuración del proceso de la postcosecha el amaranto de hortaliza.

Resultados y Análisis

1. Estructuración del proceso de la postcosecha de este producto hortícola.

1.1. Verificación del momento de la cosecha.

En la tabla 1, se muestra el resultado de la evaluación sensorial aplicada para verificar el tiempo de cosecha adecuado para el amaranto de hortaliza. Se puede apreciar que a medida que transcurre el tiempo desde la emergencia de la plántula, las hojas evidencian más sus nervaduras tanto mediante apreciación visual como al tacto, pasando su presencia, desde nervaduras muy delgadas y prácticamente no detectadas por el tacto en el día 20, hasta muy prominentes y resaltantes al tacto en el día 60, por otra parte, el tamaño de las hojas se estabilizó en el día 40. Entre los días 30 y 50 se visualizó una apariencia fresca y en el día 60 se detectó al tacto una textura algo áspera y fibrosa, que podría causar rechazo por parte de los consumidores.

Tabla 1. Análisis sensorial descriptivo de la textura de hojas de amaranto cosechadas en cinco (05) tiempos, desde la emergencia de la plántula.

Días después de emerger la plántula	Textura visual	Textura al tacto
20	Hojas de tamaño pequeño, apariencia tierna, presencia de pocas nervaduras muy delgadas.	Muy suave, lisa y delicada.
30	Hojas de tamaño regular, apariencia fresca, presencia de nervaduras delgadas.	Suave, algo quebradiza, las nervaduras se pueden detectar levemente con el tacto.
40	Hojas de tamaño adecuado, apariencia fresca, presencia de nervaduras delgadas y prominentes.	Suave, algo quebradiza, las nervaduras se pueden detectar con el tacto.
50	Hojas de tamaño adecuado, apariencia fresca, presencia de nervaduras prominentes.	Suave, algo quebradiza, las nervaduras se pueden detectar con el tacto.
60	Hojas de tamaño adecuado, apariencia poco fresca, presencia de nervaduras muy prominentes.	Algo áspera, fibrosa y quebradiza, las nervaduras resaltan al tacto.

Nota: Elaboración propia

De acuerdo al párrafo anterior, el tiempo de cosecha adecuado para el amaranto de hortaliza se ubica en los días 30 y 50, posteriores a la emergencia de la plántula, preferentemente a los 40 días para lograr las mejores características de dicha hortaliza. Esto coincide con lo encontrado por Alfaro et al. (1987), quienes además determinaron que para el día 60 ocurre una disminución en el contenido de proteína y el incremento de la fibra cruda, por lo que no recomiendan esperar hasta el día 60 para efectuar la cosecha. Qiu y Liu (citado), mencionan que la cosecha se puede iniciar en el día 20 y extenderse hasta la aparición de las flores, pero basado en lo encontrado en la presente investigación y lo planteado por Alfaro et al. (citado), no es recomendable la cosecha después de los 50 días.

1.2. Parámetros de manejo postcosecha a controlar.

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el ensayo realizado para evaluar la pérdida de peso al almacenar durante tres días, hojas de amaranto empacadas en bolsas selladas y con perforaciones, bajo las condiciones de refrigeración antes mencionadas, y en bolsas perforadas, a temperatura ambiente. Se puede apreciar que las hojas almacenadas a temperatura ambiente en bolsas perforadas, presentaron una marcada pérdida de peso (81,52 %), mientras que, para las hojas almacenadas en envases similares, a temperatura de refrigeración (10 °C), la pérdida de peso fue mucho menor (28,23 %), evidenciando que la condición de refrigeración ensayada favorece la conservación de esta hortaliza.

Por otra parte, las hojas de amaranto envasadas en bolsas selladas y almacenadas en condiciones de refrigeración, únicamente perdieron 2,30 % de su peso, lo cual indica que esta es la forma de almacenamiento que se debe realizar, para garantizar la conservación de producto hortícola en estado fresco. Cabe señalar que no se realizó el almacenamiento a temperatura ambiente en bolsas selladas, debido a que en un ensayo preliminar se encontró que bajo esta

condición las hojas se deterioran rápidamente, a causa de la humedad acumulada en el interior del envase como producto de la respiración de las hojas y la temperatura ambiental que favorece el deterioro.

Tabla 2. Evaluación de la pérdida de hojas de amaranto bajo tres condiciones de almacenamiento, durante tres días.

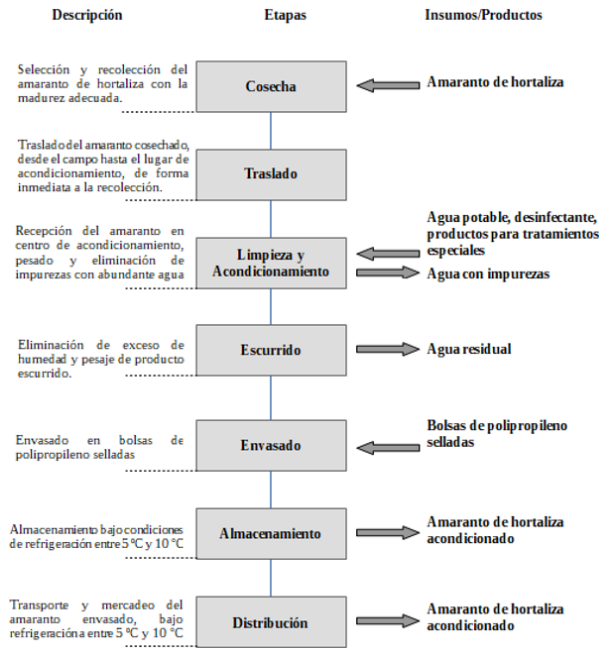
Muestra	Días / Peso (g)				Pérdida de peso (%)
	0	1	2	3	
BSR	20,86	20,51	20,41	20,38	2,30
BPR	20,12	17,59	15,82	14,44	28,23
BPTA	20,02	12,17	6,85	3,7	81,52

Nota: Elaboración propia; BSR: Bolsas selladas refrigeradas, BPR: Bolsas perforadas refrigeradas, BPTA: Bolsas perforadas a temperatura ambiente.

1.3. Esquema de manejo postcosecha para el amaranto de hortaliza.

De acuerdo a las etapas que contempla el proceso general para hortalizas de hoja, el esquema de manejo postcosecha del amaranto de hortaliza sigue la secuencia: Cosecha, traslado, limpieza y acondicionamiento, secado, envasado, almacenamiento y distribución (figura 1). La temperatura de almacenamiento, transporte y mercadeo puede regularse entre 5° C y 10 °C, para garantizar la adecuada conservación de la hortaliza (Pilatasig, citado; Qiu) y no es necesario el control de la humedad relativa ambiental, debido a que el producto se envasa en bolsas selladas, que impiden la deshidratación del amaranto por baja humedad relativa del ambiente.

Figura 1. Esquema tecnológico de manejo postcosecha del amaranto de hortaliza



Nota: Elaboración propia.

Descripción de las etapas

Cosecha: en esta etapa se procede a la selección y recolección del amaranto de hortaliza con la madurez adecuada. El manejo que se debe realizar en esta etapa para garantizar la calidad del amaranto recolectado es el siguiente:

- Realizar desinfección constante de los implementos de trabajo (machete, tijera de podar, cuchillos, lonas,) para proteger de contaminación al amaranto cosechado.
- El amaranto recolectado debe disponerse en cestas plásticas previamente lavadas y desinfectadas, para evitar contaminaciones que puedan afectar la vida útil del producto.
- La cosecha debe realizarse preferiblemente en horas de la mañana, de 6:00 a.m. hasta la 10:00 a.m., para evitar las altas temperaturas del día. Para el caso de las horas de la tarde se recomienda un horario de 4:00 p.m. hasta las 6 p.m.
- Se debe cosechar las plantas que presenten la madurez adecuada. Se recomienda realizar la cosecha del cultivo entre 30 y 50 días posteriores a la emergencia de las plántulas. Se puede retirar la planta completa o cortar las ramas que presenten hojas con las mejores características; en este caso, es posible volver a cosechar las nuevas ramas que salgan en las plantas podadas, aproximadamente dos semanas después.
- Se debe evitar que el amaranto cosechado entre en contacto con el suelo para evitar la contaminación del producto.
- Evitar la sobrecarga de las cestas que pueda causar daños al amaranto, para esto, se debe llenar hasta un máximo de $\frac{3}{4}$ de la altura del envase.

Traslado: una vez recolectado, el amaranto debe ser trasladado inmediatamente al lugar de acondicionamiento, evitando la exposición prolongada al sol y con una adecuada aireación, debido a que se trata de una hortaliza altamente perecedera a temperatura ambiente. Además, debe ser manipulado cuidadosamente para evitar la contaminación o algún daño mecánico que ocasione aceleración en su proceso de senescencia:

- Limpiar y lavar cuidadosamente el vehículo donde se realizará el traslado de la cosecha, para evitar la contaminación del amaranto por residuos de actividades previas que hayan realizado en dicho vehículo, tales como: traslado de envases de combustible que pudieran causar derrames, agroquímicos y abonos orgánicos.
- Apilar las cestas contentivas del amaranto de tal manera que no se ocasionen daños por compresión al producto durante el transporte.
- Sujetar la carga correctamente de manera que la cuerda no dañe el producto.
- Se recomienda el uso de lonas para evitar que la radiación solar incida directamente en el amaranto, así como también, protegerlo de posibles lluvias. Se debe cubrir la superficie superior de la carga y dejar los laterales, para favorecer la aireación.

Limpieza y acondicionamiento: al recibir el amaranto en el centro de acondicionamiento, se procede a pesarlo y seguidamente se inicia el proceso de limpieza y acondicionamiento:

- Garantizar la limpieza y desinfección de los implementos de trabajo (mesas, tijera de podar, cuchillos y bandejas), a utilizar en la jornada de clasificación, limpieza y acondicionamiento del amaranto recibido.

- Eliminar los residuos del suelo, malezas y materia orgánica que pueda traer la cosecha proveniente del campo que pueden deteriorar el producto.

- Realizar una clasificación del amaranto tomando en consideración los siguientes criterios de calidad:

- 1- Tallos bien formados, enteros y frescos.

- 2- Tallos crujientes al quebrarse.

- 3- Hojas sanas de tamaño uniforme.

- 4- Aspecto fresco.

- 5- Hojas verdes y sin daños.

- Realizar el lavado mediante inmersión en abundante agua potable fría (5 °C), para retirar el calor del campo y eliminar las impurezas, que puedan estar presentes.

- Aplicar tratamiento con una solución desinfectante de agua clorada (100 ppm) preferiblemente enfriada a 5°C, durante 45 a 60 segundos y luego enjuagar con agua potable.

- Opcionalmente, realizar acondicionamiento con cloruro de calcio u otro producto que favorezca la conservación de la hortaliza.

Secado: en esta etapa se procede a eliminar el excedente de agua presente en el amaranto limpio y acondicionado, empleando un tamiz vibratorio, centrifugas, ventiladores u otro equipo adecuado que permita retirar el exceso de humedad del mismo, sin ocasionarle daños mecánicos.

Envasado: se recomienda envasar en bolsas de polipropileno selladas, para evitar la pérdida de peso del amaranto durante el almacenamiento y distribución.

Almacenamiento: la condición ambiental más favorable para la conservación del amaranto envasado en bolsas selladas, es refrigeración a 5 °C – 10 °C, y si se envasa en bolsas perforadas o se almacena en cestas, se debe emplear humedad relativa ambiental elevada (>90 %), aunque en este caso ocurrirá una pérdida de peso del amaranto, según se pudo comprobar en el ensayo de almacenamiento realizado.

Distribución: la distribución del amaranto al consumidor debe realizarse manteniendo la cadena de frío, en iguales condiciones del almacenamiento.

2. Evaluación del acondicionamiento de las hojas de amaranto con cloruro de calcio, para su conservación postcosecha.

En la tabla 3 se muestran los resultados del almacenamiento a 10 °C y 90 % de humedad relativa ambiental (HR), de muestras de hojas de amaranto tratadas con cloruro de calcio (0 %, 1 %, 2 % y 3 %), envasadas en bolsas de polipropileno perforadas. Se emplearon bolsas con perforaciones, por ser la condición más desfavorable de almacenamiento bajo refrigeración, según el ensayo realizado anteriormente, lo cual permite evaluar si efectivamente el cloruro de calcio favorece la conservación de las hojas.

Al evaluar el comportamiento del pH se puede apreciar que para todos los casos hubo una variación alrededor de 0,5 U pH, lo cual permite inferir que no ocurrió deterioro por reacciones fermentativas que afecten su calidad, ya que dicha variación es pequeña. En este sentido, se puede inferir que no se requiere el tratamiento de cloruro de calcio para mantener el pH de las hojas durante el almacenamiento.

Tabla 3. Evaluación del efecto del tratamiento con cloruro de calcio, de hojas de amaranto, sobre su conservación postcosecha, con almacenamiento a 10 °C y 90% de HR.

TRATAMIENTOS	DÍAS	ANÁLISIS					
		PH (U pH)	Peso (g)	Pérdida de Peso (%)	Color		
					L*	a*	b*
Sin CaCl ₂	0	6,85	3,74	-	31,19	-5,10	11,72
	1	6,61	3,02	19,25	39,89	-2,55	19,13
	2	6,69	2,66	28,87	42,26	-6,47	20,29
	3	6,83	2,47	33,95	43,04	-6,79	22,37
	4	6,99	2,34	37,43 ^a	40,32	-3,10	16,25
1% de CaCl ₂	0	7,27	3,82	-	34,63	-7,28	16,19
	1	6,86	3,24	15,18	35,91	-6,54	14,45
	2	7,16	2,96	22,51	40,81	-6,57	20,96
	3	7,01	2,60	31,93	45,21	-6,05	21,85
	4	6,86	2,52	34,03 ^b	42,75	-4,99	22,33
2% de CaCl ₂	0	7,30	3,71	-	33,01	-1,78	14,98
	1	7,04	3,22	13,20	40,88	-6,82	19,02
	2	7,15	2,82	23,98	36,46	-5,91	16,06
	3	7,09	2,55	31,26	42,74	-7,20	20,36
	4	6,73	2,36	36,38 ^c	36,80	-5,30	15,05
3% de CaCl ₂	0	7,14	3,92	-	33,72	-1,77	14,04
	1	6,91	3,30	15,81	133,7 2	-1,77	14,04
	2	7,06	2,91	25,76	41,72	-5,90	16,11
	3	6,98	2,70	31,12	44,34	-6,12	20,02
	4	6,64	2,57	34,43 ^d	44,05	-6,38	18,75

Nota: Elaboración propia; a, b, c d: Para el cuarto día de almacenamiento, los valores de pérdida de peso entre los 4 tratamientos presentan diferencias estadísticamente significativas (Tukey HSD; a= 0,05).

En cuanto a la pérdida de peso, se puede apreciar que la muestra sin aplicación de cloruro de calcio, al cuarto día de almacenamiento perdió 37,43 %, mientras que las muestras tratadas con cloruro de calcio: 1%, 2% y 3%, perdieron 34,03 %, 36,38 % y 34,43% respectivamente. De esto se tiene que la aplicación de cloruro de calcio, en general, reduce la deshidratación de las hojas de amaranto durante el almacenamiento en ambiente de 10 °C y 90 % de HR y que resulta más efectivo el tratamiento con solución al 1%.

La evaluación de color se realizó mediante el método de reflectancia, en el que se miden los parámetros L, a* y b*, donde L es luminosidad en una escala que va de 0 a 100, a* es una gama de colores que van dese valores – para verde y positivos para rojo, b* es una gama de colores que van dese valores – para azul y positivos para amarillo. En general, todas las muestras mostraron una

tendencia a incrementar su brillo durante el almacenamiento iniciando con valores alrededor de 30 (día 0) y terminando con valores alrededor de 40 (día 4), lo cual indica que al parecer esta es una característica de las hojas de amaranto almacenadas bajo las condiciones fijadas, posiblemente debido a revelación de pigmentos claros como flavonoides y carotenoides, a expensas de la respiración de las hojas (Toro y Caro, 2020).

En cuanto al parámetro a^* , este se ubicó alrededor de -6, lo cual indica color verde característico para una hortaliza de hoja y se detectó incrementos de alrededor de 0,55 para todos los tratamientos. El parámetro b^* evidenció un pequeño incremento (alrededor de 5) de la coloración amarilla a medida que transcurría el almacenamiento; esto concuerda con el incremento del brillo descrito anteriormente. De lo anterior se tiene que la aplicación de cloruro de calcio no tuvo influencia en cuanto al mantenimiento de las características de color de las hojas de amaranto almacenadas.

Conclusiones

La índice cosecha de tipo cronológico permite obtener plantas de amaranto, con las características adecuadas para el consumo como hortaliza, al realizar la recolección entre 30 y 50 días, posteriores a la emergencia de la plántula. El amaranto de hortaliza se debe envasar en bolsas de polipropileno selladas, además de ser almacenado y distribuido bajo refrigeración entre 5 °C y 10 °C, para protegerlo de la pérdida de peso y favorecer su conservación durante la postcosecha.

El amaranto de hortaliza, se debe manejar durante la postcosecha como una hortaliza de hoja y comprende las etapas: cosecha, traslado, limpieza y acondicionamiento, secado, envasado, almacenamiento y distribución. El tratamiento de hojas de amaranto con cloruro de calcio, mostró poca influencia en el mantenimiento de los parámetros pH y color, durante 4 días de almacenamiento a 10°C y 90% HR. en bolsas de polipropileno perforadas.

El tratamiento con cloruro de calcio a 1%, disminuyó la deshidratación de las hojas de amaranto envasadas en bolsas de polipropileno perforadas y almacenadas a 10°C y 90% de HR. durante 4 días. Las hojas de amaranto tratadas con solución de cloruro de calcio conservan sus características de calidad para consumo como hortalizas de hoja, al ser almacenadas en bolsas de polipropileno perforadas, durante 4 días en ambiente a 10 °C y 90% de HR.

Referencias

- Alfaro M., Martínez A., Ramírez R. y Bressani R. (1987). Rendimiento y composición química de las partes vegetativas del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*, L.) en diferentes etapas fisiológicas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 37(1):108-21, mar. 1987. <https://www.alan-revista.org/ediciones/1987/1/art-11/>
- Almirudis Echeverría, S. J., Ramírez Wong, B., Medina Rodríguez, C. L., Magaña Barajas, E., Torres Chávez, P. I., y Ledesma Osuna, A. I. (2020). Actividad antioxidante de harinas de amaranto obtenidas por extrusión y análisis parcial de su calidad proteica in vivo. Biotecnia, 22(1), 24-31. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1121>

- Arcila N. y Mendoza Y. (2006). Elaboración de una bebida instantánea a base de semillas de amaranto (*Amaranthus cruentus*) y su uso potencial en la alimentación humana. *Rev. Fac. Agron.. Caracas.* v. 23 (1): 110-119. <https://n9.cl/r170x3>
- Boada. L. (1999). Influencia de la temperatura en la obtención de una bebida instantánea con amaranto (*Amaranthus cruentus*) a nivel de planta piloto. Trabajo Especial de Grado. Ingeniería de Alimentos. Universidad Simón Rodríguez.
- Cordero, A. A., Cordero, J. R., y Fuentes, E. J. (2024). Obtención de una bebida refrescante a base de amaranto, banana y lactosuero. *RevITA*, 1(2), 2-11. DOI: <https://doi.org/10.22305/revita-unpa.v1.n2.1024>
- Días A. (2020). Caracterización física, química, funcional y sensorial de hojas de amaranto (*Amaranthus spp.*) para consumo hortícola. Memoria para optar al título profesional de: Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Santiago de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/182830/DIAS20RODRIGUEZ%20ALEJANDRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Galarza, C. A. R. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciaAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10(1), 1-7. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7890336.pdf>
- García M. (2013). Potencial biotecnológico de las proteínas de la fracción vegetal del amaranto. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. Publicación # 10, 8 p. <http://1-11.ride.org.mx/index.php/RIDSECUNDARIO/article/view/590/578>
- Gómez, N. (2018). El súper alimento oxigenante cerebral que pasa desapercibido para muchos. <https://actualidad.rt.com/actualidad/291787-super-alimento-oxigenante-cerebral-pasa-desapercibido>
- González, M. C., Hurtado, Y. R., y Muñoz, L. G. L. (2021). Evaluación de una emulsión alimentaria tipo aceite en agua estabilizada con proteína vegetal del grano de amaranto (*Amaranthus lividus*). *Alimentos Hoy*, 29(56), 15-28. <https://www.researchgate.net/publication/359909713>
- Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., y Puppo, M. C. (2020). Perfil nutricional de harinas de semillas de amaranto germinadas. In XXI Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos y XVII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos-CyTAL@-ALACCTA 2019 (Buenos Aires, 20 al 22 de noviembre de 2019). [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/121712/ Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/121712/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1)
- Herrera, C. (2019). Efecto de tratamiento químico y térmico en la conservación post cosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Tesis para optar el Título Profesional de: Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. <https://n9.cl/b5tw2>

- León A., Frezza D. y Chiesa Á. (2007). Evolución del color en lechuga (*Lactuca sativa* L.) mantecosa mínimamente procesada: efecto del troceado y la inmersión en cloruro de calcio. V Congreso Iberoamericano de Tecnología postcosecha y Agroexportaciones. Tecnología, calidad y seguridad. <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/c4cccb28f42a-4f96-9e84-f086e6dc2f32/content>
- Luis G., Hernández B., Caballero V., Torres N., Espinoza V. y Ramírez L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). JONNPR. 3(6):423-436. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6521553.pdf>
- Márquez J. (2023). Producción de amaranto (*Amaranthus* spp.) Bajo diferentes condiciones de manejo en campo y postcosecha. Tesis para optar al Grado de Magister en Producción Agrícola. Universidad de Chile. Santiago de Chile. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/199119/2023_Juan_M%c3%a1rquez_Guilardes.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Matías G., Hernández B., Peña V., Torres N., Espinoza V. y Ramírez L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto. (*Amaranthus* spp.) <https://www.jonnpr.com/PDF/2410.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO, 2024). Promoviendo la Transformación de los Sistemas Agroalimentarios en México: El Rol del Amaranto. <https://www.fao.org/mexico/noticias/detail-events/en/c/1681339/>
- Palomo, E. (2020). Amaranto, el cultivo precolombino que alimenta a los astronautas. Revista El Economista. <https://revistas.eleconomista.es/agro/2020/julio/amaranto-el-cultivo-precolombino-que-alimenta-a-los-astronautas-CG3954949>
- Pérez, P., Agüero M., Fernández, M. y Jagus, R. (2023). Efecto del cloruro de calcio y de la irradiación UV-C en el potencial antioxidante de hortalizas listas para el consumo. IV Congreso Argentino de Biología y Tecnología Poscosecha. La Plata, 30 de agosto al 1 de septiembre de 2023. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/167520/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pérez-Martínez, B., Ramos-Dubón, E., Ramos-Cortez S. y Munguía, H. (2021). Evaluación de dos combinaciones de conservantes y su efecto sobre un producto hortícola de IV Gama. Revista Agrociencia, Año IV, Número 18, pp. 38-49. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/22928/1/13101732.pdf>
- Pilatasig E. (2020). Estudio Fenológico de la Línea Promisoria de Amaranto (*Amaranthus* Spp.) Utc 008 en dos localidades, Parroquia Tigualo y Laigua de Maldonado Provincia de Cotopaxi. 2020. Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga. Ecuador, septiembre 2020. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7052/1/PC-001010.pdf>
- Qiu, Y., y Liu, G. (2021). Production Guide of Vegetable Amaranth for Florida. University of Florida. USA, february 2021. <https://n9.cl/jltske>

- Pacheco, Y. E. G., Stand, L. I. M., Pinto, N. G. M., Obeso, M. A. C., y Botero, L. A. (2021). Efecto de la inclusión de hojas de amaranto (*Amaranthus dubius*) en las propiedades de un yogurt frutado. *Inge Cuc*, 17(1), 340-350. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/download/3221/3309>
- Ramírez, A. N. M., Guardado, F. N. B., Magno, D. L. J., Pedraza, B. P. L., Solís, S. A. M., Nava, E. P. T., y Morales, M. E. S. (2023). Análisis de mercado y sensorial de pasta con harina de amaranto fortificada con suero de leche. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 501-508. DOI: <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.67>
- Ramos, Y. R., Andrade, O., Morales, Y. R., y Coré, K. (2024). Producción, agronomía y usos culinarios del *Amaranthus* spp. de Tochimilco, Puebla, México. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 31(1), 15-15. <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/aci/article/download/2256/2982>
- Rangel, E. E., Hernández, L. F. S., Ramos, M. G. V., Molina, L. G., López, D. E., y Delgado, M. J. A. (2021). Tiene el amaranto el potencial agronómico para ser un fenómeno mundial como la quinua. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(8), 1459-1471. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2897>
- Rangel, E. E., Garay, A. V. A., Vázquez, E. M., y González L. R. (2024). Análisis de la producción de amaranto en huixcazdhá, hidalgo. competitividad de las exportaciones mexicanas de hortalizas, pp. 44-53. <https://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2024/08/Com-Exp-Mex-Hort.pdf#page=44>
- Servicio Desconcentrado de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos (2021). Alimentos. Determinación del pH (Acidez Iónica) (1ra. Revisión). (COVENIN 1315:2021)
- Tarazona, R. y Hernández, Y. (2000). Obtención de un alimento texturizado a partir de amaranto (*Amaranthus cruentus*) y Quinchoncho (*Cajanus cajan*) como alternativa de carne vegetal. Trabajo especial de Grado. Ingeniería de Alimentos. Universidad Simón Rodríguez. Núcleo Canoabo.
- Toro I., y Caro M. (2021). Comportamiento respiratorio y evolución del color, durante la maduración de mango (*Mangifera indica* L.), cosecha 2016, cultivado en el estado Yaracuy, Venezuela. *In situ*. 4 (4), 145-159. https://insitu.com.ve/sdm_downloads/comportamiento-respiratorio-y-evolucion-del-color-durante-la-maduracion-del-mango/
- Zubillaga, M. F., Gallego, J. J., y Alder, M. (2021). Amaranto: una alternativa de diversificación productiva de calidad nutricional en la norpatagonia argentina. <https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/8196/3/Libro-agrarias-volume-5%282%29.pdf>

Iván de Jesús Toro Hidalgo: Técnico Superior Universitario en Química, Instituto Universitario de Tecnología Valencia, (IUTVAL); Ingeniero de Alimentos, Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNESR); Magíster en Ciencia de los Alimentos, Universidad Simón Bolívar (USB); Investigador Representante de la División de Postcosecha y Auditor Interno del Sistema de Gestión de la Calidad, Fundación Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE); Integrante de los comités técnicos para la normalización de, Productos Alimenticios (CT10), Envases y Embalajes (CT16), Subcomité Técnico para la Normalización de Productos Diversos (CT12, Mesa Técnica de Normas para Cocuy) y Presidente del Subcomité Técnico de Normalización de Frutas, Hortalizas y Productos Derivados (SC6/CT10), Servicio Desconcentrado de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER); Investigador Acreditado por el Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII).