



EL COLOR EN LAS ACEITUNAS NEGRAS NATURALES DE MESA. NUEVA TÉCNICA DE MENSURA DIGITALIZADA PARA OPTIMIZAR EL MÉTODO DE OSCURECIMIENTO NATURAL ¹

COLOR IN NATURAL BLACK OLIVES.
A NEW METHOD FOR DIGITIZED MEASURE FOR NATURAL BROWNESS
PROCESS IMPROVEMENT

Claudia V. Lúquez Bibiloni ²
José Miguel Aguilera Radic ³

Originales
Recepción: 07/07/2005
Aceptación: 29/08/2005

RESUMEN

Se aplicó un nuevo método para la evaluación objetiva del color en aceitunas de mesa, basado en el análisis de la intensidad de reflexión de cada uno de los colores primarios que componen la luz blanca (rojo, verde y azul), según las longitudes de onda del Sistema RGB. Se trabajó con programas informáticos para el análisis de imágenes digitales color tipo BMP de 24 bits. Este trabajo proporciona mayor información sobre el pardeamiento de las aceitunas naturales en salmuera, lo que sería muy útil para incrementar la efectividad del proceso. El método propuesto es rápido y no destructivo, prometiendo ser muy práctico ya que permite que una misma muestra pueda ser evaluada en el tiempo.

Se investigaron los cambios de color en aceitunas elaboradas naturalmente, con diferentes grados de madurez (pintas, rojas y negras) y a diferentes valores de pH (3,6 - 4,0 - 4,5), expuestas al aire durante períodos crecientes de tiempo. Se cuantificó el grado de oscurecimiento a través de Índices de Intensidad de Reflexión. La evolución del índice de reflexión en función del tiempo generó una curva polinomial de 4° grado que reveló el comportamiento sigmoidal del fenómeno de

ABSTRACT

A new method for color objective valuation in natural black olives was developed for determining the level of brownness, based on reflection intensity analysis of primary colours that compose white light (red, green and blue), according to RGB system wave lengths. Computer software's for analysis of 24 bits BMP colour type digital images was used. This paper provides more information on the browning of natural olives in brine, which could be suitable in increasing process effectiveness. The method proposed is non-destructive and rapid, which could be useful because allows that the same sample can be valued in the time.

The changes of colour in natural black olives were investigated at different degrees of maturity (pinto, red and black), at dissimilar values of pH (3.6 - 4.0 - 4.5), and exposed to aeration during increasing periods of time. The degree of darkening through Indices of Intensity of Reflection (IIR) was quantified. The evolution of the reflection index (IIR) based on time generated a polynomial curve of 4° degree, which reveals the sigmoid behaviour of enzymatic browning phenomenon, with

- 1 Extracto de la parte II de la tesis doctoral: *El color en las aceitunas de mesa. Nueva técnica de mensura digitalizada de las variables cromáticas para optimizar el método de oscurecimiento natural*, realizada en la Facultad de Enología y de Industria Frutihortícola «Don Bosco», Universidad «Juan A. Maza», Mendoza, Argentina. (El extracto de la parte I fue publicado en la Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo, 37(2): 33-40).
- 2 Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Alte. Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina. M5528AHB. ccea@fca.uncu.edu.ar
- 3 Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Guelph, Notario, Canadá.

Palabras clave

aceitunas naturales de mesa • color • pardeamiento enzimático • grado de madurez • tiempo de aireación • pH

Key words

natural olives (green, red and black type) • objective colour measurement • digital image analysis • predicting browning

pardeamiento enzimático, con la máxima correlación a las 8 horas de aireación. Esta función permitiría predecir el fenómeno de pardeamiento en las aceitunas negras y representa una medición objetiva del grado relativo de pardeamiento. La evolución del color rojo ($\lambda = 700,0$ nm) exhibió la mayor correlación con el proceso de pardeamiento. Las aceitunas rojas naturales a pH 4,5 presentaron óptimo pardeamiento. El espectro de reflexión para el color azul ($\lambda = 435,8$ nm) se sugiere como medida de la actividad de la enzima PPO (polifenoloxidasas).

maximal correlation at 8 hours of aeration. This function shows promise for predicting browning phenomenon in black olives, and represents an objective measurement of the relative degree of browning. Red colour evolution ($\lambda = 700.0$ nm) exhibited the greatest correlation in browning process. Natural red olives at pH 4.5 displayed optimal browning intensity. The reflection spectrum for blue colour ($\lambda = 435.8$ nm) is suggested for objective measurement of the PPO (polyphenoloxidase) enzyme activity.

INTRODUCCIÓN

El color como índice de calidad

El color de un alimento es fundamental en el momento de apreciar su calidad ya que es lo primero que percibe el consumidor, siendo esta valoración en gran medida subjetiva. En las aceitunas de mesa de un mismo lote, el color presenta elevada variabilidad, debido a que está asociado al grado de maduración del fruto, al proceso de elaboración, al pH de la solución o a la presencia de alguna alteración. El industrial busca obtener un producto lo más homogéneo posible, de cualidades organolépticas óptimas. Lo ideal sería poder asignar al color un valor numérico y evitar problemas en el momento de su comercialización. El propósito de este trabajo es desarrollar un método objetivo para la valoración cuantitativa del color de las aceitunas.

Las aceitunas negras naturales se elaboran a partir del fruto maduro de color negro violáceo intenso. En la variedad Arauco, muy cultivada en Mendoza, Argentina, es muy difícil lograr una maduración homogénea, debido a la latitud en la que se ubica la provincia. El producto requerido por los consumidores debe presentar coloraciones que van del verde pardusco al rosado, hasta llegar al negro violáceo intenso, siendo estas tonalidades su característica diferencial de alta calidad y la garantía de una elaboración absolutamente natural. Si se recurriera a la coloración artificial, el producto elaborado perdería sus cualidades organolépticas originales.

Pigmentos cloroplásticos de la aceituna

Los pigmentos responsables del color verde son las clorofilas, y del color amarillo los carotenoides. Cada estado de madurez de la aceituna tiene límites determinados de concentración de pigmentos. Cuando los frutos son verdes, las clorofilas y los

carotenoides están agrupados en el cloroplasto en una relación de 5:1. Estudios realizados en las variedades Hojiblanca y Manzanilla han demostrado que la proporción de los pigmentos cloroplásticos es idéntica para ambas variedades y se mantiene inalterada hasta el momento en que entran en acción las antocianinas (21, 22).

Los compuestos fenólicos y la salud

Se han relacionado las dietas ricas en vegetales con la reducción de los riesgos de contraer cáncer y enfermedades cardiovasculares (5, 28). En el fruto del olivo, la pulpa tiene una elevada cantidad de compuestos fenólicos: alrededor del 5 % de su peso seco. Posee compuestos fenólicos sencillos, taninos, lignanos, antocianinas, flavonoides, sustancias amargas (oleuropeína), y antioxidantes (30). En las vacuolas de sus células se encuentran ácidos hidroxí-cinnámicos, como el cafeico, el p-cumárico y el ferúlico y ácidos hidroxí-benzoicos como el gálico, el protocatéquico, el p-hidroxibenzoico, el vanílico y el siríngico (16, 24).

Las antocianinas sólo se hallan en las aceitunas maduras: aparecen en la epidermis en la fase del envero y van progresando hacia el hueso, confiriéndoles el color morado que les es tan propio. Son de color magenta intenso y absorben la luz ultravioleta, lo cual es característico de los derivados de la cianidina. Se han hallado en la aceituna seis pigmentos antociánicos, entre ellos: cianidín-3-rutinósido (ramnoglucósido), cianidín-3-monoglucósido y cianidina o aglucona libre. En todas las variedades el cianidín-3-rutinósido aumenta estrechamente ligado a la evolución de la maduración del fruto (17, 34, 35).

El compuesto polifenólico más abundante en la aceituna es la oleuropeína, glucósido específico del olivo, distribuido por toda la planta, especialmente en las hojas y en el fruto. Es un éster del alcohol β -(3-4-dihidroxifenil)-etílico (hidroxitirosol) con un glucósido del ácido elenólico (24, 31). Otorga un sabor amargo característico a los frutos verdes, lo que permite identificar el aceite de oliva en las mezclas con otros aceites. Actúa además como antioxidante, hipotensor e inhibe el desarrollo de *Lactobacillus* (34). Otros glucósidos citados son el ligstrosido y el verbascosido (25).

Pardeamiento enzimático en las aceitunas negras naturales

La oxidación de los compuestos fenólicos implica la formación de productos polimerizados marrón negruzcos, denominados «melaninas», a partir de las quinonas producidas por la enzima polifenoloxidasas (PPO). Según Sciancalepore (26) el grado de pardeamiento en cinco variedades de aceituna está relacionado con el contenido de orto-difenol y con la actividad de la polifenoloxidasas. En las aceitunas verdes la polifenoloxidasas se localiza principalmente en los cloroplastos y en las mitocondrias de las células (20). A medida que las membranas de los cloroplastos se desintegran y la clorofila comienza a desaparecer, se produce la solubilización de la enzima, incrementando su actividad y el potencial de pardeamiento. Cuando las aceitunas comienzan a oscurecer, la enzima aparece en la fracción soluble, coincidiendo con la aparición de las antocianinas (3). Se ha estudiado el desarrollo de manchas marrones por daño mecánico producido mediante un golpe localizado en la superficie de aceitunas verdes de la variedad Manzanilla (4). A medida que la mancha se intensifica, se

produce un marcado descenso de la reflectancia, alrededor de los 545 nm (color verde); es mayor durante las dos horas posteriores al golpe. Blanqueando el fruto luego del golpe, durante dos minutos a 100 °C, se evita la aparición de las manchas, lo cual indica que se trata de un fenómeno enzimático. La actividad de la polifenoloxidasas se determina por la medida espectrofotométrica de la variación de la absorbancia a 420 nm (19, 20). Su estabilidad decrece a pH 3,4 (6).

Objetivo

Las aceitunas negras naturales se exponen al aire para acentuar su color pero este proceso deteriora su textura; para evitar una aireación excesiva es muy importante determinar el momento exacto en que poseen mayor intensidad de color. El proceso de pardeamiento enzimático es dinámico y reversible: existe un período óptimo de aireación en el cual se logra la máxima intensidad de color y a partir del cual el fenómeno se revierte.

El objetivo de este estudio fue registrar en forma objetiva, a través del análisis de imágenes digitales y utilizando softwares computacionales, los cambios de color que se producen cuando se modifican variables tales como el grado de madurez, el período de aireación y el pH. Dichas variaciones se expresan con índices numéricos que permitirían controlar los procesos industriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las aceitunas correspondieron a la variedad Arauco, provenientes de un olivar ubicado en la localidad de Cruz de Piedra, Maipú, Mendoza, Argentina. Pertenecieron a las cosechas 2000, 2001 y 2002. Fueron recolectadas manualmente de treinta olivos, en forma aleatoria, a lo largo del perímetro exterior de cada planta y a la altura de la visual del operario, con intervalos regulares de quince días durante abril, mayo y junio, para asegurar tres grados de madurez.

Se eligieron frutos totalmente sanos y se clasificaron en tres categorías: pintas, rojas y negras. Se llenaron bidones de 7 litros, por triplicado, con salmuera inicial al 2 % acidulada. Se taparon y se ubicaron en un laboratorio a temperatura constante. Cada cinco días se elevó la concentración de la salmuera hasta llegar al 8 %, valor que se mantuvo hasta el final del proceso de fermentación. Se efectuaron los controles usuales del proceso: salmuera, pH, acidez y control microbiológico.

Las variables del proceso consideradas fueron las siguientes:

Grado de madurez: aceitunas pintas, rojas y negras.

Diferentes valores de pH: 3,6 - 4,0 - 4,5.

Tiempo de aireación: 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60 horas.

Las aceitunas se expusieron al aire, a temperatura ambiente constante (25 °C), bajo condiciones estandarizadas. El tiempo inicial (hora cero) no expuesto al aire se consideró como testigo. En cada bloque se realizaron tres repeticiones. Se tomó una fotografía digital de cada muestra cada cuatro horas.

Cada muestra constaba aproximadamente de cuarenta y cinco aceitunas, las cuales se colocaron en un recipiente de 24 x 18 cm de base, cuyo interior se recubrió con una lámina negra opaca para eliminar reflejos. Se utilizó una Cámara Digital Olympus (el reflejo de la luz del flash incidente a 90° sobre una superficie negro puro equivalió a 255 para los tres colores del sistema RGB, cuya suma da blanco puro). La cámara se ubicó a 20 cm de distancia, desde la lente a las aceitunas.

Procedimiento de análisis de las imágenes digitales

Según la Teoría Tricromática de la Percepción (8), el ojo humano percibe fundamentalmente tres colores, las luces monocromáticas que componen la luz blanca cuyos valores de longitud de onda son: rojo ($\lambda = 700,0$ nm), verde ($\lambda = 546,1$ nm) y azul ($\lambda = 435,8$ nm).

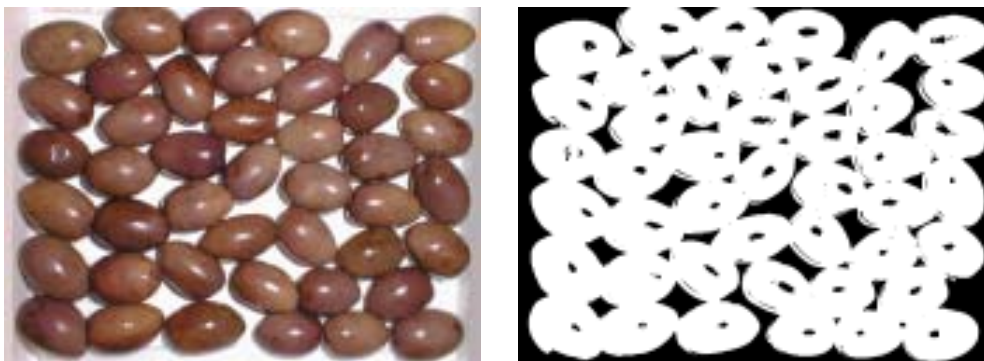
La imagen del objeto es convertida en una matriz bidimensional de números (256x256), en la cual a cada punto de la imagen digital (o píxel) corresponde un valor directamente proporcional a la intensidad de reflexión de esa locación en el plano del objeto, la que se evalúa en una escala de 256 valores de intensidad (0 a 255).

La imagen capturada es del tipo BMP de 24 bits, de forma rectangular, con 1024 x 768 píxeles, lo que da un valor de 786432 píxeles evaluados. Se utilizó el programa de análisis de imagen digital Kontrom Elektronic GmbH 1996 (Alemania).

Segmentación de la imagen

La imagen se fragmenta en un rango de 0 a 150, que abarca solamente la superficie en la cual se encuentran las aceitunas y elimina los reflejos. El número de puntos evaluados se reduce aproximadamente a 600000 píxeles.

Las aceitunas proyectan una sombra angosta en uno de sus lados, que se repite en las diferentes imágenes, y se considera un error constante que no afecta los cálculos. Una parte de la luz incide verticalmente sobre las aceitunas y es reflejada en sentido contrario como una mancha blanca en la parte superior, la cual desaparece al fragmentar la imagen, por lo que no se incluye en los cálculos.



Obtención del Índice de Intensidad de Reflexión (IIR)

Dicho índice representa la intensidad de reflexión de cada color en la imagen digitalizada, considerando el número total de píxeles en el rango segmentado 0-150 (o superficie total analizada) equivalente a la unidad.

La fórmula para calcular el Índice de Intensidad de Reflexión es la siguiente:

$$IIR = \sum_{j=1}^{0-150} [\text{valor de intensidad de reflexión}_{(j)} \cdot \text{área relativa}_{(j)}]$$

El IIR representa la intensidad de sombreado de la imagen analizada. Si el IIR aumenta, se acerca al color blanco y la imagen se aclara. A la inversa, si disminuye, se acerca al negro y la imagen se oscurece.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ver tabla (pág. 71).

Evolución del color según el grado de madurez

Los coeficientes de correlación entre intensidad de color y período de aireación resultaron negativos para los colores rojo y verde, ya que a medida que aumenta la exposición al aire disminuye su intensidad de reflexión. Por el contrario, fueron positivos para el color azul. El fenómeno de pardeamiento enzimático se mide por el aumento en la intensidad de reflexión del color azul ($\lambda = 435,8 \text{ nm}$), que corresponde a la longitud de onda reflejada por los antocianos a medida que aumenta su nivel de oxidación. Para verificar que se trataba de un proceso enzimático se llevó a cabo un ensayo paralelo de inhibición de la actividad enzimática por inmersión en agua a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 30 minutos y no se observó pardeamiento por exposición al aire (Lúquez B., inédito).

La evolución del índice de reflexión en función del tiempo generó una curva polinomial de 4° grado que reflejó el comportamiento sigmoideal del fenómeno de pardeamiento enzimático. Se obtuvo un período óptimo de aireación de 8-16 horas. Si se integran en un solo gráfico todos los grados de madurez y valores de pH, se enmascara la curva sigmoideal debido a la alta variabilidad de color de las aceitunas, haciéndose más atenuadas las fases de pendiente positiva y negativa.

Aceitunas pintas naturales

- A $\text{pH} = 4,5$ el color rojo exhibe una curva atenuada ya que la concentración de antocianos es menor. En el color verde ($\lambda = 546,1 \text{ nm}$), el índice de reflexión muestra una reducción de 15 unidades en 60 horas, más pronunciada en las primeras 8 horas. Esto se correspondería con el fenómeno de degradación de las clorofilas y la solubilización de la enzima polifenoloxidasas, contenida en los cloroplastos. Estos datos coinciden con las observaciones de Ben-Shalom et al. (4) según las cuales el desarrollo de manchas pardas por daño mecánico produce una marcada disminución de la reflectancia a $\lambda = 545 \text{ nm}$ (color verde) y es

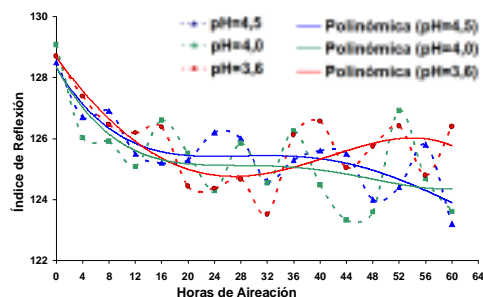
El color en las aceitunas negras naturales de mesa

H.A.	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
	Aceitunas Pintas Naturales - Espectros de Reflexión de Colores - (pH = 4.5) - (0-150)															
í.R.	128,5	126,7	126,9	125,5	125,2	125,3	126,2	126	124,6	125,3	125,6	125,5	124	124,4	125,8	123,2
í.V.	116,9	112,9	113,3	110,2	109,2	109,1	111,3	110,4	106,1	107,6	108,7	108,1	104	104,5	107,2	101,6
í.A.	60,79	65,61	69,73	70,37	71,12	71,76	74,44	74,37	69,43	72,87	74,34	72,75	69,09	69,76	73,01	68,31
	Aceitunas Pintas Naturales - Espectros de Reflexión de Colores (pH = 4,0)															
í.R.	129,075	126,024	125,902	125,078	126,594	125,518	124,293	125,846	124,54	126,246	124,478	123,326	123,592	126,909	124,692	123,611
í.V.	116,063	109,324	109,006	107,516	108,807	106,105	102,971	105,03	102,155	104,75	100,181	100,027	99,5872	104,787	100,004	98,0494
í.A.	58,6722	65,5699	69,955	72,2917	73,9528	71,6049	67,9419	70,2475	69,4847	71,4013	66,9214	67,5392	68,2865	72,1604	67,6879	65,7901
	Aceitunas Pintas Naturales - Espectros de Reflexión de Colores (pH = 3,6)															
í.R.	128,697	127,383	126,449	126,193	126,373	124,433	124,365	124,667	123,513	126,12	126,565	125,046	125,738	126,408	124,79	126,392
í.V.	116,737	115,699	112,722	112,075	111,522	105,78	106,948	107,735	103,374	110,393	110,691	105,532	106,99	110,03	105,218	109,048
í.A.	64,4939	75,8414	75,6675	78,7236	80,1334	73,8328	75,0271	76,6235	73,7455	82,4537	82,524	76,5681	78,2764	82,3382	76,7918	81,3333
	Aceitunas Rojas Naturales - Espectros de Reflexión de Colores - (pH = 4.5) - (0-150)															
í.R.	121,4	114,3	110	108,3	108,4	103,2	102,9	103,6	101,2	102,4	104	106,6	105	104,2	101,8	101,2
í.V.	98,38	90,93	84,8	84,35	84,48	79,3	79,18	78,66	76,37	78,03	79,21	80,62	78,98	78,09	75,65	75,13
í.A.	66,52	70,71	69,53	71,98	73,53	68,41	68,57	68,55	65,89	67,72	69,16	69,81	67,88	67,22	64,98	64,42
	Aceitunas Rojas Naturales - Espectros de Reflexión de Colores (pH = 4,0)															
í.R.	124,319	121,232	119,431	120,656	119,142	117,495	119,638	117,668	119,596	121,865	115,838	119,373	116,967	120,135	120,514	119,579
í.V.	100,175	96,0633	93,7269	95,4664	94,2956	92,6947	92,5503	90,9438	93,6236	96,8459	88,4028	92,5701	89,3547	93,9741	91,8246	90,44
í.A.	76,9659	88,1859	89,911	93,1996	91,9118	90,9998	88,9621	86,8922	90,2028	93,2256	83,7779	87,6882	84,2086	88,7441	84,8451	83,1755
	Aceitunas Rojas Naturales - Espectros de Reflexión de Colores (pH = 3,6)															
í.R.	122,796	117,613	117,171	116,178	117,419	109,509	111,704	113,606	116,035	114,329	114,499	118,011	111,329	115,92	115,271	116,284
í.V.	102,49	92,9746	93,0016	90,5625	93,245	81,3636	84,848	87,0528	89,3268	87,3715	87,1374	92,9316	83,0128	88,5305	88,2233	88,9569
í.A.	74,2545	81,2867	86,7799	86,4001	89,8474	76,4298	80,1087	81,9866	84,5575	82,0675	80,8693	86,9409	76,1633	81,2396	81,2247	81,5779
	Aceitunas Negras Naturales - Espectros de Reflexión de Colores - (pH = 4.5) - (0-150)															
í.R.	114	108,8	106,1	106,7	100,4	101,6	103,3	105,5	103,5	107,2	101,8	101,9	102,8	98,39	101,8	103,3
í.V.	86,63	82,09	78,92	81,63	76,35	76,87	78,17	80,06	78,5	82,65	77,26	77,44	77,38	74,21	76,55	77,14
í.A.	67,86	70,95	70,62	76,23	71,1	71,71	73,24	75,55	73,78	78,17	73,09	72,83	72,29	69,21	71,36	71,76
	Aceitunas Negras Naturales - Espectros de Reflexión de Colores - (pH = 4,0)															
í.R.	119,024	114,411	113,584	92,1761	100,754	108,573	107,64	110,8	112,238	107,426	104,993	111,759	102,91	105,954	106,613	111,152
í.V.	82,9981	83,6543	83,0541	66,9352	74,3816	80,6356	79,1884	81,2331	83,6109	78,9053	76,3544	82,2002	74,8893	76,7486	76,7413	81,3575
í.A.	69,2157	80,2929	81,8287	67,1353	74,6649	80,5553	78,3563	80,0631	82,4713	77,4513	73,7142	79,5896	71,9812	73,5569	73,002	77,5892
	Aceitunas Negras Naturales - Espectros de Reflexión de Colores - (pH = 3,6)															
í.R.	117,863	111,534	111,741	107,454	113,644	109,928	105,204	105,62	102,295	107,568	108,171	104,7	111,267	109,543	111,006	108,04
í.V.	89,447	82,2541	82,4457	79,1375	86,3722	82,1872	75,7218	76,3539	74,8628	79,7228	80,7687	76,9218	82,5713	81,251	81,0652	78,9609
í.A.	71,8728	77,5963	81,1256	79,3499	87,2697	83,1353	74,7437	74,9907	74,4345	78,6665	79,7368	75,146	80,4015	78,8698	77,1975	75,4282

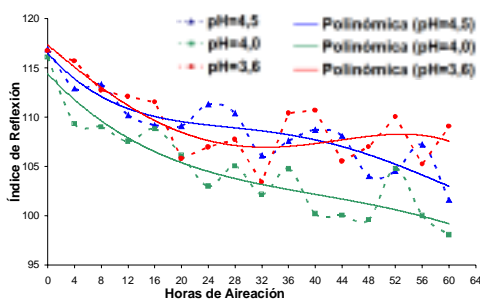
H.A. Horas Aireación í.R. Índice Rojo í.V. Índice Verde í.A. Índice Azul

una medida del fenómeno de pardeamiento en las aceitunas. En el color azul ($\lambda = 435,8 \text{ nm}$) hay un incremento sostenido del IIR en el lapso inicial de 20 horas, con pendiente casi lineal en las primeras 8 horas. Esto concuerda con autores que proponen la medida de la actividad de la PPO por variación de la absorbancia a 420 nm (19, 20).

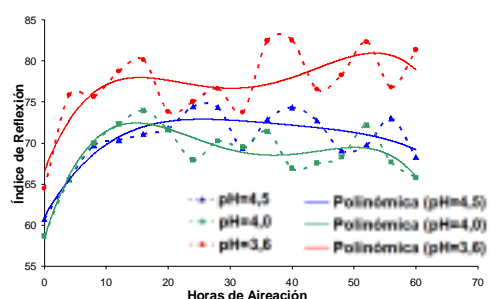
- A $\text{pH} = 4,0$ la correlación mayor se da a las 12 horas de aireación para el color rojo ($R = -0,89$) y a las 8 horas para los colores verde ($R = -0,89$) y azul ($R = 0,992$).
- A $\text{pH} = 3,6$ los períodos óptimos son de 8 horas para el color rojo ($R = -1$), de 12 horas para el verde ($R = -0,97$) y de 16 horas para el azul ($R = 0,877$). El color azul muestra una marcada elevación del IIR, que concuerda con la inactivación de la enzima PPO a este bajo valor de pH .



Aceitunas pintas: reflexión del color rojo según pH



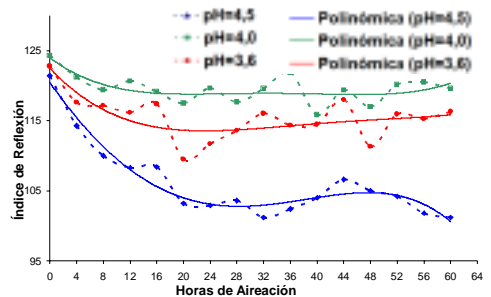
Aceitunas pintas: reflexión del color verde según pH



Aceitunas pintas: reflexión del color azul según pH

Aceitunas rojas naturales

- A $\text{pH} = 4,5$ la correlación es máxima a las 8 horas en el color rojo ($R = -0,99$), a las 8 horas en el verde ($R = -1$) y a las 16 horas en el azul ($R = 0,91$). En el color azul ($\lambda = 435,8 \text{ nm}$) se da un aumento de 7 unidades a las 16 horas ($R = 0,911$). Estas aceitunas son las que mejor color final presentaron, con un grado óptimo de pardeamiento. Esto se debe al pH menos ácido y al aumento en la concentración de antocianos. Coincide con otras investigaciones (3, 21) según las cuales la disminución de la PPO en este grado de madurez aún no es muy marcada, iniciando su solubilización por degradación de los cloroplastos.
- A $\text{pH} = 4,0$ la variación en 60 horas es menor: 5 unidades para el IIR rojo, 10 para el IIR verde y 7 para el IIR azul. Las correlaciones máximas se dan a intervalos de tiempo similares, siendo de 8 horas para el color rojo ($R = -0,99$) y el verde

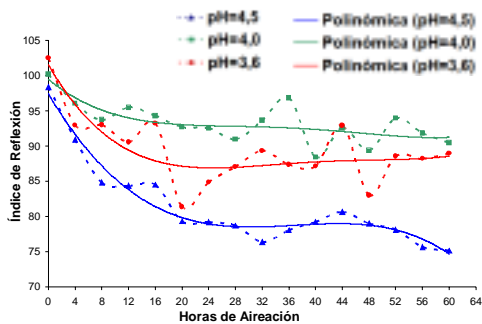


Aceitunas rojas: reflexión del color rojo según pH

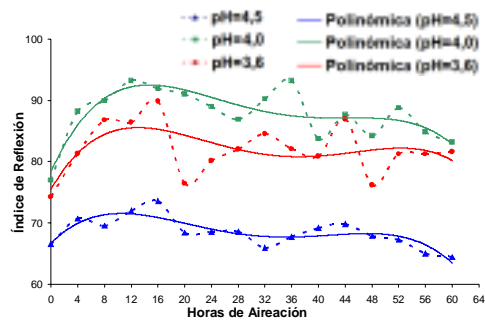
El color en las aceitunas negras naturales de mesa

($R = -0,99$), y de 12 horas para el azul ($R = 0,924$). Hay menor oscurecimiento al disminuir el pH, y por tanto, la actividad de la PPO.

- A $pH = 3,6$ la variación es ligeramente superior al $pH = 4,0$. Para el IIR rojo: 6 unidades, para el IIR verde: 13 y para el IIR azul: 8. Comparando con el $pH = 4,5$ hay una disminución de aproximadamente 50 % en la variación total, que se justifica porque este pH es muy próximo al de inactivación ($pH = 3,5$) de la PPO.



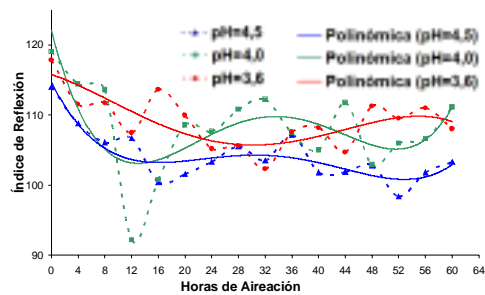
Aceitunas rojas: reflexión del color verde según pH



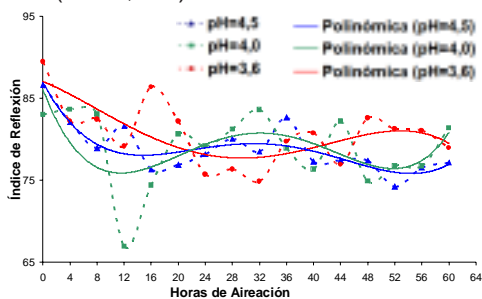
Aceitunas rojas: reflexión del color azul según pH

Aceitunas negras naturales

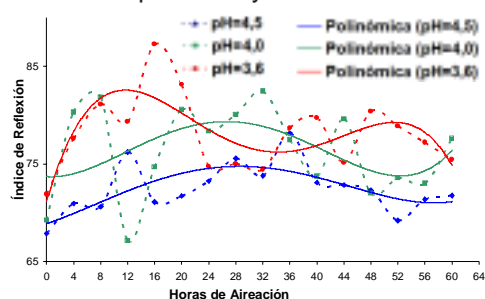
- A $pH = 4,5$ el IIR rojo disminuye el 73 % a las 8 horas, el IIR verde el 82 % a las 8 horas, y el IIR azul se incrementa el 88 % a las 12 horas.
- A $pH = 4,0$ los períodos óptimos de aireación son de 8 horas para el color rojo ($R = -0,93$), de 12 horas para el verde ($R = -0,77$) y de 8 horas para el azul ($R = 0,916$). Esto coincide con Garrido Fernández y Fernández Díez (12), quienes hallaron que la reflectancia a $\lambda = 700,0$ nm (color rojo) exhibía la mayor correlación con la evaluación del color de las aceitunas realizada por un panel de catadores.
- A $pH = 3,6$ la variación no es significativa, con períodos óptimos de 12 horas para el color rojo ($R = -0,93$), 12 horas para el verde ($R = -0,91$) y 8 horas para el azul ($R = 0,991$). La actividad de la enzima PPO a este pH es muy débil.



Aceitunas negras: reflexión del color rojo según pH



Aceitunas negras: reflexión del color verde según pH



Aceitunas negras: reflexión del color azul según pH

CONCLUSIONES

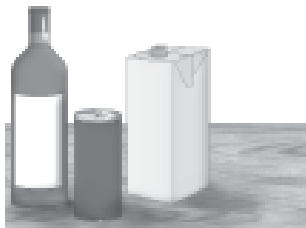
- ❖ El método de análisis de imagen digital propuesto para la evaluación objetiva del color en las aceitunas de mesa es no destructivo, lo que permite que una misma muestra pueda ser evaluada en el tiempo.
- ❖ Los coeficientes de correlación son negativos para los colores rojo y verde, y positivos para el azul.
- ❖ La evolución del índice de reflexión en función del tiempo generó una curva polinomial de 4° grado, con un comportamiento sigmoidal del fenómeno de pardeamiento enzimático.
- ❖ Esta función permite predecir el fenómeno de pardeamiento en las aceitunas negras naturales y representa una medición objetiva del grado relativo de pardeamiento.
- ❖ El período óptimo de aireación, en general, oscila entre las 8-16 horas. La curva es casi lineal en las primeras 8 horas.
- ❖ En las aceitunas negras naturales la mayor eficiencia de pardeamiento se produce a las 8 horas. El color rojo ($\lambda = 700,0$ nm) exhibió la mayor correlación con el proceso de oscurecimiento de los frutos.
- ❖ Las aceitunas rojas naturales a pH 4,5 exhibieron un grado óptimo de pardeamiento, con incremento de la reflexión para el color azul ($\lambda = 435,8$ nm).
- ❖ El espectro de reflexión del color azul ($\lambda = 435,8$ nm) se sugiere como medida de la actividad de la enzima PPO.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilera, J. M.; K. Oppermann and F. Sánchez. 1987. Kinetics of browning of Sultana Grapes. *Journal of Food Science* 52 (4): 990-1025.
2. Bate-Smith, E. C. 1954. Flavonoid Compounds in Foods. *Advances in Food Research* V: 261-300.
3. Ben-Shalom, N.; V. Kahn; E. Harel and A. Mayer. 1977. Olive catechol oxidase. Changes during fruit development. *J. Sci. Food Agric.* 28: 545-550.
4. Ben-Shalom, N.; E. Harel and A. Mayer. 1978. Enzymatic browning in green olives and its prevention. *J. Sci. Food Agric.* 29: 398-402.
5. Block, G.; B. Patterson and A. Subai. 1992. Fruit vegetables and cancer prevention: a review of epidemiological evidence. *Nutrition and Cancer* 18: 1-29.
6. Braverman, J. B. S. 1980. *Introducción a la Bioquímica de los Alimentos*. Omega, Barcelona. 355 p.
7. Chambionat, A. 1960. Contribution à l'étude du noircissement artificiel des olives vertes. *Les Cahiers de la Recherche Agronomique (Ministere de L'Agriculture, Royaume du Maroc)* 11: 61-68.
8. Commission Internationale de L'Éclairage (CIE). 2002. <http://www.physics.sfasu.edu/astro/color/chromaticity.html>.
9. Department of Gen_ and Comp_ Physiology, Vienna.htm. Color science espectro.htm.

El color en las aceitunas negras naturales de mesa

10. Díaz Blasco, R. y L. N. Pizzorno. 1957. Identificación de la oleuropeína en aceite de oliva y su aplicación al análisis de mezclas de aceites comestibles. *Anales Dirección Nacional Química (Argentina)* 10 (19): 13-16.
11. García García, P.; M^a C. Durán Quintana y A. Garrido Fernández. 1985. Fermentación aeróbica de aceitunas maduras en salmuera. *Grasas y Aceites* 36 (1): 14-20.
12. Garrido Fernández, A. y M. J. Fernández Díez. 1970. Determinaciones de color en las aceitunas negras maduras estilo griego. *Grasas y Aceites* 21 (2): 141-147.
13. Garrido Fernández, A. y M. J. Fernández Díez. 1972. Aceitunas negras de mesa. Evolución de las principales características del fruto durante el desarrollo y maduración. *Grasas y Aceites* 23 (4): 309-318.
14. Garrido Fernández, A. et al. 1985. Biotecnología de la aceituna de mesa. Unidad Estructural de Investigación de Química, Microbiología y Tecnología de Aceitunas de Mesa y otros Productos Vegetales. Instituto de la Grasa y sus derivados. Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Técnicas, Sevilla, España. Capítulo 6.
15. Garrido Fernández, A. et al. 1991. Elaboración de aceitunas de mesa. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO* 81. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 79 p.
16. Kemal Ünal, M. 1994. Polifenoles, o-difenoles y ácidos fenólicos en los orujos de aceituna y en los apochines. *Olivae* 51 (abril): 34-35.
17. Maestro Durán, R. y A. Vázquez Roncero. 1976. Colorantes antociánicos de las aceitunas Manzanillas maduras. *Grasas y Aceites* 27 (4): 237-243.
18. Maestro Durán, R.; J. M. García and J. M. Castellano. 1993. Changes in polyphenol content of olives stored in modified atmospheres. *Hortscience* 28 (7): 749.
19. Mayer, A. M. 1978. Les oxydases des raisins et des vins. *Ann. Technol. Agric.* 27: 149-159.
20. Mayer, A. M. and Harel, E. 1979. Polyphenol oxidases in plants. *Phytochem.* 18:193-215.
21. Mínguez Mosquera, M. I. y J. Garrido Fernández. 1986. Composición y evolución de clorofilas y carotenoides durante el desarrollo y maduración de los frutos del olivo. *Grasas y Aceites* 37 (6): 337-342.
22. Mínguez Mosquera, M. I. y J. Garrido Fernández. 1987. Diferenciación de las variedades de olivo Hojiblanca y Manzanilla según su contenido pigmentario. *Grasas y Aceites* 38 (1): 4-8.
23. Ribéreau-Gayon, P. 1968. *Les composés phenoliques des végétaux*. Dunod, Paris, Francia. 254 p.
24. Robards, K.; P. D. Prenzler; G. Tucker; P. Swatsitang and W. Glover. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry* 66: 401-436. www.elsevier.com/locate/foodchem.
25. Ryan, D. and K. Robards. 1998. Phenolic compounds in olive fruits. 2nd International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC-2). www.mdpi.org/ecsoc. September 1-30.
26. Sciancalepore, V. 1985. Enzymatic browning in five olive varieties. *J. Food Sci.* 50: 1194.
27. Simpson, K. L.; C. O. Chichester and R. H. Vaughn. 1961. Compounds responsible for the color of black "ripe" olives. *J. Food Sci.* 26 (3): 227-233.
28. Steinmetz, K. A. and J. D. Potter. 1991. Vegetables, fruits and cancer. I. *Epidemiology. Cancer Causes Contr.* 2: 325-357.
29. Unklesbay, K.; N. Unklesbay; J. Keller and J. Grandcolas. 1983. Computerized Image Analysis of Surface Browning of Pizza Shells. *Journal of Food Science* 48, 1119-1123.
30. Vázquez Roncero, A. 1965. *Química del olivo*. III. Los componentes orgánicos. *Grasas y Aceites* 16 (6): 292-304.
31. Vázquez Roncero, A.; M. L. Janer del Valle y F. González Pellissó. 1961. El principio amargo de las aceitunas. I-Nota preliminar. *Grasas y Aceites* 12 (1): 19-22.
32. Vázquez Roncero, A. y Maestro Durán, R. 1970. Los colorantes antociánicos de la aceituna madura. I. Estudio cualitativo. *Grasas y Aceites* 21 (4): 208-214.
33. Vázquez Roncero, A.; R. Maestro Durán y E. Graciani Constante. 1971. Cambios en los polifenoles de la aceituna durante la maduración. *Grasas y Aceites* 22 (5): 366-370.
34. Vázquez Roncero, A.; E. Graciani Constante y R. Maestro Durán. 1974. Componentes fenólicos de la aceituna. I. Polifenoles de la pulpa. *Grasas y Aceites* 25 (5): 269-279.
35. Vlahov, G. e M. Solinas. 1988. Studio della composizione quali-quantitativa mediante GLC degli antociani delle olive nere. Loro evoluzione nel corso della maturazione. *Ann. Ist. Sper. Elaiot.*, 1984-87, X, Pescara, Italia.
36. Whitaker, J. R. 1994. *Principles of Enzymology for the Food Sciences*. Marcel Dekker Inc., New York. 421 p.



I JORNADAS DE ENVASES PARA ALIMENTOS

Organizadas por la asignatura «Control de envases» del Departamento de Ciencias Enológicas y Agroalimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, el 8 y 9 de junio de 2006 se llevaron a cabo dichas Jornadas, que contaron con la participación de diecisiete disertantes, especialistas en los diversos temas que se abordaron:

- Fabricación de papel y cajas de cartón corrugado.
- Hojalata.
- El aluminio en la industria del packaging.
- Envases plásticos para alimentos.
- Novedades en envases activos, biodegradables y reciclables.
- El rol del polipropileno en la industria del envase.
- Vidrio.
- Corcho natural.
- Bag in box para industria vitivinícola.

A modo de síntesis, cabe señalar que se habló acerca de los últimos avances en hojalata y los mejores temple que se deben usar para tener una mayor resistencia a la corrosión; se mostraron los últimos avances en aluminio y se aludió a la posibilidad de envasar pasta de aceitunas y extracto de tomates en pomos, y vino espumante en latas. Asimismo, se explicó el tema de envases activos y se hizo referencia a la factibilidad de incorporar aditivos en la pared del envase para prolongar la vida útil de los alimentos. Por último, se presentaron las novedades en envases multilaminados destinados a vino y las tendencias actuales en cajas litografiadas.

Se ha editado un CD, que está a disposición de los interesados.

Para mayor información, contactarse con la Ing. Emilia Raimondo (eraimondo@fca.uncu.edu.ar) o la Lic. Gladys Dip (gdip@fca.uncu.edu.ar)

Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Cuyo
Alte. Brown 500
Chacras de Coria, Mendoza, Argentina
M5528AHB