

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Fundación Isabel Caces de Brown
Estación Experimental La Palma
Casilla 4-D, Quillota-Chile
Teléfonos 56-32-274501- 56-33-310524
Fax 56-32-274570, 56-33-313222
<http://www.agronomia.ucv.cl>



FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA DE HORTALIZAS Y FLORES

TALLER DE LICENCIATURA

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE UN BACTERICIDA NATURAL SOBRE LA INCIDENCIA DE *Erwinia carotovora* EN POST COSECHA DE RADICCHIO VARIEDAD CORALO R3

Tallerista:

PILAR GABRIELA PÉREZ OSORIO.

Profesores guías:

José Antonio Olaeta C.
Pedro Undurraga M.

Quillota – Chile
2003

A dios

*A mi papá, por haberme dado la oportunidad de poder
concretar mi anhelo*

A mi mamá, por su apoyo

A mi hermana, por haber sido mi gran compañera

A Christian por su amor, comprensión y apoyo

Y a la U, por los buenos recuerdos

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Antecedentes generales	4
2.1.1. Características de la especie	4
2.1.2. Características morfológicas	5
2.1.3. Características varietales	6
2.1.4. Composición nutricional	6
2.1.5. Composición química	8
2.2. Análisis de mercado	9
2.2.1. Exportaciones chilenas	9
2.2.2. Evolución de los precios	11
2.3. Principales aspectos de la calidad de radicchios	11
2.3.1. Índices de cosecha	11
2.3.2. El color	12
2.4. Principales causas del deterioro en post cosecha	13
2.4.1. Factores fisiológicos	14
2.4.1.1. Respiración	14
2.4.1.2. Transpiración y pérdida de peso	14
2.4.1.3. Producción de etileno	15
2.4.2. Factores mecánicos	15
2.4.3. Factores externos	15
2.4.3.1. Temperatura	15
2.4.3.2. Humedad relativa	16
2.4.4. Factores microbiológicos	16
2.4.4.1. Pudriciones blandas bacterianas	18
2.4.4.1.1. Descripción del género <i>Erwinia</i>	18
2.4.4.1.2. El grupo <i>carotovora</i>	19
2.4.4.1.3. Desarrollo del patógeno	19
2.4.4.1.4. Sintomatología	20
2.5. Técnica de conservación del producto	20
2.6. Tomillo	21
2.6.1. Proceso de extracción del aceite	22
2.7. Hipoclorito de sodio	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Ubicación	25
3.2. Características del material vegetal	25
3.3. Tratamientos	26
3.4. Parámetros evaluados	27
3.4.1. Color	27
3.4.2. Peso	28
3.4.4. Presencia de pudriciones y de manchas	28

3.4.5. Evaluación sensorial	28
3.5. Diseño experimental	29
4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	31
4.1. Color de la hoja	31
4.2. Porcentaje de pérdida de peso	34
4.3. Presencia de pudriciones	37
4.4. Presencia de manchas	39
4.5. Evaluación sensorial	40
4.5.1. Aroma	40
4.5.2. Sabor	41
4.5.3. Apariencia	43
4.6. Período de comercialización simulado	45
5. CONCLUSIONES	47
6. RESUMEN	48
7. LITERATURA CITADA	49
ANEXO	

1. INTRODUCCIÓN

El radicchio (*Cichorium intybus, variedad foliosum*) es una hortaliza de hoja, perteneciente a la familia de las Compuestas, originario de Oriente e introducido a Europa en el siglo XV, siendo Italia unos de los principales países productores y exportadores de este tipo de hortaliza (FUNDACIÓN CHILE, 1993).

Su coloración viva, lo hace ser apreciado entre productos de cuarta gama; las nervaduras blancas contrastan con el rojo de las láminas foliares, contribuyendo así, a formar un conjunto visualmente atractivo (NAMESNY, 1993).

Como producto de potencial interés, el radicchio fue introducido a Chile a mediados de los años ochenta, con el fin de ser exportado en fresco. El cultivo se concentra entre las regiones Quinta y Metropolitana, teniendo una expansión hasta alcanzar una superficie de 150 ha/año.

La producción nacional está orientada principalmente a la exportación a Estados Unidos, donde se expende directamente o se le usa como un componente de ensaladas frescas procesadas (PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, 2002).

En EE.UU., las pérdidas de productos hortícolas perecibles, que tienen lugar entre la importación y los puntos de distribución, son estimadas entre un 2% a un 23%, dependiendo del producto (ARRIAGADA, 1996). En el caso del radicchio, se generan pérdidas entre un 5% y un 10% de lo que llega a ese mercado.

Las pérdidas mencionadas anteriormente corresponden principalmente a daños mecánicos, falta de compactación, falta de color, suciedad y enfermedades bacterianas, siendo esta última un problema común en la etapa de almacenaje (VIGLIOLA, CALOT, FINK 1982).

Las hortalizas son productos altamente perecibles y, si no se pone cuidado durante la cosecha, manipulación, almacenaje y transporte, aparecerán rápidamente pudriciones (principalmente de la bacteria *Erwinia carotovora*) y dejarán de ser adecuados para el consumo humano (UNIVERSIDAD DE MARYLAND, 2002).

Por esta razón, se hace necesario realizar el control de enfermedades de post cosecha de los productos perecederos, pero este control está condicionado por el corto período de tiempo que transcurre entre cosecha y consumo, lo que limita la utilización de productos químicos cuyos residuos sean perjudiciales para la salud (LOPEZ, 1992).

Por su parte, LATORRE (1995) aconseja el uso de hipoclorito de sodio, ya que debido a su acción bactericida puede reducir la incidencia de enfermedades bacterianas en post cosecha.

Asimismo, RAMÍREZ *et al.*, (2002) señalan que los desinfectantes químicos, como el cloro, son ampliamente utilizados para el control de bacterias fitopatógenas; sin embargo, este uso no se ajusta al sistema de producción orgánica, tendencia que cada vez más, se abre paso como una alternativa en el mercado, generando una mayor producción y competición.

Esta nueva tendencia, incorpora el uso de productos naturales, abordando así todo el proceso productivo, lo que ha llevado a la realización de nuevas investigaciones. En el tema específico del control de enfermedades bacterianas, se han encontrado plantas medicinales de

las cuales se pueden obtener principios activos y extractos aplicables con propiedades antibacteriales.

En este ámbito, el Carvacrol y el Timol son compuestos presentes en el aceite esencial de tomillo, los cuales se destacan desde tiempos remotos por sus actividades antisépticas y antibacteriales (ULTEE, 2002).

Asimismo, HORVÁTH (2002) señala que el Timol y el Carvacrol tienen un efecto antibacterial contra la *Erwinia amylovora* y *carotovora*.

De acuerdo con lo anterior, se plantea que la aplicación de aceite esencial de tomillo será mejor o igualmente eficaz para reducir la incidencia de *Erwinia carotovora* en radicchios, variedad coralo R3, almacenados a 0 +/- 1°C, con respecto al método químico tradicional, generando así una alternativa de control orgánico o integrado sobre esta enfermedad.

Basándose en lo anterior, el ensayo persigue, como objetivo general, evaluar el efecto de la aplicación de aceite esencial de tomillo sobre la incidencia de *Erwinia carotovora* en almacenaje refrigerado de radicchios, variedad coralo R3.

Los objetivos específicos del presente taller son:

-Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de aceite esencial de tomillo sobre la incidencia de *Erwinia carotovora* en almacenaje refrigerado de radicchios, variedad coralo R3.

-Evaluar el efecto del aceite esencial de tomillo sobre la calidad final del radicchio, variedad coralo R3, en almacenaje refrigerado.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes generales:

El radicchio, comúnmente llamado “Achicoria roja,” es una hortaliza perteneciente al género *Cichorium*, en el que también se incluyen la achicoria, endivia y escarola (RUBATZKY y MIKAL, 2002; FUNDACIÓN CHILE, 1990). Su difusión ha sido escasa, pero en los últimos años se ha expandido lentamente su producción hacia otros lugares del mundo, aunque todavía sigue siendo un cultivo hortícola menor (PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, 2002).

El centro de origen de la especie *Cichorium intybus* correspondería a la región mediterránea de Europa y norte de África, aunque también se ha postulado que el radicchio derivaría de un tipo de follaje rojo, parecido al radicchio de Treviso, que crece silvestre en Oriente, el que habría sido introducido a Europa (PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, 2002; FUNDACIÓN CHILE, 1993).

2.1.1. Características de la especie

La PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE (2002) señala que presenta un ciclo bienal. En la primera temporada, su sistema caulinar presenta un tallo comprimido en el cual se disponen alternadamente las numerosas hojas que lo forman. A inicios del desarrollo, las hojas se presentan abiertas, extendidas y verdes, pero, a partir de un cierto número y con temperaturas ambientales bajas, empiezan a adquirir tonalidades rojizas a moradas y su disposición cambia hacia formas más compactas o arpeolladas. En la segunda temporada de crecimiento, con temperaturas primaverales más cálidas, se inicia la emisión del tallo floral

que sustenta las inflorescencias. En relación a los capítulos CICHAN y PALSER (1982) señalan que éstos son sésiles, con dos series de brácteas rodeando el receptáculo; se ubican en posición axilar y contienen flores liguladas, perfectas y azules. El aquenio que se forma tras la fecundación es anguloso, glabro y posee un papus paleáceo o escamoso, su tamaño varía de 2 a 3 mm y es de color blanco crema, castaño o variegado.

NAMESNY (1993) y FUNDACIÓN CHILE (1993) describen que normalmente existe una elevada heterogeneidad, tanto en el aspecto de plantas como de formación de cogollo, lo que constituye una de las mayores dificultades del cultivo de radicchios.

Reafirmando lo anterior, CARVAJAL (1996) señala que el radicchio presenta caracteres de incompatibilidad que obstaculizan la autofecundación, por lo tanto, es una especie alógama con elevado porcentaje de fecundación cruzada, lo que explicaría su elevada heterogeneidad.

2.1.2. Características morfológicas

Su sistema radical está conformado por una raíz primaria pivotante, engrosada y larga, que produce abundantes raíces secundarias y finas. El órgano de consumo corresponde al núcleo central de hojas de la roseta, las cuales constituyen un cogollo que, dependiendo del cultivar, puede ser más o menos suelto o apretado y firme, semejando un repollo. Estas hojas presentan, desde su base y prolongándose en la nervadura, un color blanquecino, lo que contrasta fuertemente con el color rojo intenso o variegado de la lámina, presentando hojas de un gran atractivo visual (PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA, 2002; NAMESNY, 1993; FUNDACIÓN CHILE, 1993; FUNDACIÓN CHILE, 1990).

MEREX CHILE (2002) señala que el cogollo de hojas tiene un peso muy variable dependiendo del tipo de radicchio, pero generalmente no sobrepasa los 500 gramos.

2.1.3. Características varietales

La principal característica para ser considerado un radicchio es que las hojas de la planta desarrollen un color rojo intenso a morado, aunque también variegado, en algún momento de su desarrollo.

La hibridación espontánea, la selección natural y el material seleccionado desde hace muchos años en Italia, han dado como resultado algunos tipos de variedades, los cuales se denominan, según las localidades de origen. A partir de ellas se están obteniendo nuevos cultivares mejorados, aunque todavía la diversidad puede considerarse reducida. Los principales tipos de variedades cultivadas se dividen en:

Radicchios rojos: Rosso di Chioggia, Rosso di Treviso y Rosso di Verona.

Radicchios variegados: Variegato di Castelfranco y Variegato di Chioggia.

El tipo más cultivado en todos los países y en Chile es el cultivar Rosso di Chioggia, el que se caracteriza por formar, naturalmente, a inicios de otoño un cogollo o repollo apretado de entre 250 y 500 gr, con hojas de intenso color púrpura en las láminas y blanco en las nervaduras, como se muestra en la Figura 1. Este tipo es el que ha adquirido mayor importancia en el comercio internacional y en él se han creado nuevos cultivares de mayor uniformidad y calidad como son el Allouette, Livrette y Red Surprise (PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA, 2002; FUNDACIÓN CHILE, 1993).



FIGURA 1. Cultivar Rosso di Chioggia.

2.1.4. Composición nutricional

EUROPEAN VEGETABLE SPECIALTIES (2002) señala que la composición nutritiva de radicchio se puede resumir en: energía (20 calorías), proteínas (2gr), carbohidratos (4gr), grasas

(0%) y de agua (94 %). Además, posee contenidos de vitamina A y C, llegando a alcanzar valores de 14000 UI en vitamina A y 100 mg en vitamina C (MAROTO, GOMEZ y SORIA, 2000).

Cabe añadir a lo anterior, lo señalado por CARVAJAL (1996) referente a que contiene por lo demás un porcentaje importante de K, Ca y P.

Se considera que su aporte es similar a la de otras achicorias, sin destacarse por ningún factor de nutrición en particular. Por lo mismo, su valor como alimento es más bien bajo y está dado principalmente por sus características organolépticas, entre las que destacan su aporte de color a los platos y su típico sabor amargo. Esto hace que su principal uso sea en ensaladas frescas, aunque también se consume cocido en diferentes guisos (PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA, 2002).

2.1.5. Composición química

El sabor amargo característico en el radicchio se atribuye a la presencia de lactonas sesquiterpónicas (LS), en donde destacan la "lactupicrina" y "lactucina". Este último es el

compuesto que se relaciona más estrechamente con el alto nivel de sabor amargo (PRICE *et al.*, 1990).

La Lactucina, lactupicrina y 8-Deoxylactucina (LS) se encuentran en esta especie y están presentes durante todo el período de crecimiento de la planta, las concentraciones varían de acuerdo al estado de crecimiento; los niveles de LS en las raíces durante la primavera son más altos que en el follaje, pero al comienzo de la floración la concentración de estos compuestos decrece en las raíces y aumenta en el follaje (REES AND HARBORNE, 1985). PRICE *et al.*, (1990) señalan que existe una estrecha relación entre el color de las hojas y el sabor amargo, siendo más amargos los de hojas rojas que los verdes, lo cual refleja un cierto (y relativo) índice cualitativo para intuir el grado de sabor amargo en radicchio.

2.2. Análisis de mercado:

Italia es el principal productor mundial de radicchio y es también el mayor exportador. Su producción se concentra en los meses de octubre a diciembre. Los períodos de invierno y primavera son los que presentan mayor dificultad para el cultivo, cuya cosecha se realiza entre febrero y junio, para el tipo "Rosso di Chioggia". Sin embargo, en los últimos años, se ha logrado producir durante todo el año, aunque en volúmenes menores (FUNDACIÓN CHILE, 1993).

Las importaciones de EE.UU son abastecidas en primer lugar por el radicchio italiano y se estima que Chile podría ser el segundo proveedor.

Por otro lado, existe un creciente interés en diferentes áreas de América latina, entre ellas, Perú, Argentina y Guatemala (destacándose éste último por ser una competencia para nuestro

país), por incorporar nuevas zonas a la producción de radicchio (FUNDACIÓN CHILE, 1993).

2.2.1 Exportaciones chilenas

En Chile, las exportaciones de radicchio comenzaron en la temporada 1987-1988. Durante 1988 y 1989, los envíos de esta hortaliza aumentaron en más de 138 veces y, en la temporada 1989 -1990, alcanzaron un aumento del 76%. En la temporada 1991-1992, aumentaron casi 10 veces su volumen. Sin embargo, en la temporada 1993-1994, disminuyeron en un 20%, con respecto al mismo período del año anterior. Estos envíos fueron destinados casi exclusivamente a Estados Unidos (FUNDACIÓN CHILE, 1990).

ODEPA (2002) señala que, en Chile, la superficie plantada, ha variado de 35 a 230 hectáreas, manteniéndose en el año 2000, una superficie total de 154 hectáreas. CORFO (1998) señala que las exportaciones en fresco son muy inestables, dependiendo muy primordialmente del comportamiento de los mercados de las cebollas y ajos.

Esto se refleja a través de los años, al analizar los volúmenes de exportación, se encuentra con múltiples variaciones, lo que hace riesgoso y difícil para los agricultores entusiasmarse y puntualizarse en este cultivo, lo que explica a su vez, las diferencias en superficie plantada y la poca difusión del radicchio en Chile.

En la actualidad, se están enviando aproximadamente 140 toneladas semanales, lo que hace un total aproximado de 2500 toneladas / temporada, remitiendo Merex Chile S. A., más de la mitad del total exportable, es decir, 1600 toneladas (RUIZ TAGLE, 2003). *

* RUIZ TAGLE, 2003. Gerente general de la empresa Merex Chile. S.A. comunicación personal.

Durante la temporada 2002, las exportaciones comenzaron en febrero y terminaron en julio, siendo el mes de abril el de mayor envío, con 1.155.621 kg y julio el de menor envío, con 2.952 kg (ODEPA, 2002).

Esta hortaliza llega a EE.UU a los mercados de Miami y Nueva York, en la costa este, y a los ángeles, en la costa oeste, compitiendo con Italia, Guatemala y el estado de California. (SIAP, 2002; FUNDACIÓN CHILE, 1990).

2.2.2. Evolución de los precios

La evolución de los precios a través de los años muestra claramente una disminución progresiva. Actualmente, el radicchio es una hortaliza cuya exportación puede ser rentable en algunos períodos específicos del año, con volúmenes conservadores y una calidad superior a la histórica, la que permitirá competir más ventajosamente en el mercado (FUNDACIÓN CHILE, 1993).

2.3. Principales aspectos de la calidad de radicchios:

ARIAS (1992) señala que la calidad de los productos es una característica muy importante, que influye en sus precios y en su comercialización y que no siempre es fácil de definir, porque depende de diversos factores.

Para la aceptación de estos productos en el mercado internacional, es necesario cumplir con las siguientes características: hojas turgentes, cabezas firmes y compactas con una apariencia reluciente típica de la variedad, un color rojo homogéneo de venas blancas, sin grietas ni

partiduras, ausencia de necrosis marginal en las hojas, daños de insectos o daños de cosecha o empaque y la ausencia de pudrición bacteriana en la punta radical (SUSLOW y CANTWELL, 2002).

2.3.1. Índice de cosecha

Una buena calidad se obtiene cuando la cosecha se realiza en el estado adecuado de madurez, ya que al cosechar productos inmaduros o muy maduros, se ocasionan pérdidas de calidad, al aumentar la susceptibilidad al desarrollo de enfermedades o se reduce el período de almacenamiento (FLORES, 1995).

De vital importancia resulta para países productores, como Chile, que son exportadores a grandes distancias, el obtener un momento óptimo de madurez, ya que resulta más crítico mantener, por un mayor tiempo, la calidad comercial en la post cosecha del producto (LIZANA, 1995).

La madurez se basa en el tamaño comercial después de que se hayan alcanzado un cierto número de días base (típicamente de 75 a 85 días) y de un peso mínimo de 200 a 300 gr también se ha de tener en cuenta la compacidad y, en las achicorias de hojas rojas, el color. Los radicchios se deben cosechar con una porción pequeña de raíz para ayudar en la retención de las hojas (SUSLOW y CANTWELL, 2002; NAMESNY, 1993).

2.3.2. El Color

El color es un importante factor para valorar la calidad en hortalizas. En efecto, frecuentemente está ligado a la maduración, presencia de impurezas, realización apropiada o defectuosa de un tratamiento tecnológico, malas condiciones de almacenamiento, comienzo de una alteración por microorganismos, etc. El color en los radicchios debe estar bien marcado en el momento de la cosecha y debe corresponder al color atractivo y típico de la especie (FLORES, 1995). El color dependerá de los pigmentos predominantes y de la forma de pigmentarse, existiendo un color de fondo (color base) y un color de cubrimiento (sobre color). Los pigmentos que dan origen al color de fondo corresponden fundamentalmente a las clorofilas y carotenoides de tonos verdes, amarillos y anaranjados; los colores de cubrimiento en tanto, están dados por antocianinas proporcionando colores rojos y azules (BERGER, 1989).

BRIDLE *et al.*, (1984) identificaron la antocianinacianidina 3-O-B (6-O-malonyl)-D-glucopiranosido, como el pigmento que está presente en mayor cantidad en las hojas de radicchio del tipo Rosso di Verona.

De manera de estandarizar y comparar los colores de la forma más objetiva, se han desarrollado instrumentos como fotómetros y colorímetros. El sistema colorímetro de la CIE (commission internationale de l'éclairage) del año 1976, expresa el color mediante una notación numérica, en donde el L* corresponde a la luminosidad o claridad, el a* y b* expresan el tono y el croma, este sistema de definición del color se conoce como CIELAB (MC GUIRE, 1992).

2.4. Principales causas del deterioro en post cosecha:

El deterioro de una hortaliza es la pérdida de calidad de ésta, pudiendo ser el resultado de factores fisiológicos, mecánicos y microbiológicos, los que causan la mayor parte de las pérdidas de los productos agrícolas perecederos. Se debe tener en cuenta que en la post cosecha del producto fresco, todas estas causas de deterioro están relacionadas entre si y en todas influyen diferentes factores externos que afectan la mantención de la calidad y la incidencia de pérdidas (ARRIAGADA, 1996).

Todas las frutas, hortalizas y raíces son partes de plantas vivas que contienen entre un 65% y 95% de agua. Estas continúan sus procesos vitales después de cosechadas. Los cambios que se producen no sólo conducen a una reducción de la calidad, sino que también hacen al producto más sensible a la contaminación por microorganismos (MANRIQUE, 2003).

2.4.1. Factores fisiológicos

2.4.1.1. Respiración

MANRIQUE (2003) destaca que, desde el punto de vista de post cosecha, es el más importante de todos, señalando que la tasa de deterioro de frutas y hortalizas suele ser proporcional a su tasa respiratoria y ésta a su vez depende de la temperatura.

SUSLOW y CANTWELL (2002) recientemente, evaluaron las tasas de respiración de radicchio y estimaron que a 5°C, su gasto es de 12 ml CO₂/kg•h y a 20°C, el gasto es de 25 ml CO₂/kg•h.

2.4.1.2. Transpiración y pérdida de peso

La transpiración es el proceso mediante el cual el vapor de agua que se encuentra en los tejidos es transferido al aire circundante (LOPEZ, 1992). El déficit de presión de vapor de agua es la medida más importante, pues mide la diferencia entre la presión del vapor de agua al interior de un producto almacenado y su entorno. Cuanto mayor sea el déficit de presión de vapor de agua (mayor gradiente), mayor será la pérdida de agua (MANRIQUE, 2003).

Asimismo, señala SOUSA (2002) que en el proceso respiratorio los productos agrícolas pierden agua, a través de los orificios de la epidermis, lo que provoca una pérdida de peso. Esta pérdida de peso se traduce en una disminución, tanto en calidad del producto como en su precio. Para enfrentar este problema es necesario tener en cuenta el control de la temperatura, de la humedad relativa, de la relación: superficie / volumen y de la selección del embalaje.

2.4.1.3. Producción de etileno

El índice de actividad del etileno aumenta con la maduración, los daños, las enfermedades, las altas temperaturas ($>30^{\circ}\text{C}$), y el estrés de agua. La producción de etileno es disminuida o inhibida al almacenar el producto a bajas temperaturas, reduciendo el O_2 en el medio ambiente y aumentando el CO_2 (LOPEZ, 1992).

2.4.2. Factores mecánicos

Se producen cuando los productos sufren golpes, cortes, heridas o rasgaduras durante la cosecha, transporte y manejo en general (ARIAS, 1992).

La UNIVERSIDAD DE MARYLAND (2002) señala que los daños físicos no sólo son desagradables a la vista, sino que también aceleran la pérdida de agua, proporcionan sitios para la infección por hongos y microbios, y estimulan la producción de dióxido de carbono y etileno por parte del producto, lo que conduce a un deterioro más rápido.

2.4.3. Factores externos

2.4.3.1. Temperatura

El control de temperatura es una de las herramientas principales para reducir el deterioro en post cosecha, las bajas temperaturas disminuyen la actividad de las enzimas y microorganismos responsables del deterioro, reducen el ritmo respiratorio, conservando las reservas que son consumidas en este proceso; retardan la maduración y reducen el déficit de la presión de vapor entre el producto y el medio, disminuyendo la pérdida de agua por transpiración (LOPEZ, 1992).

2.4.3.2. Humedad relativa

El control de los niveles de humedad relativa para cada producto es muy importante, debido a que ésta ejerce influencia en el proceso de transpiración; es decir, de la pérdida de agua en los productos (SOUSA, 2002). La humedad de la atmósfera de almacenamiento debe mantenerse a un nivel que produzca una presión de vapor similar a la presión de vapor existente al interior del producto. Por lo general, esto se consigue con altos valores de humedad relativa, 95% a 99% (MANRIQUE, 2003).

2.4.4. Factores microbiológicos

Microorganismos como bacterias, hongos y virus son importantes causas de deterioro de los alimentos. Estos organismos pueden provocar ablandamiento, colores y sabores extraños en los productos. No obstante, el ablandamiento que normalmente acompaña al envejecimiento y los daños por agentes mecánicos, aumentan la susceptibilidad de los productos a los patógenos.

El primer paso para solucionar los problemas sanitarios es identificar el organismo responsable de la enfermedad. Esta información es de primordial importancia para efectuar decisiones sobre el manejo y la reducción del uso de agroquímicos innecesarios o inapropiados (CHANEY, 2002).

Según VELASCO (2002) en la mayoría de los cultivos, los problemas fitopatológicos tienen importancia económica y repercusiones de origen social y político. Las patologías, con frecuencia, han obligado a sustituir cultivos, variedades, implicando el empobrecimiento de la agricultura por pérdidas de capital, por gastos en semillas, plaguicidas, etc., con incidencia en inversiones industriales que resultan necesarias.

El radicchio es muy susceptible a la pudrición bacteriana blanda causada por *Erwinia carotovora* a temperaturas de almacenamiento más altas y *Pseudomonas pectolítica* a temperaturas de refrigeración más bajas. Es común la pudrición bacteriana cuando se cortan las hojas basales en la cosecha de radicchio. También es común la necrosis del borde foliar y la pudrición de almacenamiento causada por *Botrytis cinerea*, aún con un buen manejo de temperaturas (SUSLOW y CANTWELL, 2002).

NAMESNY (1993) por su parte señala que la vida de post recolección de este grupo de hortalizas se ve afectada fundamentalmente por la pérdida de agua (marchitamiento) y los problemas fitopatológicos. Entre estos últimos, cuentan en particular los ataques de hongos *Botrytis cinerea* y *Sclerotinia sclerotiorum* y de la bacteria *Erwinia carotovora*.

Asimismo, VIGLIOLA, CALOT, FINK (1982) señalan que la podredumbre húmeda se observa frecuentemente en post cosecha. Las plantas que han sido dañadas en el campo, están más predispuestas a ser invadidas por *Erwinia carotovora*. La disposición de las hojas contribuye a mantener la humedad y, por lo tanto, a facilitar el desarrollo de la bacteria, la que está presente en el suelo, cajas de empaque, galpones, entre otros.

RUBATZKY y MIKAL (2002) confirman que las patologías más comunes en post cosecha son provocadas por *Erwinia carotovora*, *Botrytis cinerea* y otros patógenos.

2.4.4.1. Pudriciones blandas bacterianas

AGRIOS (1996) define como pudrición el reblandamiento, decoloración y con frecuencia desintegración de los tejidos de una planta suculenta, como resultado de una infección causada por bacteria u hongos.

Se encuentran distribuidas por todo el mundo y producen pérdidas considerables de cosechas en el campo, durante el transporte y, especialmente, en el almacenamiento, dando como resultado pérdidas totales de los órganos vegetales. Casi todas las hortalizas carnosas están sujetas a las pudriciones blandas bacterianas, de ahí que estas últimas puedan producir una considerable pudrición de ellas al cabo de unas horas, ya sea durante su almacenamiento o período de comercialización. Dichas pudriciones producen pérdidas económicas

considerables al disminuir la cantidad de productos disponibles para la venta, al disminuir la calidad y, por tanto, el valor en el mercado y, además, se incrementan excesivamente los gastos de medidas preventivas para combatir las enfermedades (AGRIOS, 1996).

2.4.4.1.1. Descripción del género *Erwinia*

Las bacterias del género *Erwinia* pertenecen a la familia de las enterobacterias, son bacilos rectos, Gram negativos, anaeróbios facultativos, no desarrollan esporas, sus células tienen forma cilíndrica con extremos redondeados, flagelación peritrica y dimensiones promedio de 1,75 μm de largo y 0,70 μm de diámetro. Reduce la sacarosa, produciendo ácido a partir del alfa - metil glucósido (CEDENO, 2002; AGRIOS, 1996).

Basados en pruebas bioquímicas y sus propiedades pectinolíticas, AGRIOS (1996) distingue tres grupos dentro del género *Erwinia*: *herbícola*, *amylovora* y *carotovora*. Esta última es normalmente denominada “*Erwinia* causante de pudriciones húmedas”. La principal característica que la distingue de las otras es la notable capacidad de generar enzimas pectinolíticas y, por ende, causar pudriciones húmedas.

2.4.4.1.2. El Grupo *carotovora*

Etimológicamente, *carotovora* significa “devorador de zanahorias,” y es una de las pudriciones de mayor importancia económica. Estas requieren invadir la planta del hospedero para reproducirse. Una vez dentro, generan enzimas pectolíticas capaces de degradar la lámina media del hospedero, que es rica en pectatos (AGRIOS, 1996).

De la misma forma, BARON *et al.*, (1998) señalan que la bacteria es incapaz de penetrar las células vivas, pero produce sustancias que terminan matándolas y desintegrándolas; en estas condiciones, les sirven de alimento y, en su presencia, las bacterias se reproducen y repiten este proceso.

2.4.4.1.3. Desarrollo del patógeno

BARON *et al.*, (1998) indican que su desarrollo requiere, en sus etapas iniciales, de alta humedad (superior al 90%), para progresar y continuar con éxito la enfermedad.

Las bacterias pueden desarrollarse y mantenerse en actividad en una amplia variedad de temperaturas. La temperatura mínima para que se desarrolle es de 5°C, la óptima es de 22°C, la máxima es de 37°C, y mueren alrededor de los 50°C (AGRIOS, 1996). SAAVEDRA (1996) por su parte, plantea que el deterioro causado por *Erwinia carotovora*, se ve favorecido por temperaturas mayores a 10°C y expresa su óptimo estado de crecimiento entre los 25 y 30°C.

2.4.4.1.4. Sintomatología

AGRIOS (1996) señala que los síntomas aparecen al principio como una pequeña lesión aguanosa que se extiende con rapidez, tanto en diámetro como en profundidad. La zona se ablanda y suaviza, los bordes se van haciendo cada vez más borrosos. Los tejidos de la zona afectada se opacan fácilmente y se vuelven mucilaginosos, desintegrándose y más tarde se vuelven líquidos y, al colapsar sus tejidos, las bacterias secundarias descomponen los tejidos provocando el fuerte y desagradable olor.

La transmisión se realiza al pasar el invierno en restos de vegetales infectados en el suelo, en la rizósfera de malas hierbas no hospedantes, por insectos, herramientas, manos, lluvia y agua de riego, penetrando generalmente por heridas de heladas, laboreo o insectos.

2.5. Técnica de conservación del producto:

La refrigeración es una operación unitaria que consiste en disminuir la temperatura del producto. De esta forma, se reduce la velocidad de las transformaciones microbianas y bioquímicas que tienen lugar en el alimento y, por ende, se prolonga la vida útil tanto de los alimentos frescos como de los elaborados (SOUSA, 2002).

Para que el producto conserve sus características de calidad, se deben almacenar en cajas de cartón encerado, entre 0 a 1°C a 95 - 100% H.R, y así se mantienen las características del cultivar por 3 a 4 semanas. Los radicchios en el interior de la caja presentan un film plástico de tal manera de evitar la deshidratación (MEREX CHILE, 2002; SUSLOW, CANTWELL, 2002; RUBATZKY AND MIKAL, 2002).

2.6. Tomillo

La exploración de los productos naturales derivados de las plantas medicinales, permite encontrar compuestos bioactivos que se puedan utilizar como alternativa en el control de fitopatógenos (RAMÍREZ, *et al.*, 2002).

Thymus vulgaris, pertenece a la familia de las Labiadas, es una planta perenne aromática de hasta 30 cm de altura; tallos leñosos y grisáceos; flores rosadas y blancas. Sus diminutas

hojas desprenden una fragancia agradable, tanto para el olfato como para el gusto, esta fragancia es producida por un aceite esencial (MUÑOZ, 1987).

SMITH, STEWART, FYFE (2002) indican que el contenido del aceite esencial varía drásticamente con el clima, la época de la cosecha y condiciones de almacenaje. Para extraer el aceite de tomillo, se emplean hojas y flores, se obtiene una esencia rica sobre todo en Timol y Carvacrol, dos fenolisómeros. Otros fito-constituyentes importantes son los flavonoides (derivados de apigenol y luteolol), ácidos fenoles (ácido cafeíco, ácido rosmarínico), vitamina B1, C, manganeso, taninos, saponinas, etc.

Estos principios activos confieren a esta planta las siguientes propiedades: acción antibacteriana, antibiótico, antiséptico, antiespasmódico, antiputrefacto, antiviral, astringente, carminativo, expectorante, hipertensivo, insecticida, tónico, vermífugo (MUÑOZ, 1987).

Se han realizado ensayos con aceite esencial de tomillo para comprobar su acción activa contra las bacterias, dentro del cual se han aislado e identificado dos compuestos de gran actividad (Timol y Carvacrol), responsables de la acción de este aceite frente a los patógenos (HORVÁTH, 2002; COSENTINO *et al.*, 2002; KA DEL MARTILLO, CARSON y RILEY, 2002; MARINO, BERSAMI y COMI, 2002; SMITH, STEWART y FYFE, 2002).

Se ha visto que después de tener contacto con el aceite, solamente algunas bacterias son capaces de recuperar por lo menos el 50% de su función metabólica, esto se explica por una hipótesis descrita por ULTTE (2002) en donde señala que estos dos compuestos actúan sobre la membrana celular de los microorganismos, interactuando con las enzimas periplasmáticas y con otras proteínas de la membrana, saturando este sitio de acción para luego hacer colapsar completamente la membrana citoplasmática bacterial.

2.6.1. Proceso de extracción del aceite

MOREND (1997) señala que en general hay tres tipos de métodos para la obtención del aceite esencial: los directos, los de extracción y los de destilación. La destilación, es la separación de una solución líquida en sus componentes mediante evaporación y condensación, los tipos más comunes de destilación son: destilación simple, destilación fraccionada y destilación por arrastre de vapor de agua (MÉTODOS DE SEPARACIÓN, 2003).

El método de arrastre con vapor es el más usado en la industria de los aceites esenciales por su sencillez, bajo costo y alto rendimiento (UNIVERSIDAD DE EAFIT, 2003; BRAVERMAN, 1980), siendo este método utilizado en este ensayo, el cual se realizó en el laboratorio de hierbas medicinales de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

El proceso demora 2 horas (la destilación 15 minutos) y tiene un rendimiento de 1.35 % sobre hierba seca con 14 % de humedad. Este se inicia llenando el alambique con agua, el cual tiene una capacidad de 130 l, el canastillo interior de acero inoxidable tiene una capacidad de 5 kg, y se carga con la hierba fresca de tomillo. Luego se prende fuego en la base del alambique a llama alta, hasta alcanzar una temperatura de 100° y 115°C, a presión atmosférica (1atmósfera), en estas condiciones se genera vapor, el cual entra en contacto con el material vegetal y arrastra las partículas de aceite, éstas comienzan a correr por un tubo (llamado cuello de cisne), hasta llegar al condensador, en el interior de éste hay un serpentín, de donde fluye un líquido refrigerante, en el cual el vapor saturado se condensa al pasar por éste. Esta mezcla líquida de agua con aceite precipita y cae a un recipiente, en donde el aceite flota ya que es menos denso que el agua, flota sobre él, posteriormente se obtiene la separación del aceite puro. Se pueden obtener entre 18 y 22 ml de aceite; esto depende, de la cantidad de hierba, si está fresca o seca y de la densidad de la esencia. El tomillo se destila

con hierba fresca (0,40% de rendimiento aproximadamente).La relación de aceite por hectárea, se puede calcular aproximadamente en 1há: 40 l.

Una de las limitancias del aceite esencial puro es su grado de fitotoxicidad, por lo cual se debe usar diluido, generalmente en estos casos se usa agua destilada (UNIVERSIDAD DE EAFIT, 2003; PORTILLA, 2002; MOREND, 1997).

2.7. Hipoclorito de sodio

El cloro, los hipocloritos y las cloraminas son desinfectantes que actúan sobre proteínas y ácidos nucleicos de los microorganismos. Oxidan grupos-SH y atacan grupos aminos, índoles y al hidroxifenol de la tirosina (HERRERO y GUARDIA, 1992). Estos autores, señalan que el hipoclorito de sodio es activo sobre todas las bacterias, incluyendo esporas y, además, es efectivo en un amplio rango de temperaturas.

LATORRE (1995) señala que es ampliamente utilizado como tratamiento de post cosecha en frutos y hortalizas por su acción bactericida, lo que permite reducir los riesgos de pudriciones de post cosecha causados por *Erwinia carotovora* u otras en almacenaje.

De la misma forma, señala BARON *et al.*, (1998) que el uso de cloro es una de las pocas opciones químicas disponibles para ayudar en el manejo de las enfermedades de post cosecha. Cuando se usa en combinación con otras prácticas apropiadas, la cloración es efectiva y de relativo bajo costo.

Su efectividad está influenciada por un sin número de factores, éstos incluyen: el pH de la solución, concentración de cloro, temperatura del agua, cantidad de materia orgánica presente, tiempo de exposición y el estado de crecimiento de los patógenos presentes.

KASMIRE (1988) señala que, frecuentemente, para limpiar lechugas, se usa agua clorinizada en concentraciones deseables de 200 ppm, sin que se hayan observado reacciones fitotóxicas.

Igualmente señala MATUS (1992) que el uso de agua con cloro (200 ppm) para la desinfección de peras cv. Winter nelis infectadas por *Penicillium expansum*, se usa como estrategia de control químico a diferentes temperaturas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

Los radicchios fueron obtenidos de la empresa Agrícola Merex Chile S.A., ubicada en Quilicura, Santiago-Chile. El cual tenía un cultivo en la zona de Limache (V región), de donde provino el material, los radicchios fueron cosechados y trasladados en cajas de cartón a Quillota, en un viaje que duró alrededor de una hora, en que la temperatura ambiente era aproximadamente de 23°C. El ensayo se realizó en el laboratorio de post cosecha e industrialización de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, en la provincia de Quillota, V región, entre los meses de Febrero y Abril del 2003.

3.2. Características del material vegetal

Se utilizó una variedad de radicchio coralo R3, el que se caracteriza por tener las láminas de color rojo intenso y las nervaduras blancas. Se cosecharon a los 96 días de plantación y se eligieron 250 radicchios que no presentaban problemas fitosanitarios, ni de daños físicos. Se utilizó un calibre homogéneo, el cual correspondió a un peso promedio de 250 gramos.

Es importante mencionar que se realizó en el lugar del cultivo, un manejo cultural, al mes y medio de plantación, el cual coincidió con la formación de “cogollo” de estos radicchios. Este manejo consistió en una asperción de 200 ppm de Cloro, con el fin de prevenir o disminuir la incidencia de pudrición provocada por *Erwinia carotovora*.

Para la obtención del aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris* tipo terpineol de selección local), se utilizó sumidades (ramillas con flores), material vegetal proveniente de las parcelas de plantas medicinales y aromáticas que se encuentran en la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, de 18 meses de edad. El aceite esencial de tomillo (A.E.T) fue obtenido mediante una destilación de arrastre de vapor, en donde sus compuestos más dominantes se encontraron en una relación de Timol 24 % sobre la esencia y de 1,43 % sobre la esencia de Carvacrol.

3.3. Tratamientos

Los tratamientos a los que se sometieron a los radicchios inmediatamente después de la cosecha, resultaron de la combinación de: 3 períodos de almacenaje y la aplicación de 4 concentraciones con efectos bactericidas, los que tuvieron como objetivo reducir la incidencia de pudriciones bacterianas húmedas en post cosecha de radicchio, siendo almacenados en una cámara refrigerada (a condiciones de 0°C +/-1°C y 95% de H.R) y evaluados cada 10 días. Los tratamientos utilizados en este ensayo se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Combinación de los tratamientos utilizados en radicchios variedad coralo R3

Productos bactericidas	Período de almacenaje		
200 ppm Cloro	10 días de Almacenaje	20 días de Almacenaje	30 días de Almacenaje
100 ppm A.E.T.	10 días de Almacenaje	20 días de Almacenaje	30 días de Almacenaje
200 ppm A.E.T.	10 días de Almacenaje	20 días de Almacenaje	30 días de Almacenaje
300 ppm A.E.T.	10 días de Almacenaje	20 días de Almacenaje	30 días de Almacenaje

A.E.T = aceite esencial de tomillo.

Los radicchios fueron llevados al laboratorio de post cosecha e industrialización en donde se depositaron en cajas de cartón corrugado, con su respectiva identificación, la cuales indicaban la concentración utilizada y el período de almacenaje. Antes de realizar las aplicaciones, se tomó un radicchio de cada tratamiento y de sus respectivas repeticiones, y se les midió el color y el peso, con el fin de obtener los valores de estos parámetros antes de iniciar el almacenamiento refrigerado.

A continuación se prepararon las soluciones de aceite esencial de tomillo base, de acuerdo a lo señalado en el punto (3.2), en donde se diluyeron 0,1 ml de A.E.T. en un litro de agua destilada, para completar los 100 ppm de A.E.T., el mismo procedimiento se realizó con las demás concentraciones de A.E.T. y de cloro.

En seguida, se realizó la aspersión, cubriendo todo el radicchio, y al finalizar la aplicación de las 4 concentraciones, las cajas se trasladaron a una cámara refrigerada, que se encontraba a una temperatura de $0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa de 95 %, siendo completamente al azar, la distribución de las cajas en la cámara refrigerada.

3.4. Parámetros evaluados

A partir del día de la cosecha y cada 10 días, hasta el día 30, se evaluaron variables cuantitativas y cualitativas. En cada fecha de evaluación, se analizaron 20 radicchios por tratamiento. Estas muestras se utilizaron exclusivamente para evaluar los parámetros de presencia y ausencia de pudriciones y manchas.

3.4.1. Color

Se midió la porción roja de la hoja y la porción blanca de la nervadura, en tres sectores del radicchio (zona superior y costados para el color rojo y ambos costados para la nervadura) sacando un valor promedio de éstos. Los radicchios fueron medidos con un colorímetro marca Minolta, modelo CR- 200b, el cual se expresa a través de los parámetros L*, a* y b*.

3.4.2. Peso

Los radicchios utilizados en cada tratamiento y repetición, es decir, 4 por tratamiento, fueron pesados en su condición inicial y, luego, en cada fecha de evaluación, con una balanza digital marca Precisa 3100 C, determinándose de este modo, el porcentaje de pérdida de peso de los radicchios, lo que corresponde a la pérdida por deshidratación de éstos.

3.4.4. Presencia de pudriciones y de manchas

Antes del almacenaje, se realizó una evaluación visual de los radicchios, en la cual se descartaron manchas y signos de infección; éste último se comparó con la sintomatología de radicchios infectados con pudriciones bacterianas traídos desde el campo y packing. Después de cada período de almacenaje, se utilizó un sistema de presencia-ausencia, asignándose un valor de 0 a radicchios sin presencia de manchas o pudrición y 1 a los que presentaban estas características.

El A.E.T, en altas concentraciones, puede provocar fitotoxicidad, la que se presenta o se manifiesta a través de manchas que son inusuales al proceso normal de deterioro (MOREND, 1997).

3.4.5. Evaluación sensorial

Se realizó también, al final de cada período de almacenaje, un panel sensorial, formado por 15 jueces no entrenados, que evaluaron las siguientes variables: aroma, sabor y apariencia. Para realizar la degustación se utilizaron radicchios, en los que se eliminaron las hojas externas, éstas no se consumen por ser las más deterioradas, protegen y mantienen la calidad interna del producto.

Las variables cualitativas fueron analizadas en cinco niveles de evaluación codificadas de uno a cinco, como se presenta en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Niveles de evaluación de las variables cualitativa

Nivel	Aroma, Sabor, Apariencia.
1	Muy desagradable
2	Desagradable
3	Indiferente
4	Agradable
5	Muy Agradable

3.5. Diseño experimental

El ensayo fue conducido por un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 4 x 3, en donde la unidad experimental fue una caja con 5 radicchios y las repeticiones fueron 4 por tratamiento. La combinación de factores del ensayo corresponde a 12 tratamientos y estos factores corresponden a las 4 concentraciones bactericidas y a los 3 períodos de almacenaje.

Para analizar las variables cuantitativas de: % de pérdida de peso, % de radicchios manchados, % de radicchios en pudrición y de color, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA). Para lo cual se estableció que, de existir efecto significativo (diferencias en los tratamientos, tiempos de almacenaje o de su interacción), se analizarían las separaciones de medias con el test de Tukey, con un nivel de significancia del 5%. Para realizar este análisis, se trabajó con el programa estadístico Stat Graphics Plus 3.0.

El modelo matemático utilizado, se presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = u + T_i + F_j + TF_{ij} + E_{ijk}$$

U = Media general

Y_{ijk} = variables

T_i = i esimo tratamiento

F_j = j esimo fecha de evaluación

TF = interacción de tratamientos y fecha.

E_{ijk} = error aleatorio

Para analizar las variables cualitativas del panel sensorial (apariencia, sabor y aroma), se utilizó el test no-paramétrico de Kruskal - Wallis, con un nivel de significancia del 5%. En caso de existir al menos una media distinta a las demás, se realizaría un test no-paramétrico de comparaciones múltiples entre parejas de tratamientos.

A modo de observación, se realizó en el período de comercialización simulada, un conteo para visualizar el porcentaje de hongos y pudrición entre la aplicación de cloro y el A.E.T. (aceite esencial de tomillo) presentes en radicchios variedad coralo R3, a temperatura ambiente.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Color de las hojas

En los Cuadros 3 y 4, se muestran los resultados de luminosidad (L) para los radicchios en la porción roja y blanca de sus hojas. Según las diversas fechas de medición y los distintos tratamientos, se puede apreciar que el efecto de los tratamientos y tiempos de almacenamiento no fueron significativos en relación a la iluminación inicial y final de las cabezas, lo que indica una buena condición de almacenaje con respecto a la evolución de este parámetro.

Del análisis estadístico se determinó, que, con un error del 5%, no existe efecto significativo, para ningún tratamiento en ninguna de las tres fechas evaluadas en la relación del color inicial y final explorada para la hoja completa (porción roja y nervadura).

La variable cuantitativa de color se comparó con una relación b/a inicial, con una relación igual final registrada a los 10, 20 y 30 días de almacenaje, dependiendo de los tratamientos analizados. De acuerdo a la variación que experimentó la relación b/a en el tiempo, se muestra el grado con que los radicchios pierden su brillo o croma, es decir, a mayor valor absoluto de la diferencia b/a inicial v/s final, mayor será el grado de oscurecimiento del producto (Cuadros 3 y 4).

De igual forma, el tono o color de los radicchios varía de acuerdo al signo (positivo o negativo) que tenga el producto de la relación b/a en el tiempo. El producto siempre tuvo un valor positivo, en la porción roja de las hojas, lo que indica que siempre predominó el color

rojo (X-RITE, 2003) lo que coincide con el color rojo con que son cosechados los radicchios. (PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA, 2002 y FUNDACIÓN CHILE, 1993).

El que no haya cambios estadísticos en el color b/a de las hojas, significa que éstas conservan un color aceptable durante toda la vida de almacenaje, por lo que el efecto del A.E.T no altera esta condición de calidad.

CUADRO 3. Variación de color L y b/a de la porción roja de la hoja de radicchio, variedad coralo R3, al inicio y final del período de almacenaje a 0°C +/-1°C y 95% de H.R., tratados con diferentes productos bactericidas hasta un período de 30 días.

Tratamientos	Luminosidad		Medias de relación De color		Diferencia Valor absoluto
	Inicio	Final	Inicio	Final	
200 ppm Cloro: 10 Días	34 a	30 a	0.24 a	0.21 a	0.03
100 ppm A.E.T: 10 Días	35 a	33 a	0.18 a	0.22 a	0.04
200 ppm A.E.T: 10 Días	31 a	29 a	0.19 a	0.15 a	0.04
300 ppm A.E.T: 10 Días	33 a	29 a	0.22 a	0.25 a	0.03
200 ppm Cloro: 20 Días	32 a	28 a	0.20 a	0.24 a	0.04
100 ppm A.E.T: 20 Días	32 a	29 a	0.19 a	0.22 a	0.03
200 ppm A.E.T: 20 Días	32 a	27 a	0.19 a	0.21 a	0.02
300 ppm A.E.T: 20 Días	31 a	30 a	0.16 a	0.19 a	0.03
200 ppm Cloro: 30 Días	33 a	28 a	0.25 a	0.23 a	0.02
100 ppm A.E.T: 30 Días	32 a	26 a	0.19 a	0.19 a	0.00
200 ppm A.E.T: 30 Días	33 a	27 a	0.18 a	0.19 a	0.01
300 ppm A.E.T: 30 Días	34 a	32 a	0.23 a	0.27 a	0.04

Promedios con letras iguales son estadísticamente idénticos, con un nivel de significancia de 5%, según el test de comparación de medias de Tukey. A.E.T= aceite esencial de tomillo.

En este caso, en todos los tratamientos, las hojas tendieron en algunas zonas hacia el color café en la porción roja de la hoja. Esto, concuerda con los resultados obtenidos por PERKINS, RUSSO AND COLLINS (1992) los cuales trabajaron con diferentes bolsas de

polietileno para determinar cambios en la calidad de radicchios en post cosecha, éstos señalaron que el color cambia en la achicoria, lo cual ocurre principalmente en la porción roja del área de la hoja, también se destiñen y se pierde saturación entre, una y cuatro semanas de tenerlas almacenadas a 1°C. Del mismo modo, señalan que estos cambios fueron concomitantes con el tono café que tomaron las hojas.

CARVAJAL (1996) señala asimismo, que el almacenamiento de los radicchios produce cambios de color que comienzan en las áreas rojas de las hojas, tornándose éstas de color café; este cambio de coloración se considera como el primer síntoma de deterioro en post cosecha de los radicchios.

Estos cambios se pueden explicar, según lo expuesto por HARDENBURG, WATASA y YI WANG (1988) en donde señalan que, como consecuencia de la respiración y de los procesos metabólicos involucrados, se pueden reconocer diferentes formas de cambios o pérdidas en los productos agrícolas almacenados.

De la misma manera, NAMESNY (1993) vincula al proceso como normal, asociado a la senescencia del producto, el cual se puede ver acelerado por la presencia de etileno en el ambiente.

CUADRO 4. Variación de color L y b/a de la nervadura de la hoja de radicchio, variedad coralo R3, al inicio y final del período de almacenaje a 0°C +/-1°C y 95% H.R., tratados con diferentes productos bactericidas hasta un período de 30 días.

Tratamientos	Luminosidad (L)		Medias de Relación de color		Diferencia
	Inicio	Final	Inicio	Final	Valor absoluto
200 ppm Cloro: 10 Días	78 a	79 a	0.66 a	0.60 a	0.06
100 ppm A.E.T: 10 Días	81 a	83 a	0.62 a	0.53 a	0.09
200 ppm A.E.T: 10 Días	79 a	81 a	0.68 a	0.60 a	0.08
300 ppm A.E.T: 10 Días	80 a	77 a	0.65 a	0.64 a	0.01
200 ppm Cloro: 20 Días	81 a	77 a	0.67 a	0.68 a	0.01
100 ppm A.E.T: 20 Días	79 a	79 a	0.64 a	0.68 a	0.04
200 ppm A.E.T: 20 Días	78 a	76 a	0.64 a	0.70 a	0.06
300 ppm A.E.T: 20 Días	77 a	76 a	0.63 a	0.64 a	0.01
200 ppm Cloro: 30 Días	81 a	79 a	0.66 a	0.68 a	0.02
100 ppm A.E.T: 30 Días	82 a	78 a	0.64 a	0.59 a	0.05
200 ppm A.E.T: 30 Días	81 a	80 a	0.63 a	0.71 a	0.08
300 ppm A.E.T: 30 Días	79 a	79 a	0.71 a	0.68 a	0.03

Promedios con letras iguales son estadísticamente idénticos, con un nivel de significancia de 5%, según el test de comparación de medias de Tukey. A.E.T= aceite esencial de tomillo.

4.2. Porcentaje de pérdida de peso

Al analizar estadísticamente el porcentaje de pérdida de peso del Cuadro 5, se determinó que con un 5% de significancia, existe un efecto significativo de los productos y de la fecha de almacenaje y de dicha interacción.

Al efectuar la comparación de medias, para la interacción de productos bactericidas con fecha de almacenaje, se determinó que los radicchios sufren pérdida de peso por deshidratación en almacenaje refrigerado.

CUADRO 5. Promedios de Porcentaje de pérdida de peso de radicchios, variedad coralo R3, tratados con diferentes productos bactericidas hasta un período de 30 días en almacenaje refrigerado a 0°C +/-1°C y 95% de H.R.

Productos	Tiempo almacenaje		
	10 días	20 días	30 días
200 ppm Cloro	13,3 ab	17,0 abc	17,5 abc
100 ppm A.E.T.	13,6 ab	17,6 abc	23,3 c
200 ppm A.E.T.	10,2 a	16,0 abc	20,4 bc
300 ppm A.E.T.	14,7 ab	17,6 abc	20,2 bc

Promedios con letras iguales son estadísticamente idénticos, con un nivel de significancia de 5%, según el test de comparación de medias de Tukey. A.E.T= aceite esencial de tomillo.

Se observa, por otro lado, que todos los tratamientos presentaron marcadamente un alto porcentaje de deshidratación promedio de las cabezas de radicchio, superando, desde el comienzo, el valor límite de 10% de pérdida de agua, al peso fresco de cosecha, por sobre el cual el autor LOPEZ (1992), considera que la hortaliza ya pierde su valor comercial, porque se ve afectada su apariencia. Este proceso se muestra en la figura 2.



FIGURA 2. Evidente pérdida de peso, que afecta la apariencia y calidad de algunos radicchios variedad coralo R3 después de 30 días de almacenaje refrigerado ($0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y 95% H.R.).

Sólo 200 ppm de A.E.T., a los 10 días, presentó una media igual al 10 %, siendo la media más baja de todo el período de almacenaje y de todos los tratamientos, existiendo diferencia significativa con el tercer período de almacenamiento.

NAMESNY (1993) señala que la vida de post recolección de este grupo de hortalizas se ve afectada, fundamentalmente, por la pérdida de agua (marchitamiento) y que, al cabo de 15 días, se genera una pérdida de peso de hasta 4 - 5%, presentando síntomas de marchitamiento. Los resultados obtenidos difieren ampliamente de lo expresado, como también de los resultados obtenidos por ORTIZ (2000) el cual observó un porcentaje máximo de pérdida de peso de 7,24%, en lechugas, variedad escarola, a los 21 días de almacenaje.

NAMESNY (1993) señala que los resultados obtenidos se pueden relacionar, ya que concluyó que las achicorias rojas son más percederas que las lechugas escarolas. Igualmente plantea que, a veces, el % de pérdidas al cabo de 30 días de almacenaje en radicchios, alcanza hasta el 30%, en el cual se incluyen pérdidas por deshidratación, por hojas sueltas y por radicchios con problemas sanitarios.

Los resultados de este almacenamiento dependen también, de las características del lote del producto, es decir, cuando éste se compone de cabezas grandes, con hojas bien cerradas, el % de pérdida es de 10% al cabo de 30 días de almacenaje. Este valor alcanza al 40% con cabezas pequeñas o de hojas abiertas (NAMESNY, 1993). Esto último coincide con las cabezas utilizadas, ya que fueron de un tamaño medio (250 gramos) y, por tanto, poseen una mayor relación: superficie/volumen, lo que pudo haber influido en los altos niveles de deshidratación obtenidos en este ensayo.

Otra posible causa de la elevada pérdida de peso que sufrieron los radicchios en este ensayo, se puede atribuir a la falta del uso de bolsas o film plásticos que los cubrieran y protegiesen

de la deshidratación. De lo mencionado anteriormente, HARDENBURG, WATASA y YI WANG (1988) señalan que las bolsas de polietileno o de polipropileno, tienen la ventaja adicional de evitar la pérdida de humedad y deben ser de preferencia perforadas, para evitar la modificación indeseable de la atmósfera interna. MEREX CHILE (2002) indica en sus procedimientos de embalaje, el uso de un film plástico antes de cerrar la caja de radicchio, como medida para evitar una elevada deshidratación.

Por su parte, PERKINS, RUSSO AND COLLINS (1992) señalan que obtuvieron los menores niveles de deshidratación durante el almacenamiento, al utilizar bolsas de polietileno de 10 micrómetros a temperatura de 1°C y, de esta manera, se pudo mantener la calidad de los radicchios hasta por cinco semanas, antes del inicio del deterioro.

4.3. Presencia de pudriciones

Se puede ver en el Cuadro 6, que no hubo diferencia estadística entre los tratamientos con respecto a este parámetro, en ninguna de las fechas de medición.

La ausencia de patógenos en todo el período de almacenaje (10, 20 y 30 días) pudo deberse a que los radicchios utilizados en este ensayo tenían una baja carga de patógenos, debido a la aplicación de cloro que se hizo en el campo cuando éstos comenzaron a formar cabeza (al mes y medio de plantación), con el fin de disminuir la incidencia de pudriciones en los radicchios, provocadas por *Erwinia carotovora*.

Además, esta baja carga de patógenos se puede relacionar con la temperatura de almacenamiento utilizada (0°C±1°C), ya que AGRIOS (1996) plantea que las bacterias pueden desarrollarse y mantenerse en actividad bajo una amplia diversidad de temperaturas,

pero siendo 5°C, la temperatura mínima para desarrollarse, esto concuerda con lo descrito por SUSLOW y CANTWELL (2002) los que señalan que el radicchio es muy susceptible a la pudrición bacteriana blanda causada por *Erwinia carotovora* a temperaturas de almacenamiento más altas que *Pseudomonas pectolítica*, ya que ésta actúa a temperaturas de refrigeración más bajas.

CUADRO 6. Ocurrencia de pudriciones en almacenaje de radicchios, variedad coralo R3, tratados con diferentes productos bactericidas hasta un período de 30 días en almacenaje refrigerado a 0°C +/-1°C y 95% de H.R.

Tratamientos	Presencia de Pudriciones		
	10 días de Almacenaje	20 días de Almacenaje	30 días de Almacenaje
200 ppm Cloro	0 a	0 a	0 a
100 ppm A.E.T.	0 a	0 a	0 a
200 ppm A.E.T.	0 a	0 a	0 a
300 ppm A.E.T.	0 a	0 a	0 a

Promedios con letras iguales son estadísticamente idénticos, con un nivel de significancia de 5%, según el test de comparación de medias de Tukey. A.E.T= aceite esencial de tomillo.

Asimismo, SAAVEDRA (1996) plantea que el deterioro causado por *Erwinia carotovora*, se ve favorecido por temperaturas mayores a 10°C, ya que las altas temperaturas aceleran su multiplicación en los espacios intercelulares, esto se puede deber a la inadecuada eliminación de calor desde el almacenaje (PARRY, 1995; KADER, 1992).

Al terminar el período de almacenamiento, y no haber encontrado indicios de pudrición, se decidió dejar los radicchios por unos días a temperatura ambiente (15-20°C), para observar su evolución, y a la vez simular un período de comercialización. Al transcurrir tres días, se comenzó a observar la presencia de hongos, identificándose *Botrytis cinerea*, y la pudrición de hojas provocado por *Erwinia carotovora*, en todos los tratamientos (tratados con cloro y A.E.T.)

Con esta información se puede relacionar aún más la incidencia de la temperatura en el desarrollo de la bacteria, según lo descrito anteriormente.

Esta observación puede corresponder a lo descrito por DESROSIER (1993) el cual señala que la refrigeración retarda el crecimiento bacteriano, pero no lo detiene. Según la tabla de temperaturas útiles, se dice que a 0°C, el crecimiento de los microorganismos es muy lento, y que a 5°C las bacterias pueden doblar su número en 12-24 horas, y a 10°C pueden multiplicarse hasta 5 veces.

4.4. Presencia de manchas

Se puede ver en el Cuadro 7, que no hubo diferencia estadística, entre los tratamientos con respecto a este parámetro en ninguna de las fechas de medición, ya que no hubo presencia de manchas en ninguno de los tratamientos. Este resultado se puede deber a que las concentraciones de aceite esencial utilizadas no alcanzaron niveles fitotóxicos para los radicchios, esto se puede explicar por lo descrito por DELGADO (2002) el cual señala que al estar el aceite esencial diluido a concentraciones bajas, este producto no produce fitotoxicidad. Por lo que se puede decir, que las concentraciones 100, 200 y 300 ppm de A.E.T, aplicadas a radicchios variedad coralo R3, bajo condiciones de almacenaje refrigerado y, por un periodo de hasta 30 días, se pueden considerar como concentraciones bajas, ya que no alteraron la calidad final de los radicchios almacenados.

CUADRO 7. Ocurrencia de manchas en almacenaje de radicchios, variedad R3, tratados con diferentes productos bactericidas hasta un período de 30 días en almacenaje refrigerado a 0°C +/-1°C y 95% de H.R.

Tratamientos	Presencia de manchas		
	10 días de Almacenaje	20 días de Almacenaje	30 días de Almacenaje
200 ppm Cloro	0 a	0 a	0 a
100 ppm A.E.T.	0 a	0 a	0 a
200 ppm A.E.T.	0 a	0 a	0 a
300 ppm A.E.T.	0 a	0 a	0 a

Promedios con letras iguales son estadísticamente idénticos, con un nivel de significancia de 5%, según el test de comparación de medias de Tukey. A.E.T= aceite esencial de tomillo.

4.5. Evaluación sensorial

4.5.1. Aroma

En cuanto al aroma de los radicchios, los tratamientos no presentan diferencias estadísticas en ninguna de las fechas de almacenaje, como se ve en el Cuadro 8. En general, el aroma fue calificado por los panelistas como indiferente (nota 3), lo que significa que no hay efecto de los tratamientos sobre este parámetro, siendo catalogado igual el uso de Cloro como de las diferentes concentraciones de tomillo.

Además, las fechas de almacenamiento no difieren en los cuatro productos bactericidas. Esto significa que estadísticamente no existe influencia del tiempo de almacenaje sobre el aroma de los radicchios.

CUADRO 8. Nivel promedio de la variable aroma de radicchios, variedad, coralo R3, tratados con diferentes productos bactericidas hasta un período de 30 días en almacenaje refrigerado a 0°C +/-1°C y 95% de H.R.

Tratamientos	Aroma		
	10 Días de Almacenaje	20 Días de Almacenaje	30 Días de Almacenaje
200 ppm Cloro	3	3	3
100 ppm A.E.T.	3	3	2
200 ppm A.E.T.	3	3	3
300 ppm A.E.T.	3	3	3

4.5.2. Sabor

Efectuado el test de Kruskal Wallis, y el test no paramétrico de comparaciones múltiples entre parejas de tratamiento, se puede ver en la Figura 3, que hubo diferencia estadística entre los tratamientos 200 ppm Cloro y de A.E.T., de la primera medición con respecto a este parámetro. Al comparar los tratamientos respecto del sabor de los radicchios, los jueces determinaron que el sabor es generalmente desagradable (nota 2).

Los resultados obtenidos, posiblemente se pueden explicar por la condición de los jueces, ya que estos no fueron entrenados, es decir, no tenían conocimiento de las características organolépticas del radicchio, el cual es típicamente amargo y de ahí su preferencia (PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA, 2002). Aunque, antes de la degustación por parte de ellos, se procedió a embeberlos en agua por un corto período de tiempo, con el fin de mermar su característico sabor amargo, lo cual no fue muy efectivo.

PRICE *et al.*, (1990) señalan que existe una estrecha relación entre el color de las hojas y el sabor amargo, siendo más amargos los de hojas rojas que los de color verde, lo cual refleja un

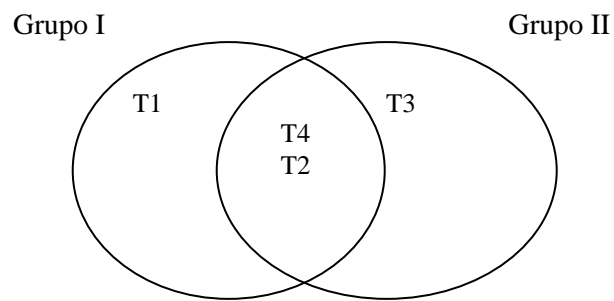


FIGURA 3. Gráfico que ilustra los resultados de los intervalos de confianza del test no paramétrico de comparaciones múltiples entre parejas de tratamiento, en donde se señala que las medias de 200 ppm de cloro y de A.E.T. son distintas estadísticamente, a diferencia de las medias 100 y 300 ppm de A.E.T., que son iguales con 200 ppm de cloro y A.E.T, para la variable sabor, en relación a ser más agradables y menos amargas, de los radicchios variedad coralo R3, en el primer período de almacenamiento refrigerado.

cierto (y relativo) índice cualitativo para intuir el grado de sabor amargo en radicchio. Esta aseveración concuerda con las características analizadas anteriormente referentes al color rojo de los radicchios (4.1) y del amargo tan propio del radicchio. Esto no permitió determinar si el uso de A.E.T alteraba o no su sabor, pero al parecer las concentraciones utilizadas no afectaron el sabor original del radicchio, ya que ningún panelista alcanzó a percibir el sabor u olor típico del tomillo.

CUADRO 9 Nivel promedio del sabor de radicchios, variedad coralo R3, tratados con diferentes productos bactericidas hasta un período de 30 días en almacenaje refrigerado a 0°C +/-1°C y 95% de H.R.

Tratamientos	Sabor		
	10 días de Almacenaje	20 días de Almacenaje	30 días de Almacenaje
200 ppm. Cloro	3	3	2
100 ppm. A.E.T.	4	2	2
200 ppm. A.E.T.	4	2	2
300 ppm. A.E.T.	4	2	3

4.5.3. Apariencia

Efectuado el test de Kruskal Wallis, y el test no paramétrico de comparaciones múltiples entre parejas de tratamiento, se puede ver que hubo diferencia estadística una vez realizados los intervalos de confianza, entre la relación de los tratamientos 200 ppm de cloro y 100 ppm de A.E.T., con los tratamientos 200 y 300 ppm de A.E.T., en la última medición con respecto a este parámetro, los que se observan en la Figura 4. Al comparar los tratamientos con respecto de la apariencia de los radicchios, los jueces determinaron que en general la apariencia es agradable (nota 4).

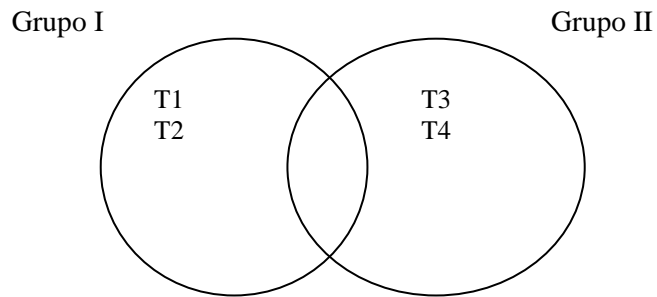


FIGURA 4. Gráfico que ilustra los resultados de los intervalos de confianza del test no paramétrico de comparaciones múltiples entre parejas de tratamiento, en donde se señala que las medias de 200 ppm de cloro y 100 ppm de A.E.T., en relación a 200 y 300 ppm de A.E.T., son distintas estadísticamente, para la variable apariencia, en relación a su mayor deshidratación, lo que conlleva a un color rojo más oscuro y una menor consistencia de los radicchios variedad coralo R3, en el último período de almacenamiento refrigerado.

Se observa en el Cuadro 10 que se consideró la apariencia como desagradable (nota2), en radicchios en los que se utilizó 200 y 300 ppm de A.E.T, en el último período de almacenaje. Esto se debió, presumiblemente, a que, en ambos tratamientos, se perdió un porcentaje de peso superior, lo que afectó directamente su apariencia, pues se encontró una mayor cantidad de hojas afectadas por marchitez (incluso las más internas), por lo que al preparar la degustación para la calificación de los jueces, éstas se encontraron en peores condiciones que los otros radicchios, presentando un aspecto añejo, fenómeno que no ocurrió en los calificados como “agradables”, ya que sus hojas en general (las más internas) se encontraban más turgentes y brillantes.

CUADRO 10. Nivel promedio de la variable apariencia de radicchios, variedad coralo R3, tratados con diferentes productos bactericidas hasta un período de 30 días en almacenaje refrigerado a 0°C +/-1°C y 95% de H.R.

Tratamientos	Apariencia		
	10 días de Almacenaje	20 días De Almacenaje	30 días de Almacenaje
200 ppm Cloro	4	4	4
100 ppm A.E.T.	4	4	4
200 ppm A.E.T.	4	4	2
300 ppm A.E.T.	4	4	2

4.6. Período de comercialización simulada

A modo de observación, las hojas que cubrían los radicchios, se veían cafés muy oscuras, marchitas, secas y blandas. La deshidratación comenzó en la punta del radicchio hacia las hojas internas, lo que le dio un aspecto de añejo, por lo tanto, para hacerlo comercial hubo que sacar una gran cantidad de hojas, hasta llegar a un corazón turgente y brillante, el que todavía se podía consumir. Las desventajas de esta situación fueron: realizar un trabajo extra, se generó pérdida de peso, calibre y calidad comercial, además, estas hojas presentaban

hongos, lo que produjo generalmente el comienzo de pudrición. Que se manifestó desde dentro hacia fuera de las hojas y viceversa. En todos los tratamientos, se encontraron estos síntomas, sin embargo, al realizar a simple vista un conteo, se pudo observar una ínfima diferencia entre estos dos productos, teniendo el A.E.T. en promedio un 63% de presencia de hongos y un 27 %, de pudrición; a inversa del cloro, que tuvo un 60% de presencia de hongos y un 29% de pudrición.

Se pudo observar además, que de las 4 concentraciones bactericidas, el que tuvo menor presencia de hongos fue la aplicación de 100 ppm de A.E.T (58%) y, a simple vista, los radicchios que conservaron un menor deterioro de hojas externas, se encontraron en las concentraciones de 200 ppm. de cloro y 100 ppm de A.E.T. (ANEXO 1).

5. CONCLUSIONES

1) Concentraciones de hasta 300 ppm de aceite esencial de tomillo, aplicadas sobre radicchios variedad coralo R3, no presentan resultados diferentes con la aplicación de cloro (200 ppm), en el control de *Erwinia carotovora*, hasta por 30 días en almacenaje refrigerado ($0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y 95% de H.R).

2) Tanto la aplicación de cloro como de las distintas aplicaciones de aceite esencial de tomillo, en condiciones de almacenaje refrigerado a $0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y 95% de H.R y hasta por 30 días, provocan pérdidas de peso ($>$ al 10%) en los radicchios variedad coralo R3, afectando la apariencia y calidad de éstos.

3) La aplicación de aceite esencial de tomillo, evaluado bajo condiciones de almacenaje ($0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y 95% H.R) y por 30 días, no presenta efectos sobre la variable cualitativa evaluada (aroma), en radicchios rojos variedad Coralo R3.

4) La aplicación de aceite esencial de tomillo no provoca manchas de fitotoxicidad a ninguna de las concentraciones usadas (100, 200 y 300 ppm), en radicchios variedad coralo R3 almacenados a $0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y 95% H.R hasta 30 días.

6. RESUMEN

En el laboratorio de Post cosecha e Industrialización de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, V Región, en la provincia de Quillota, localidad La Palma, se aplicaron previo al almacenaje refrigerado, 3 concentraciones de aceite esencial de tomillo, sobre radicchios variedad Coralo R3, con el propósito de comparar la efectividad antibacterial a *Erwinia carotovora*, en relación al método químico tradicional (Cloro), para así obtener una alternativa orgánica o integrada, al control de esta enfermedad en almacenaje.

La aplicación de aceite esencial de tomillo se realizó en tres concentraciones 100, 200 y 300 ppm; la aplicación de cloro fue de 200 ppm y se almacenaron durante 10, 20 y 30 días a una temperatura de 0°C±1°C y 95 % de humedad relativa.

Al final de cada período, se evaluaron los parámetros de pérdida de peso, color, presencia de pudriciones, presencia de manchas, aroma, apariencia y sabor, estas últimas, a través de un panel de degustación.

La aplicación de aceite esencial de tomillo no afectó estadísticamente el color rojo y blanco de las hojas del radicchio variedad coralo R3, en almacenaje refrigerado.

La aplicación de cloro y de las distintas aplicaciones de tomillo, en el período de almacenaje, provocan pérdidas de peso (> al 10%) en los radicchios variedad coralo R3, afectando la apariencia y calidad de éstos.

La aplicación de aceite esencial de tomillo no afectó la variable cualitativa de: aroma de los radicchios variedad coralo R3, en almacenaje refrigerado hasta 30 días.

La aplicación de aceite esencial de tomillo afectó estadísticamente el sabor en el primer período de almacenaje, pero este resultado se atribuye a la falta de conocimientos de los jueces, ya que el radicchio es naturalmente amargo.

La aplicación de aceite esencial de tomillo no provoca manchas de fitotoxicidad a ninguna de las concentraciones usadas, en radicchios variedad coralo R3, almacenados hasta 30 días, en cámara refrigerada.

El aceite esencial de tomillo se comporta de igual forma que el cloro, por lo que se puede concluir que, bajo estas condiciones de almacenaje (0°C±1°C y 95% de H.R), y hasta por un período de 30 días, daría lo mismo aplicar cloro o A.E.T., a radicchios variedad coralo R3 para prevenir o retardar la incidencia de *Erwinia carotovora* en almacenaje refrigerado, generando así una alternativa prominente de control orgánico o integrado sobre esta enfermedad.

7. LITERATURA CITADA

- AGRIOS, G. 1996. Fitopatología, Enfermedades de las plantas. 2^{da} Edición. México D. F, Ediciones Uthea Noriega. 756p.
- ARIAS, C. 1992. Situación general del manejo post cosecha de frutos y hortalizas. In: IZQUIERDO, J; PALTRINIERI, G; ARIAS, C. Eds. Producción postcosecha procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. Santiago, FAO. 219-224pp.
- ARRIAGADA, L. 1996. Análisis de las metodologías de evaluación de la calidad y pérdidas de postcosecha de frutas. Tesis de grado Ing Agr. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias químicas y Farmacológicas. 59p.
- BARON, C.; BARÉS, C.; MARADEI, F.; SANCHEZ, G. 1998. Manejo de postcosecha de lechuga. In: CORPORACIÓN DEL MERCADO CENTRAL DE BUENOS AIRES. Eds. Manejo de postcosecha de lechuga: inspección de frutas y hortalizas. Control de calidad. Buenos Aires, Corporación del mercado central de buenos aires. pp 1-23.
- BERGER, H. 1989. El color en la postcosecha de frutas y hortalizas. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas 31:79-85pp.
- BRAVERMAN, J. 1980. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Barcelona, Ediciones Omega. 355 p
- BRIDLE, P.; LOEFFLER, T.; TIMBERLAKE, C. AND SELF, R. 1984. Cyanadin3-malonyl glucoside in Cichorium intybus. Phytochemistry. 23 (12) 2968-2969.
- CARVAJAL, X. 1996. Efecto de la fecha de trasplante en la producción y calidad de Radicchio (Cichorium intybus L.). Tesis de grado Ing Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 74p
- CEDEÑO, L. 2002. Erwinia carotovora subsp. atroseptica, causante de la pudrición blanda del platano 'harton' en venezuela, (on line). www.ing.ula.ve/~cme/publi_ant.html

- CICHAN, M AND PALSER, B. 1982. Development of normal seedles achenes in Cichorium Intybus (compositae). American Journal of botany 69 (6): 885- 895.
- CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1998. Sector agropecuario nacional. Evolución reciente y proyecciones. Santiago, CORFO. 443p.
- COSENTINO, S.; RESKE, L.; BOLTON, V.; ROJO, C. 2002. Actividad antimicrobiana in vivo y composición química de los Aceites esenciales del timo sardo, (on line). www.herbmed.org/Herbs/Herb72.html
- CHANEY, B. 2002. Family farm repots vegetable research information. Center University of California cooperative extension, (on line). www.ucdavis.edu
- DELGADO, M. 2002. Bio 75 a base de extractó de tomillo rojo (Thymus Zygis), (on line). www.agromed.net/manual/Manual
- DESROSIER, N. 1993. Conservación de alimentos. México D F, Editorial continental. 468p.
- EUROPEAN VEGETABLE SPECIALTIES. 2002. Products, (on line). www.radicchio.com/products/nutrition.html
- FLORES, A. 1995. Índices de madurez de cosecha de frutas y hortalizas tropicales. In: LIZANA A. Eds. IV Simposio internacional de manejo, calidad y fisiología post cosecha de frutas. Santiago, Universidad de Chile. pp 21-24. (Publicaciones misceláneas agrícola N° 42)
- FUNDACIÓN CHILE. 1993. El radicchio situación mundial. Agro económico N° 15: 19-22.
- _____. 1990. Radicchio: una hortaliza que registra exportaciones crecientes. Agro económico. 7(6): 13- 17
- HARDENBURG, R.; WATASA, A.; YI WANG, C. 1988. Almacenamiento comercial de frutas y legumbres y existencias de floristerías y viveros. Costa rica. IICA. 150p

- HERRERO, A.; GUARDIA, J. 1992. Conservación de frutos. Manual técnico. Madrid, Ediciones Mundi prensa. 409p
- HORVÁTH, G. 2002. [Antibacterial activity of Thymus phenols by direct bioautography](http://www.sci.u-szeged.hu/ABS/2002/), (online). www.sci.u-szeged.hu/ABS/2002/
- KA DEL MARTILLO, C.; DE CARSON, A.; RILEY T. 2002. Actividad antimicrobiana de aceites esenciales y de otros extractos de la planta, (online). www.herbmed.org/Herbs/Herb722.html
- KADER, A. 1992. Post harvest technology of horticultural crops. 2 Edition: university of California. Division of agriculture and natural resources. 296p
- KASMIRE, R. 1988. Manejo de post cosecha de hortaliza de hoja, raíz y tallo. In: Fundación Chile curso: tecnología de la postcosecha de frutas y hortalizas. Departamento agroindustrial Fch. 16p.
- LATORRE, B. 1995. Enfermedades de las plantas cultivadas. IV edición: Ediciones Universidad Católica de Chile. 601p.
- LIZANA, A. 1995. Madurez de cosecha y comportamiento post cosecha de frutas In: LIZANA, A. Eds. IV Simposio internacional de manejo, calidad y fisiología post cosecha de frutas. Santiago, Universidad de Chile. Publicaciones misceláneas agrícola N° 42 p 1-9
- LOPEZ, A. 1992. Principios básicos de la postcosecha de frutas y hortalizas con especial Énfasis en ajo, cebolla y tomate. In: IZQUIERDO, J; PALTRINIERI, G; ARIAS, C. Eds, Producción postcosecha procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. Santiago, FAO. pp 225 - 306.
- MC GUIRE, R. 1992. Reporting of objective color measurements. Hortscience 27 (12): 1254-1255.
- MANRIQUE, K. 2003. Nociones del Manejo de Post-Cosecha Depto. de Mejoramiento y Recursos Genéticos Centro Internacional de la Papa, (on line). www.redepapa.org/postcosechared.html

- MAROTO, J.; GOMEZ, A.; SORIA, S. 2000. La lechuga y la escarola. Madrid, Ediciones Mundi prensa p 242.
- MARINO, M.; BERSAMI, C.; COMI, C. 2002. La actividad antimicrobiana de los aceites Esenciales del timol (*T vulgaris*), se midió el uso de un método bioimpedimetrico, (on line). www.herbmed.org/Herbs/Herb723.html
- MATUS, F. 1992. Pudrición de postcosecha en peras cv. Winter nelis por *Penicillium expansum* (link). Thom: efecto de la temperatura en el proceso de infección y estrategias de control químico. Tesis de grado Ing Agr. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de ciencias Agrarias y forestales. 68p.
- MEREX CHILE. 2002. Manual de cultivo del Radicchio (*Cichorium intybus*), (on line).www.merexchile.cl
- MÉTODOS DE SEPARACIÓN .2003. Métodos de separación, (on line). www.ur.mx/cursos/diya/química/jescobed/separa.html
- MOREND, L. 1997. Guía curso optativo. Plantas medicinales y Aromáticas. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de agronomía. p 26
- MUÑOZ, F. 1987. Plantas medicinales y aromáticas. Madrid, Mundi- Prensa. 365 p.
- NAMESNY, A. 1993. Post- recolección de Hortalizas. Reus, Editorial de horticultura, S.L. Vol. I. 330 p.
- ODEPA. 2002. Chile, superficie de hortalizas según especie y flores, (on line). www.odepa.cl
- _____.Radicchios, frescos o refrigerados período 01/01/2002 al 12/12/2002, (on line). www.odepa.cl
- ORTIZ, C. 2000. Efecto de la aplicación en precosecha de Triacilglicerol sobre la calidad en cosecha y postcosecha de lechuga (*Lactuca sativa.*) variedad escarola y española. Taller de licenciatura Ing Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 58p.

- PARRY, T. 1995. Envasado de los alimentos en atmósfera modificada. Madrid, Ediciones Madrid vicente. 333 p.
- PERKINS, P.; RUSSO, V.; COLLINS, J. 1992. Postharvest changes during storage of packaged radicchio. *Journal of food quality*. 15 (2): 111-118.
- PORTILLA, G. 2002. Esencia con aroma a negocio. *Revista de campo*. 27(1369): 4-5.
- PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. 2002. Hortalizas de estación Fría, Radicchio, (on line). www.puc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p041.html
- PRICE, K.; DUPONT, M.; SHEPHERD, R.; W-S CHAN, H AND FENWICK, R. 1990. Relationship between the chemical and sensory properties of exotic salad crops-coloured lettuce (*Lactuca sativa*) and chicory (*Cichorium intybus*). *Journal Sci. Food Agric*. 53: 185-192.
- RAMÍREZ, C.; LOPEZ, G.; SOTO, T.; BOTTO, A. 2002. Actividad fungicida de la afinina y del extracto crudo de las raíces de *Heliopsis longipes* en dos especies de *sclerotium*. MéxicoDF, Universidad de Guadalajara, (on line). www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2000/mar-abr/art-10
- REES, S. AND HARBORNE, J. 1985. The role of sesquiterpene lactones and phenolics in the chemical defense of the chicory plant. *Phytochemistry* 24(10): 2225-2231.
- RUBATZKY, V AND MIKAL, E. 2002. Chicory Department of Vegetable Crops University of California, Davis, CA, (on line). www.ba.ars.usda.gov/hb66/051chicory.pdf
- SAAVEDRA, M. 2001. Etiología del organismo causante de la pudrición blanda en cala de color (*Zantedeschia spp.*). Taller de licenciatura Ing Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía 73 p.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN ESTADÍSTICA, AGROALIMENTARIA Y PESQUERA SIAP. 2002, (on line). www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/default.htm

- SOUSA, R. 2002. Aspectos sobre Comercialización y Manejo Post-cosecha de Ñame y Otoe,” (on line). www.senacyt.gob.pa/g_innovacion/facitec/docs/ft-2.
- SMITH-PALMER, A.; ASTEWART, J.; FYFEL, L. 2002. Características antimicrobianas de plantas contra cinco patógeno producidos por alimentos importantes, (on line). www.herbmed.org/Herbs/Herb724.html
- SUSLOW, T.; CANTWELL, M. 2002. Recomendaciones para, mantener la calidad en post cosecha de radicchio. Departamento de cultivo de vegetales. Universidad de California, (on line). www.postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg/radicchio.html
- ULTEE, A. 2002. Acción bactericida del carvacrol hacia el patógeno del alimento, el bacilo de cirio, (on line). www.agralin.nl/wda/
- UNIVERSIDAD DE EAFIT. 2002. Aceites Esenciales para el Desarrollo Sostenible, (on line). www.eafit.edu.co/iae/index.html
- UNIVERSIDAD DE MARYLAND. 2002. Mejorando la seguridad y calidad de frutas y hortalizas frescas: manual de formación para instructores, (on line.) ucce.ucdavis.edu/freeform/UC_GAPs/documents/Other_Training_Resources2660.pdf
- VELASCO, B. 2002. Estudio de las enfermedades en cultivos principalmente exportables de la Provincia de Mendoza: V puerro, VI endibia, VI radicchio, (on line). incentivos.spu.edu.ar/proy1996/dc/h_dc11d.htm
- VIGLIOLA, M.; CALOT, L.; FINK, M. 1982. Hortalizas Enfermedades en Postcosecha Buenos Aires. Hemisferio Sur. 80p
- X- RITE. 2003. A Guide to Understanding Color Communication, (on line). www.xrite.com/

ANEXO 1

Observaciones tomadas en el período de comercialización simulada.

	Pudrición		Hongos		Sanos		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Cloro	14	29	29	60	5	11	48	100
Tomillo (promedio)	11	27	26	63	3.6	9.6	41	100

		Pudrición		Hongos		Sanos		Total	
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Tomillo ppm	100	12	31	22	58	4	11	38	100
Tomillo ppm	200	9	23	27	69	3	8	39	100
Tomillo ppm	300	13	27	30	63	4	10	47	100
Promedio		11	27%	26	63%	3.6	9.6	41	100