

# DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE KÉTCHUP DE COLORES ECOLÓGICO A PARTIR DE VARIETADES TRADICIONALES DE TOMATE (*Solanum Lycopersicum* L.)

I. Blasco, M.D. Raigón<sup>1</sup>, M.D. Ortolá<sup>2</sup>.

## RESUMEN

Actualmente hay disponible una gran oferta de variedades locales de tomate que no son procesadas para su uso comercial. Las variedades locales andaluzas de tomate de diferentes colores Perla Limón (verde), Rey Amarillo (amarillo), Mini Negro (amarronado/morado) y Sangre (anaranjado), fueron estudiadas y su procesado en kétchup ecológico estandarizado contribuyendo a la oferta existente de productos ecológicos procesados. Tras la elaboración de kétchup, las características físico químicas del producto variaron de forma significativa disminuyendo el pH y aumentando la acidez y los grados Brix, siendo el contenido en sólidos solubles de las variedades de tomate relativamente superior al comercial. El contenido proteico aumentó tras el procesado debido a la interacción de los demás ingredientes utilizados exceptuando la variedad Perla Limón. Las variedades de tomate presentaron un nivel superior de capacidad antioxidante, siendo más notable la diferencia en el producto procesado en kétchup respecto al comercial, no obstante, el contenido en licopeno y  $\beta$ -caroteno fue inferior en las variedades Perla Limón, Rey Amarillo y Sangre debido a su diferencia de color característico al rojo de referencia. En conclusión, las variedades de tomate andaluzas ecológicas presentan un contenido en sólidos solubles y capacidad antioxidante superior y un contenido en proteínas inferior a la variedad convencional, siendo más notable esta diferencia tras su procesado.

**PALABRAS CLAVE:** Producción ecológica, Tomate, *Solanum Lycopersicum*, Variedades Locales, Kétchup, Antioxidantes, Evaluación Sensorial.

## RESUM

Actualment hi ha disponible una gran oferta de varietats locals de tomaca que no són processades per al seu ús comercial. Les varietats locals andaluses de tomaca de diferents colors Perla Limón (verd) , Rey Amarillo

---

<sup>1</sup> Departamento de Química. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n. Valencia.

<sup>2</sup> Departamento de Tecnología de Alimentos. Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
<sup>2</sup> Departamento de Tecnología de Alimentos. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n. Valencia.

(groc), Mini Negro (amarronado/morado) i Sangre (ataronjat) , van ser estudiades i el seu processat en quetxup ecològic estandarditzat contribuint a l'oferta existent de productes ecològics processats. Després del procés d'elaboració de quetxup les característiques físic químiques del producte variaren de forma significativa disminuint el pH i augmentant l'acidesa i els graus Brix, sent el contingut en sòlids solubles de les varietats de tomaca andalusa relativament superior al comercial. El contingut proteic va augmentar després del processat a causa de la interacció dels altres ingredients utilitzats exceptuant la varietat Perla Limón. Les varietats de tomaca andalusa presenten un nivell superior de capacitat antioxidant, sent més notable la diferència en el producte processat en quetxup respecte al comercial, no obstant això, el contingut en licopé i  $\beta$ -caroteno és inferior en les varietats Perla Limón, Rey Amarillo i Sangre degut a la seua diferència de color característic al roig de referència. En conclusió, les varietats de tomaca andalusa ecològica presenten un contingut en sòlids solubles i capacitat antioxidant superior i un contingut en proteïnes inferior a la varietat convencional, sent més notable esta diferència després del seu processat.

PARAULES CLAU: Producció ecològica, Tomàquet, Solanum Lycopersicum, Varietats Locals, Ketchup, Antioxidants, Avaluació Sensorial.

## **ABSTRACT**

Nowadays there is a huge offer of local tomato varieties that are not manufactured for its commercial use. Different coloured traditional andalusian tomato varieties Perla Limón (green), Rey Amarillo (yellow), Mini Negro (brown/purple) and Sangre (orange/pink), were studied and its process into ketchup standardized due to contribute to the existing offer of organic manufactured products. After a heat treatment to produce ketchup, characterization of the product varied significantly decreasing the pH and increasing acidity and °Brix. Content of soluble solids on tomato varieties were relatively higher when comparing to the commercial variety. The protein content increased after processing due to the interaction of other ingredients used except Perla Limón variety. Tomato varieties had a higher antioxidant capacity level, most notably after its processing into ketchup over commercial product, however,  $\beta$ -carotene and lycopene content were lower in Perla Limón, Rey Amarillo y Sangre varieties due to its difference between characteristic colour and reference red commercial colour. To sum up, andalusian tomato varieties have a higher soluble solids content and higher antioxidant capacity and contain less protein than conventional variety, which difference is much more remarked after its heat-treatment processing.

KEY WORDS: Organic production, tomato, Solanum lycopersicum, Local Varieties, Ketchup, Antioxidants, Sensory Evaluation.

## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) es una de las frutas más consumidas en el mundo, siendo el segundo cultivo vegetal más importante. Es un componente clave en la llamada dieta mediterránea, la cual está fuertemente asociada con la reducción de riesgo de enfermedades degenerativas y crónicas como son enfermedades del corazón o ciertos tipos de cáncer (Agarwal y Rao, 2000; Giovannucci, 1999).

Se trata de una de las mayores fuentes de antioxidantes como son carotenoides, vitamina C y E (Abushita *et al.*, 1997), compuestos fenólicos y tocoferoles (Martínez-Valverde *et al.*, 2002), que ayudan a combatir los radicales libres previniendo así dichas enfermedades. El licopeno tiene la mayor actividad antioxidante de todos los antioxidantes alimentarios (Di Mascio *et al.*, 1989; George *et al.*, 2004). Más de un 80% de los carotenoides totales están presentes en el tomate, siendo responsables de su color característico (Nguyen y Schwartz, 1999; Lenucci *et al.*, 2006). El licopeno no está considerado como nutriente esencial en la dieta por lo que no se ha establecido cantidad diaria recomendada de forma oficial (Story *et al.*, 2010). Algunos autores coinciden en que la cantidad diaria recomendada de licopeno es de 30-60 mg (Rao y Amanat, 2007; Sesso *et al.*, 2003; Rao y Agarwal, 2000). No obstante, el panel de la Autoridad Europea de Sanidad Alimentaria (EFSA) determinó una cantidad diaria recomendada de 0.5 mg/kg incluyendo las fuentes naturales y colorantes de licopeno (European Food Information Council). La ingesta de licopeno puede considerarse como una medida preventiva y terapéutica no farmacológica para diferentes tipos de enfermedades (Cruz *et al.*, 2013). El tomate también contiene cantidades moderadas de otros carotenoides, como son  $\alpha$ -carotenos,  $\beta$ -carotenos y luteína. El  $\beta$ -caroteno es un precursor de la vitamina A y la luteína está asociada con la reducción del cáncer de pulmón (Di Mascio *et al.*, 1991).

La cantidad de cada antioxidante que presenta el tomate está fuertemente influenciada por las diferencias genéticas entre variedades, además de por los factores agronómicos, geográficos y ambientales (George *et al.*, 2004; Abushita *et al.*, 2000; Raffo *et al.*, 2002; Hernández *et al.*, 2008; Guil-Guerrero y Reboloso-Fuentes, 2009).

El tomate es consumido fresco pero también procesado en una amplia gama de productos como tomate enlatado, pastas, zumo, salsas, ketchup, sopas o guisos (Lenucci *et al.*, 2006). Productos que, en la actualidad están disponibles en cultivo ecológico (Bourn y Prescott, 2002).

El ketchup, como otras conservas de tomate, es un producto estable a temperatura ambiente. Normalmente pasteurizada la pasta de tomate, se mezcla con otros ingredientes (vinagre, especias, sal azúcar, almidón, etc.), llevado a cocción y envasado en caliente en un recipiente herméticamente cerrado (Goose y Binsted, 1973). Su estabilidad microbiológica se basa en que el pH está por debajo de 4.0, en la pasteurización o en la adición de conservantes por lo que puede ser conservado entre uno y dos años a temperatura ambiente. Tiene propiedades nutricionales debido a su alto contenido en carotenoides (licopeno y  $\beta$ -caroteno principalmente). El licopeno, mayor antioxidante presente en tomate, es prácticamente estable

durante el almacenaje y el procesado del tomate. Además, el procesado en calor, ampliamente usado para todo tipo de salsas de tomate, es recomendado puesto que incrementa la biodisponibilidad del licopeno en el cuerpo humano (Böhm y Bitsch, 1999). La degradación del licopeno y el ácido ascórbico depende de las condiciones de la materia prima y el tratamiento aplicado a la preparación del ketchup (Rajchl *et al.*, 2010). Los carotenoides son compuestos relativamente estables al calor (Nicoli *et al.*, 1999), no obstante, por el procesado y consiguiente almacenaje del producto, el nivel en carotenoides baja y el color cambia (Shi y Mageur, 2000).

La incesante demanda de alimentos ecológicos es debida a que los consumidores están cada vez más preocupados por la calidad y la seguridad alimentaria y a la percepción de que los alimentos ecológicos son más sanos y saludables que los convencionales (Bourn y Prescott, 2002). El mercado europeo de productos ecológicos es el segundo más grande del mundo, por detrás de Estados Unidos. Según encuestas, alrededor del 90% de los consumidores optarían por productos ecológicos si los precios fueran los mismos a los productos convencionales (B.B.M.G. Report, 2008). Los productos orgánicos representan por tanto, una oportunidad potencial para las compañías con horizonte internacional (Ruiz *et al.*, 2011).

La composición de los alimentos está determinada y fuertemente relacionada con el tipo de cultivo, la diversidad genética, las condiciones medioambientales y el modo de fertilización (Worthington, 1998). Algunos estudios confirman que la biosíntesis de compuestos fenólicos (Hakkinen y Torronen, 2000) y vitaminas (Athman *et al.*, 2011) en plantas varían en función de las condiciones de cultivo, contando los productos de producción ecológica con un contenido mayor de componentes esenciales. Numerosos estudios verifican que el cultivo de tomate ecológico presenta mayores cantidades de componentes bioactivos y por lo tanto, en aquellos productos obtenidos a partir de esta materia prima, como compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en zumo de tomate (Vallverdú-Queralt *et al.*, 2012) o ketchup (Vallverdú-Queralt *et al.*, 2011).

En la actualidad, hay disponible una amplia gama de ketchup procesado a partir de tomate ecológico, no obstante, existe una gran biodiversidad de tomate en España con un porcentaje de explotación muy bajo. En vistas de mantener la gran biodiversidad cultivada existente y aumentar la cartera de productos ecológicos, se hace necesario el desarrollo y estudio de nuevos productos a partir de variedades tradicionales debido a que otras variedades de tomate podrían ser utilizadas para la producción de ketchup con un rendimiento comercial aceptable.

El presente estudio está diseñado con el fin de 1. Optimizar el procesado de las variedades tradicionales de tomate *Perla Limón*, *Rey Amarillo*, *Mini Negro* y *Sangre* para la obtención de ketchup ecológico. 2. Determinar la variación del contenido en carotenoides, antioxidantes y proteínas tras el procesado y su comparativa con el producto ketchup ecológico de referencia de la variedad comercializada en la actualidad. 3. Determinar la aceptación del nuevo producto en el mercado mediante valoración organoléptica.

Sólo algunas variedades tradicionales han sido estudiadas para la producción de ketchup ecológico, no habiendo realizado comparaciones entre todas las variedades tradicionales de tomate conocidas hasta la fecha. Los resultados pueden variar dependiendo de la variedad de tomate así como del tratamiento de calor aplicado y su duración. Por tanto, sería necesario realizar el estudio con otras variedades y otros tratamientos para su comparación. Por otro lado, la mayoría de los ketchups comerciales son de color rojo, y la variable del color natural del tomate no se introduce como valor añadido en este tipo de alimentos, por lo que es importante conocer el orden de adaptación de estas variedades tradicionales al sistema de producción y la aceptación del nuevo producto por sus atributos sensoriales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio se utilizaron las variedades tradicionales andaluzas *Rey Amarillo*, *Mini Negro*, *Perla Limón*, *Tomate de Sangre*, procedentes de la Cooperativa agrícola "La verde" de Villamartín, Cádiz (Figura 1) y una variedad de tomate híbrido calificado comercialmente como *Óptima*.



**FIGURA 1.** Variedades de tomate ecológico utilizadas para el presente estudio: Sangre, Mini Negro, Perla Limón y Rey Amarillo

Los plántulos de variedades andaluzas fueron enviados a Valencia dónde en las parcelas de La Unió de Llauradors i Ramaders, con histórico de producción ecológica certificada, de la Marjal del Moro (Sagunto) se realizó el trasplante y cultivo junto con la variedad híbrida. El suelo de La Marjal del Moro (Sagunto) es franco-arcilloso-arenoso, pH de 7.70, ligeramente alcalino y no salino (Quéméner, 1985), la conductividad en el extracto acuoso 1:5 es de  $341 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Su contenido en carbonatos es normal (Yáñez, 1989), con un valor de 9.14%, así como su nivel de materia orgánica con un valor de

2.05%. Respecto al nivel de macronutrientes, presenta un contenido en nitrógeno bajo (Legaz *et al.*, 1995) con un valor de 0.1%, lo que proporciona una relación C/N ligeramente alta, de 11.45 (Guigou *et al.*, 1989). En lo que se refiere a los valores de fósforo y potasio asimilable, ambos son muy elevados (Legaz *et al.*, 1995), de 92.30 mg P.kg<sup>-1</sup> suelo y 714.53 mg K.kg<sup>-1</sup> suelo, respectivamente. La plantación se realizó el 20 de abril de 2012. El riego fue a manta, por inundación de calles y con una frecuencia de una vez por semana. Las temperaturas medias del periodo fueron de 15 °C mínima y 30 °C máxima (AEMET, 2013). La recolección de los frutos de tomate comenzó a partir de mediados de junio y se extendió hasta finales de septiembre de 2012.

Para la elaboración del ketchup además de los tomates se empleó vinagre, azúcar, sal y fécula de maíz, todos con certificado ecológico procedentes de supermercados ecológicos locales.

**Preparación de muestras:** El material vegetal fue conservado en frigorífico a 4 °C o triturado (Braun Type: 4191, 220-230V~50/60 Hz, 500W) y congelado a -20 °C en función de la deriva de la muestra. Para la elaboración del ketchup, cumpliendo con la normativa española vigente (Código Alimentario Español, Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre con modificación de 28 de diciembre de 2012). Para el tratamiento de 1 kg aproximadamente de tomate fresco, se trocea y tritura hasta conseguir un puré homogéneo, posteriormente se lleva a cocción a 300 °C, aproximadamente, durante 15 minutos; luego se filtra con un tamiz de 40 mm de malla para eliminar las pieles y semillas del tomate; al puré resultante se le añade 50 g de vinagre, 10 g de sal, 40 g de azúcar y 12 g de fécula de maíz de procedencia ecológica; se vuelve a llevar a cocción la mezcla a 300 °C, durante 45 minutos, con agitación continua y finalmente se envasa en botes de vidrio herméticamente cerrados.

**Determinaciones analíticas:** Todas las determinaciones se realizaron a temperatura ambiente (~25 °C) por triplicado, en el tomate fresco y en el ketchup ecológico obtenido.

**DETERMINACIÓN DEL pH:** La determinación del pH se realiza por medida potenciométrica directa del zumo de tomate homogeneizado y del ketchup por la dilución pertinente y la posterior corrección.

**DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TOTAL:** La determinación de la acidez total se realiza siguiendo el método oficial de la AOAC 942.15; por valoración potenciométrica de la muestra del zumo de tomate homogeneizado de cada variedad y de las diferentes muestras de ketchup con la dilución pertinente y la posterior corrección, previa eliminación del dióxido de carbono. Para la determinación se toma, en un vaso de precipitados, aproximadamente 1 g de la muestra exenta de CO<sub>2</sub> diluida en H<sub>2</sub>O destilada, se introduce el electrodo y se procede a la valoración con NaOH de concentración conocida hasta el valor de pH=8.1. Los resultados se expresan en gramos de ácido cítrico por cada 100 g de muestra.

$$\% \text{ Acidez (g de ácido cítrico/100 g)} = \frac{V (Mx) \times C(Mx) \times PEqu \text{ Ac. Cítrico}}{m (g)} \quad (1)$$

donde: V (Mx)=volumen de NaOH utilizado en la valoración;  
C(Mx)=concentración del NaOH; PEqu Ac. Cítrico=6.4.

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES:** La determinación del contenido en sólidos solubles en zumo de tomate homogeneizado y en ketchup se realizó mediante medida directa de los grados Brix en refractómetro con las correspondientes diluciones y correcciones posteriores.

**DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS:** La determinación de proteínas se realiza según el método oficial de la AOAC 2001.11, conocido como método Kjeldahl. Se pesaron cantidades aproximadas de 0.5 g de tomate o ketchup homogeneizado, se introdujeron en el tubos especiales de digestión, a los cuales se añadieron 4 g de la mezcla de catalizadores, 10 mL de la mezcla de ácidos y 10 mL de agua oxigenada, agitando suavemente el tubo digestor y dejando reposar unos minutos para evitar excesiva formación de espuma, colocándolo seguidamente en el bloque digestor a 420 °C, durante 30 minutos. Transcurrida la digestión, se sacaron los tubos y se dejaron enfriar durante 10 minutos, se añadieron con precaución 50 mL de agua destilada a cada tubo. Posteriormente cada tubo de digestión se introduce en la unidad de destilación, previamente ajustada y un Erlenmeyer de 250 mL en la unidad de destilación conteniendo 15 mL de la mezcla de ácido bórico + indicador. Recogidos de 100 a 125 mL de destilado, se valoró con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05 N hasta el viraje de verde a rojo pálido. Se realizó una prueba en blanco bajo el mismo procedimiento pero sin muestra.

El nitrógeno total contenido se obtiene mediante la siguiente fórmula, expresándose en porcentaje de materia seca para el tomate y en materia fresca para el ketchup.

$$\% N_{\text{TOTAL}} = \frac{(V_m - V_b) \times f \times N \times 100}{mg} \times 14 \quad (2)$$

donde: V<sub>m</sub>=Volumen de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (mL) gastados en la muestra;  
V<sub>b</sub>=Volumen de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (mL) gastados en el blanco; f=Factor del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;  
N=Normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; mg=Peso de la muestra (mg)

Finalmente para la determinación de la proteína bruta se multiplica el contenido en nitrógeno total por el factor de 6.25.

**DETERMINACIÓN DE CAROTENOIDES:** El contenido en carotenoides en tomate y ketchup se determinó mediante espectrofotometría UV/V siguiendo el protocolo desarrollado por Zscheille y Porter (1947) con modificación de Rousseau *et al.* (2005). Para la determinación se introducen en tubos Falcon protegidos de la luz, 10 mL de etanol:hexano (4:3 V/V) y 100 µL o 0.1g de muestra tomate o ketchup, se lleva a agitación a 150 rpm, en agitador horizontal, durante una hora. Transcurrido el tiempo, se añade 1 mL de agua

destilada a cada tubo, se agita de nuevo y se deja reposar durante 10 minutos para permitir la separación de fases y la desaparición de burbujas de aire. Se pipetea 0.5 mL de sobrenadante y se introducen en la cubeta del espectrofotómetro para su determinación. Se prepara un blanco siguiendo el procedimiento anterior pero sin muestra. El espectrofotómetro se calibra con el blanco obtenido y se procede a realizar las lecturas de cada muestra a las longitudes de onda de 503, 452 y 485. El contenido en licopeno y  $\beta$ -caroteno se obtiene a partir de las siguientes ecuaciones.

$$C_{licopeno} = \frac{A_{503} \times 537 \times 2.7}{p \times 172} \times 100 \quad (3)$$

donde:  $C_{licopeno}$ =concentración de licopeno (mg/100 g);  $A_{503}$ =absorbancia a la longitud de onda de 503; 537: peso molecular del licopeno (g/mol); 2.7: volumen de la capa de hexano (mL);  $p$ : peso de la muestra de tomate o ketchup (mg); 172: coeficiente de extinción del licopeno en hexano ( $\text{mM}^{-1}$ ) (Salder *et al.*, 1990).

$$C_{\beta\text{-caroteno}} = \frac{A_{452} - [(A_{503} \times 0.9285)] \times 533.85 \times 2.7}{p \times 139} \times 100 \quad (4)$$

donde:  $C_{\beta\text{-caroteno}}$ =concentración de  $\beta$ -caroteno (mg/100 g);  $A_{452}$ =absorbancia a la longitud de onda de 452;  $A_{503}$  = absorbancia a la longitud de onda de 503; 533.85 = peso molecular (g/mol); 2.7 = volumen de la capa de hexano (mL);  $p$ =peso de la muestra de tomate o ketchup (mg); 139=coeficiente de extinción.

**DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL:** La determinación de la actividad antioxidante total en tomate y ketchup se realizó según el método expuesto por Brand-Williams *et al.* (1995), con modificación de Moura *et al.* (2007), basado en la captura del radical libre DPPH. La extracción de la muestra se llevó a cabo pesando aproximadamente 2 g de tomate o ketchup que se introducen en tubos Falcon de 10 mL a los que se añaden 5 mL de metanol al 50%, y se lleva a agitación durante una hora y posteriormente se centrifuga durante 20 min a 1600 rpm. El sobrenadante de cada tubo se guarda en aforados individuales de 10 mL en oscuridad para evitar oxidaciones. Se realiza una segunda extracción añadiendo 5 mL de acetona al 70% a los sólidos que quedan en cada tubo y se llevan a agitación durante una hora y centrifugación durante 20 minutos. Se filtra la segunda extracción sobre la muestra obtenida en la primera y se enrasan los aforados con agua destilada. La disolución DPPH se preparó con 0.0025 g de DPPH diluidos en 100 mL de metanol que fueron reservados a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y sin luz hasta posterior uso. Inmediatamente antes del análisis se preparó una curva patrón de Trolox en etanol desde 0 a 1.8 mM. Las medidas se realizaron mediante espectrofotometría UV/V a la absorbancia de 515 nm transcurrido un minuto desde la introducción de la cubeta conteniendo 0.1 mL de patrón o muestra+3.9 mL de disolución DPPH. La actividad antioxidante total de la muestra se obtiene directamente a partir de la absorbancia, extrapolando el resultado en la curva DPPH-



absorbancia y se expresa como  $\mu\text{M}$  Trolox Equivalent (TE) por gramos de materia fresca.

**Análisis Sensorial:** La determinación de las características organolépticas de los productos finales (kétchup) se realizó según el test de Weiss (1981). Consiste en la valoración de una cata ciega, analizando los parámetros o características organolépticas color, textura, olor y sabor, de una forma global y directa.

Los diferentes productos se situaron en recipientes blancos, debidamente identificados por códigos, donde los evaluadores procedieron a su valoración. El panel de evaluadores no estaba entrenado y estaba formado por personas de ambos sexos que se eligieron según edades comprendidas entre 18 y 50 años. Los evaluadores calificaron las cuatro características sobre la diagonal de una cuadrícula, desde decadente hasta óptimo. Posteriormente, los datos obtenidos sobre la cuadrícula se extrapolan a un rango de 0 a 10, donde 0 corresponde a totalmente decadente y 10 corresponde a totalmente óptimo para el consumo. Los resultados finales se obtienen del promedio de las valoraciones para cada parámetro.

**Datos y análisis estadístico:** Los datos fueron sometidos a análisis de la varianza, utilizando el software estadístico Statgraphics® (V16.2.04). Los datos están expresados como media  $\pm$  error estándar. La bondad del ajuste respecto a los valores experimentales fue evaluado con ANOVA de un solo factor, error estándar de estimación y la menor diferencia significativa del test de Fisher (F-test) y el p-valor derivado como se describe por Ott (1977). Los resultados se consideran significativos cuando  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Determinación físico-química

Hasta la fecha han sido caracterizadas e investigadas innumerables variedades de tomate (Figàs *et al.*, 2015), no obstante, la caracterización de las variedades utilizadas para el presente estudio así como la caracterización de los diferentes kétchups finales obtenidos se hace explícitamente necesaria en aquellas variables más características del producto como son pH, acidez total y contenido en sólidos solubles para poder conocer su comportamiento tras el procesado.

Los tres parámetros analizados varían de forma significativa al procesar el tomate en kétchup, disminuyendo el pH y aumentando la acidez y los sólidos solubles, debido a la adición de otros ingredientes durante el procesado como el vinagre y el azúcar. Estos resultados son consistentes con información reportada en estudios realizados en procesado de tomate de otras variedades (Böhm y Bitsch, 1999).

La diversidad de las variables estudiadas en los tomates y elaboraciones de kétchup de Perla Limón, Rey Amarillo, y Mini Negro, se contrastan con los valores obtenidos para el tomate y elaboración de la variedad Óptima, variedad comercial procedente de semilla ecológica, bien posicionado en el mercado por la calidad de los frutos.

La tabla 1 muestra los resultados de pH, acidez y sólidos solubles. Se observa que tanto para el tomate como para el ketchup, la variedad Óptima es la menos ácida, con diferencias estadísticamente significativas respecto al resto, excepto para la variedad Sangre, dando los valores más altos de pH, y de menor acidez total.

Todas las variedades andaluzas de tomate ecológico presentan un resultado de sólidos solubles significativamente superior tanto en tomate como en ketchup a la variedad comercial, lo cual indica una mayor calidad del producto.

**TABLA 1.** Valores de pH, acidez total y sólidos solubles para cada variedad de tomate y su correspondiente ketchup.

	Variedad	pH	Acidez total (% Ác. Cítrico)	Sólidos solubles (°Brix)
TOMATE	Óptima	4.37 ± 0.01	2.38 ± 0.02	8.37 ± 0.04
	Perla Limón	4.23 ± 0.02	2.93 ± 0.07	11.27 ± 0.04
	Rey Amarillo	4.27 ± 0.01	2.71 ± 0.11	9.40 ± 0.07
	Mini Negro	4.23 ± 0.01	2.49 ± 0.12	9.13 ± 0.09
	Sangre	4.34 ± 0.02	2.82 ± 0.04	10.50 ± 0.13
	<b>LSD** (p=0.05)</b>	0.04	0.63	0.22
KÉTCHUP	Óptima	3.85 ± 0.01	1.62 ± 0.02	28.7 ± 0.57
	Perla Limón	3.73 ± 0.01	1.45 ± 0.10	37.8 ± 0.53
	Rey Amarillo	3.77 ± 0.02	1.92 ± 0.04	33.1 ± 0.26
	Mini Negro	3.71 ± 0.01	1.37 ± 0.04	30.1 ± 1.57
	Sangre	3.82 ± 0.02	1.60 ± 0.01	32.9 ± 0.25
	<b>LSD** (p=0.05)</b>	0.03	0.48	1.99

\* Los valores de acidez total y sólidos solubles son expresados en gramos por 100 gramos de producto fresco. Los datos son expresados como la media ± SEM (n=3).

\*\*LSD = Least Significant Difference. Diferencias entre dos medias excediendo el valor LSD son significativas ( $p \leq 0.05$ ).

La tabla 2 muestra los valores de los contenidos en proteína, la capacidad antioxidante y los niveles de licopeno y  $\beta$ -caroteno. Estos componentes son muy susceptibles a sufrir cambios de disponibilidad tras aplicar un tratamiento térmico. Estudios previos se han centrado en la bioaccesibilidad y disponibilidad de ciertos nutrientes en tomate y tomate procesado en ciertas variedades (Rajchl *et al.*, 2010).

En el presente estudio se observa que los niveles de proteína son mayores en el ketchup que en el tomate fresco, excepto para la variedad Perla Limón, debido a la concentración de materia prima que se produce con la elaboración y al aporte proteico de otros ingredientes como la fécula de maíz. Las diferencias observadas para la variedad Perla Limón, podrían deberse a una desnaturalización de las proteínas en esta variedad, que presenta la mayor concentración proteica en fresco, a la par de la mayor acidez del jugo, que potenciado con la acción térmica en la elaboración, podría desnaturalizar la proteína en el ketchup.

Respecto a la capacidad antioxidante total, se observa que es mayor en el caso del tomate fresco. La pérdida de la capacidad antioxidante en el ketchup depende de la variedad, así para el caso de la variedad de referencia Óptima, la pérdida es del 80%, mientras que en las variedades tradicionales, las pérdidas son significativamente menores, oscilando entre el 50%, para las variedades Perla Limón y Sangre, y del 20% aproximadamente, para las otras dos restantes, lo que significa que las variedades tradicionales presentan mayor resistencia a la degradación de los antioxidantes totales en el proceso de transformación. Todas las variedades de tomate tradicionales presentan mayor concentración en antioxidantes totales, que la variedad de referencia, un perfil que se mantiene para el caso de los correspondientes ketchups elaborados, lo que pone de manifiesto que aunque los métodos de producción han sido los mismos, el material genético tiene un peso importante en la capacidad antioxidante total de los frutos, siendo las variedades tradicionales las que dan mayor valor añadido a este atributo, y lo más importante, que durante la transformación de los frutos de estas variedades tradicionales, se mantienen las propiedades antioxidantes.

En cuanto a las concentraciones en licopeno, se observa que son mayores en el producto elaborado, estos resultados coinciden con otros encontrados en bibliografía, donde además se indica la mayor bioasimilación del licopeno en los productos elaborados (Rao, 2004; Rajoria *et al.*, 2010).

**TABLA 2.** Valores de proteínas, antioxidantes, licopeno y  $\beta$ -caroteno para cada variedad de tomate y su correspondiente ketchup.

	Variedad	Proteína*(%)	Antioxidantes totales ( $\mu$ M de Trolox/g mf)	Licopeno (mg/100 g mf)	$\beta$ -caroteno (mg/100 g mf)
TOMATE	Óptima	1.17 $\pm$ 0.13	14.95 $\pm$ 1.13	9.14 $\pm$ 0.94	1.66 $\pm$ 0.11
	Perla Limón	1.34 $\pm$ 0.33	18.58 $\pm$ 0.68	0.55 $\pm$ 0.05	0.51 $\pm$ 0.05
	Rey Amarillo	0.83 $\pm$ 0.18	28.68 $\pm$ 0.96	0.57 $\pm$ 0.05	0.48 $\pm$ 0.01
	Mini Negro	1.05 $\pm$ 0.02	38.30 $\pm$ 1.45	11.65 $\pm$ 1.55	1.97 $\pm$ 0.10
	Sangre	0.71 $\pm$ 0.06	24.82 $\pm$ 1.60	5.33 $\pm$ 0.80	1.11 $\pm$ 0.06
	LSD** (p=0.05)	0.46	3.10	2.12	0.18
KÉTCHUP	Óptima	2.08 $\pm$ 0.05	2.87 $\pm$ 0.23	23.46 $\pm$ 2.90	2.82 $\pm$ 0.24
	Perla Limón	0.84 $\pm$ 0.01	8.66 $\pm$ 0.85	12.86 $\pm$ 0.50	1.41 $\pm$ 0.09
	Rey Amarillo	1.46 $\pm$ 0.03	22.12 $\pm$ 0.69	13.26 $\pm$ 1.23	1.55 $\pm$ 0.27
	Mini Negro	1.23 $\pm$ 0.23	26.85 $\pm$ 1.57	21.08 $\pm$ 1.84	2.68 $\pm$ 0.16
	Sangre	1.99 $\pm$ 0.03	13.55 $\pm$ 0.74	15.82 $\pm$ 1.74	1.77 $\pm$ 0.06
	LSD** (p=0.05)	0.25	2.24	4.49	0.44

\* Sobre materia seca para el tomate y fresca (mf) para el ketchup.

Los datos son expresados como la media  $\pm$  SEM (n=3).

\*\*\*LSD = Least Significant Difference. Diferencias entre dos medias excediendo el valor LSD son significativas ( $p \leq 0.05$ ).

La variedad de tomate que mayor concentración de licopeno concentra es Mini Negro, que se trata de un tomate de color rojo muy potente, seguido

del tomate de referencia Óptima, que presenta un color rojo clásico. No obstante, las variedades Perla Limón, Rey Amarillo y Sangre presentan un contenido en licopeno significativamente inferior, esto es debido a la coloración característica de estas variedades, siendo de tonalidades, verde, amarillo y anaranjado. Diferentes estudios ratifican la correlación entre la coloración roja del tomate con su contenido en licopeno (Shi y Mageur, 2000). Los niveles de licopeno para el ketchup muestran que el procesado influye positivamente en las variedades que tenían bajo nivel de este carotenoide, incrementándose los niveles en unas diez unidades, aunque el mayor incremento se produce en la variedad de referencia, que alcanza la mayor concentración de licopeno en el producto elaborado.

Las concentraciones en  $\beta$ -caroteno siguen una tendencia similar a la encontrada para el licopeno. Por un lado en los tomates frescos, se observa que las variedades con tonalidades amarillas, verdes y anaranjadas respectivamente, presentan baja concentración en este carotenoide, mientras que la variedad tradicional Mini Negro es la que concentra mayores niveles de  $\beta$ -caroteno, seguido de la variedad de tomate comercial Óptima. Para el caso del ketchup las concentraciones en el carotenoide se incrementan, aportando mayor valor añadido al producto elaborado. El incremento se produce en mayor proporción para el ketchup elaborado con el tomate de la variedad comercial, seguido del ketchup de la variedad Mini Negro.

Para evaluar los niveles de diferenciación estadística entre los parámetros estudiados, tanto para el tomate en fresco, como para el ketchup elaborado, en la tabla 3 se muestran los resultados donde se indica en qué parámetros los valores han sido significativamente superiores a los encontrados para la variedad de referencia (++) , los que han sido significativamente inferiores (+-) y donde no se ha observado diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza (-).

**TABLA 3.** Resumen de las diferencias significativas entre los diferentes parámetros para cada variedad de tomate y su correspondiente ketchup, respecto a los valores del tomate referencia de la variedad Óptima.

	Variedad	pH	Acidez total	Sólidos solubles	Proteína	Antioxidantes totales	Licopeno	$\beta$ -caroteno
<b>TOMATE</b>	<b>Perla Limón</b>	+-	-	++	-	++	+-	+-
	<b>Rey Amarillo</b>	+-	-	++	-	++	+-	+-
	<b>Mini Negro</b>	+-	-	++	-	++	++	++
	<b>Sangre</b>	-	-	++	+-	++	+-	+-
<b>KÉTCUP</b>	<b>Perla Limón</b>	+-	-	++	+-	++	+-	+-
	<b>Rey Amarillo</b>	+-	-	++	+-	++	+-	+-
	<b>Mini Negro</b>	+-	-	-	+-	++	-	-
	<b>Sangre</b>	-	-	++	-	++	+-	+-

++ valor significativamente superior

+- valor significativamente inferior

- valor no significativo

Los resultados más importantes para el tomate fresco indican que los niveles de sólidos solubles y la capacidad antioxidante son significativamente superiores para todas las variedades tradicionales. Para el caso del ketchup es importante destacar que, en general, los niveles de proteína son significativamente inferiores, excepto para el caso de la variedad Sangre, y que los carotenoides estudiados son significativamente inferiores, aunque la capacidad antioxidante se mantiene significativamente superior en todos los ketchup elaborados con las variedades tradicionales.

La tabla 4 muestra el valor nutricional y la caracterización físico-química, promedio, de los ketchup obtenidos con los tomates de las variedades tradicionales, observándose que el mayor valor energético se alcanza con el ketchup de la variedad Perla Limón y el menor con el Mini Negro.

**TABLA 4.** Caracterización físico-química y análisis nutricional de los diferentes tipos de ketchup.

Variedad	Análisis nutricional medio por 100g		Caracterización físico-química	
PERLA LIMÓN	Energía	143.8 Kcal (601kJ)	pH	3.7
	Proteínas	0.8 g	Acidez total (%ácido cítrico)	1.5
	Carbohidratos	37 g	°Brix	37
	Grasas	0 g		
	Licopeno	12.8 g		
	β-caroteno	0.5 mg		
REY AMARILLO	Energía	131 Kcal (547,6 kJ)	pH	3.8
	Proteínas	1.4 g	Acidez total (%ácido cítrico)	1.9
	Carbohidratos	33 g	°Brix	33
	Grasas	0 g		
	Licopeno	13.2 g		
	β-caroteno	0.5 mg		
MINI NEGRO	Energía	118.8 Kcal (496 kJ)	pH	3.7
	Proteínas	1,2 g	Acidez total (%ácido cítrico)	1.5
	Carbohidratos	30 g	°Brix	30
	Grasas	0 g		
	Licopeno	18.6 g		
	β-caroteno	1.9 mg		
SANGRE	Energía	129.2 Kcal (540 kJ)	pH	3.8
	Proteínas	1.9 g	Acidez total (%ácido cítrico)	1.8
	Carbohidratos	32 g	°Brix	32
	Grasas	0 g		
	Licopeno	14.4 g		
	β-caroteno	1.1 mg		

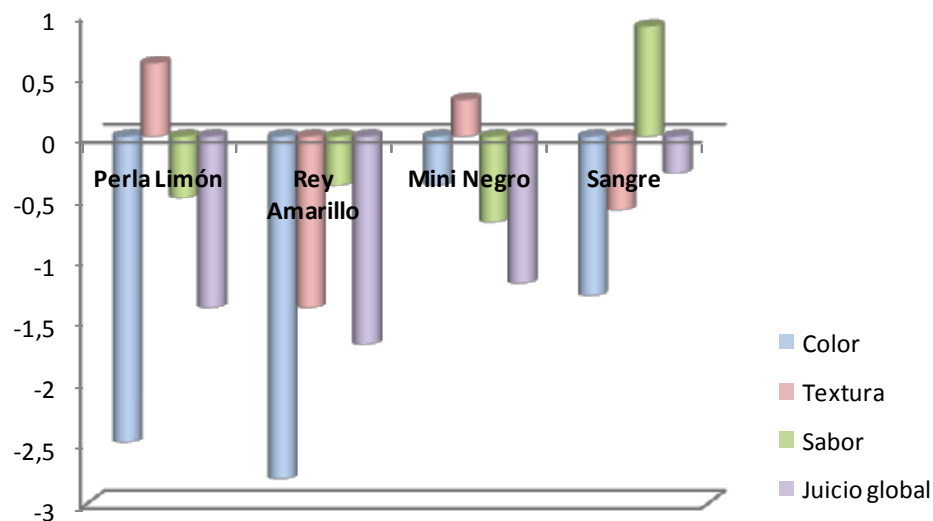
### Análisis Sensorial

Los resultados de la valoración sensorial (color, textura, sabor y juicio total) del ketchup elaborado con las diferentes variedades de tomate tradicional se muestran en la figura 2, evaluando cada parámetro con respecto al valor referencial obtenido por el ketchup elaborado con los tomates de la variedad comercial Óptima, de manera que el valor es negativo, cuando en promedio, se ha valorado por debajo del producto

comercial de referencia, en las unidades establecidas, y el valor es positivo cuando se ha valorado por encima del comercial.

Principalmente, el parámetro de color se valora negativamente con respecto al color rojo intenso del ketchup de referencia, es decir, el registro del consumidor sobre el color del ketchup está muy consensuado hacia el rojo. El ketchup de la variedad de tomate Mini Negro es el que menos difiere respecto a la apreciación del color. Se aprecia en las variedades Perla Limón y Rey Amarillo una apreciación muy negativa en el atributo color respecto al rojo intenso de la variedad de referencia.

Por lo general, el atributo de textura ha estado bien valorado en todos los casos, generándose una apreciación por encima del valor de referencia, para los ketchups de las variedades Perla Limón y Mini Negro, estando la textura viscosa del producto ecológico bien valorada. El sabor del ketchup se ha caracterizado por un sabor intenso, ligeramente ácido, lo que disparó la variabilidad del atributo, en función de la apreciación individual de cada catador, siendo el ketchup de la variedad de tomate Sangre, el mejor valorado en cuanto a sabor, algo que ha influido significativamente en la apreciación global del producto.



**FIGURA 2.** Valoración organoléptica de los diferentes ketchup de colores frente al elaborado con la variedad Óptima comercial.

La caracterización de diferentes variedades de tomate es muy importante para poder predecir la composición de productos elaborados. Sin embargo, conocer las características de una variedad no es suficiente para predecir las características totales del ketchup correspondiente. Los cambios que cada variedad sufre durante el procesado dependen de un gran número de parámetros como son las propiedades de partículas y propiedades reológicas. Los análisis llevados a cabo en la industria proporcionan solamente una estimación a grosso modo de las características de un ketchup final. Una mejor predicción de las características del ketchup es muy interesante a nivel industrial debido a que permite controlar y optimizar los parámetros del proceso.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas del presente trabajo son:

1. Las variedades de tomate tradicionales *Perla Limón*, *Rey Amarillo*, *Mini Negro* y *Sangre* son óptimas para la obtención de kétchup ecológico, proporcionando un valor añadido y diferencial al producto final.

2. La capacidad antioxidante de las diferentes variedades de tomate tradicionales es muy alta y aunque disminuye tras el tratamiento térmico, el detrimento es notablemente inferior a la sufrida por la variedad comercial de referencia.

3. El contenido en carotenoides en los diferentes productos finales es proporcional a su contenido en el producto fresco y está íntimamente relacionado al color característico de la variedad de tomate.

4. Los nuevos productos kétchup procesados a partir de las variedades Mini Negro y Sangre tendrían aceptación en el mercado a nivel de percepción de consumidor, teniendo todas las variedades estudiadas gran proyección de aceptación debido al alto contenido nutricional y diversidad de atributos organolépticos.

5. Los resultados de este ensayo abren la vía a aumentar la utilización de variedades tradicionales en la industria alimentaria, y por tanto, a conservar su disponibilidad y existencia en el tiempo.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres por ser el pilar de mi vida y un gran apoyo.

A M. D. Raigón, por toda su ayuda y apoyo para llevar a cabo este proyecto y muchos otros. Por su paciencia y buen humor, muchas gracias.

A Loles por compartir conmigo el método de funcionamiento del laboratorio y apoyarme. A mis compañeros por ayudarme en los momentos difíciles.

A M. Felis y M. Ordóñez por su acompañamiento y ánimo en Ekotrophía.

A toda esa gente que ha estado a mi lado durante el transcurso de este trabajo y de todo el máster. Muchas gracias.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abushita, A.A., Daood, H.G., Biacs, P.A. 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48:2075-2081.
- Abushita, A.A., Hebshi, E.A., Daood, H.G., Biacs, P.A. 1997. Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chemistry*, 60:207-212.
- Agarwal, S., Rao, A.V. 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Canadian Medical Association Journal*, 163:739-744.
- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). <http://www.aemet.es/es/> (Acceso, Agosto 2013).
- AOAC Official Method 942.15. Acidity (Titrable) of Fruit Products. Official method of Analysis of AOAC International, ed. 18, 2005, Cap. 37, 10 pp.

- AOAC Official Method 2001.11. Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseeds. Block Digestion Method Using Copper Catalyst and Steam Distillation into Boric Acid. First Action 2011. Ed. 18, 2005.
- Athmann, M., Blasco, I., Köpke, U. 2011. Einfluss von Einstrahlungsintensität, Stickstoffangebot, Düngungsverfahren und Hornkieselapplikation auf den Nitrat-, Ascorbinsäure- und Glucosinolatgehalt bei Salatrauke (*Eruca sativa*). Poster at 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Giessen. Disponible en <http://orgprints.org/17722/>.
- B.B.M.G. Report, 2008. Helping socially conscious companies. Mark News, 2:14-18.
- Böhm, V., Bitsch, R. 1999. Intestinal absorption of lycopene from different matrices and interactions to other carotenoids, the lipid status, and the antioxidant capacity of human plasma. *European Journal of Nutrition*, 38:118-125.
- Boum, D., Prescott, J. 2002. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42:1-34.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 28:25-30.
- Cruz, R.M., González, J., Sánchez, P. 2013. Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Nutrición Hospitalaria*, 28:6-15.
- Código Alimentario Español. Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre con modificación de 28 de diciembre de 2012 Disponible en <https://www.boe.es/buscar/pdf/1967/BOE-A-1967-16485-consolidado.pdf>
- Di Mascio, P., Kaiser, S., Sies, H., 1989. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 374:532-538.
- Di Mascio, P., Murphy, M. E., Sies, H., 1991. Antioxidant defence systems: the role of carotenoids, tocopherols, and thiols. *The American Journal of Nutrition*, 53:194-200.
- European Food Information Council (EUFIC). Consumo de frutas y verduras en Europa. Disponible en <http://www.eufic.org/es/expid/Consumo-frutas-verduras-Europa> (Acceso 12/1/2014).ç
- Figàs, M.R., Prohens, J., Raigón, M.D., Fita, A., García-Martínez, M.D., Casanova, C., Borràs, D., Plazas, M., Andújar, I., Soler, S. 2015. Characterization of composition traits related to organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups. *Food Chemistry*, 187:517-524.
- George, B., Kaur, C., Khurdiya, K.S., Kapoor, H.C. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84:45-51.
- Giovannucci, E. 1999. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. *Journal of the National Cancer Institute*, 91:317-331.
- Goose, P., Binsted, R. 1973. Tomato paste and other tomato products. Food Trade Press Ltd., Great Britain.
- Guigou, B., Thonnellier, B., Duzan, B., Félix-Faure, B. 1989. Pour valoriser les analyses de sol. *Purpan*, 134: 3-88.
- Guil-Guerrero, J.L., Reboloso-Fuentes, M.M. 2009. Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22:123-129.
- Hakkinen, S.H., Torronen, A.R. 2000. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Research International*, 33:517-524.
- Hernández, M., Rodríguez, E. M., Díaz, C. 2008. Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands. *Food Chemistry*, 106:1046-1056.
- Legaz, F., Serna, M.D., Ferrer, P., Cebolla, V., Primo-Millo, E. 1995. Análisis de hojas, suelos y aguas de riego para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento de toma de muestras. Servicio de Transferencia de Tecnología Agraria. Dirección General de Investigación y Tecnología Agraria. Conselleria D'Agricultura, Pesca i Alimentació. Generalitat Valenciana, 26 pp.
- Lenucci, M.S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G., Dalessandro, G. 2006. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:2606-2613.



- Martinez-Valverde, I., Periago, M.J., Provan, G., Chesson, A. 2002. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of Science and Food Agriculture*, 82:323-300.
- Moura, M. do S., Alves, R.E., de Brito, E.S., de Morais, S.M., Sampaio, C. de G., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F.D. 2007. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado Técnico on line, 127, ISSN:1679-6535. ([http://www.cnpq.br/cd/jss/acervo/Ct\\_127.pdf](http://www.cnpq.br/cd/jss/acervo/Ct_127.pdf)).
- Nguyen, M.L., Schwartz, S.J. 1999. Lycopene: chemical and biological properties. *Food Technology*, 53:38-45.
- Nicoli, M.C., Anese, M., Parpinel, M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 10:94-100.
- Ott, L. 1977. An introduction to statistical methods and data analysis. Duxbury Press, a Division of Wadsworth Publishing. Belmont, CA, 1-208.
- Quémener, J. 1985. L'interprétation des analyses. *Cultivar (dossier analyses)*. 184:107-117.
- Raffo, A., Leopardi, C., Fogliano, V., Ambrosino, P., Salucci, M., Gennaro, L., Bugianesi, R., Giuffrida, F., Quaglia, G. 2002. Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50:6550-6556.
- Rajchl, A., Voldrich, M., Cizkova, H., Hronová, M., Sevcik, R., Dobias, J., Pivonka, J. 2010. Stability of nutritionally important compounds and shelf life prediction of tomato ketchup. *Journal of Food Engineering*, 99:465-470.
- Rajoria, A., Kumar, J., Chauhan, A.K. 2010. Anti-oxidative and anti-carcinogenic role of lycopene in human health-a review. *Journal of Dairy, Foods and Home Sciences*, 29:157-165.
- Rao, A.V. 2004. Processed tomato products as a source of dietary lycopene: bioavailability and antioxidant properties. *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research*, 65:161-165.
- Rao, A., Agarwal, S. 2000. Role of oxidant lycopene in cancer and heart disease. *Journal of American College of Nutrition*, 19:563-569.
- Rao, A., Amanat, A. 2007. Biologically active phytochemicals in human health: Lycopene. *International Journal of Food Properties*, 10:279-288.
- Ruiz, S., López-López, I., Munuera, J.L. 2011. Organic food consumption in Europe: International segmentation based on value system differences. *Ecological Economics*, 20:1767-1775.
- Rousseaux, M.C., Jones, C.M., Adams, D., Chetelat, R., Bennet, A., Powell, A. 2005. QTL analysis of fruit antioxidants in tomato using *Lycopersicon pennellii* introgression lines. *Theoretical and Applied Genetics*, 111:1396-1408.
- Salder, G., Davis, J., Dezman, D. 1990. Rapid extraction of lycopene and b-carotene from reconstituted paste and pink grapefruit homogenates. *Journal of Food Science*, 55:1460-1461.
- Sesso, H., Liu, S., Gaziano, J., Buring, J. 2003. Dietary lycopene, tomato-based food products and cardiovascular disease in women. *Journal of Nutrition*, 133:2336-2341.
- Shi, J., Mageur, M. L. 2000. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Critical Reviews in Biotechnology*, 20:293-334.
- Story, E.N., Kopec, R.E., Schwartz, S.J., Harris, G.K. 2010. An update on the health effects of tomato lycopene. *The Annual Review of Food Science and Technology*, 1:189-210.
- Vallverdú-Queralt, A., Medina-Remón, A., Casals-Ribes, I., Amat, M., Lamuela-Raventós, R.M. 2011. A metabolomics approach differentiates between conventional and organic ketchups. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59:11703-11710.
- Vallverdú-Queralt, A., Medina-Remón, A., Casals-Ribes, I., Lamuela-Ravento, R.M. 2012. Is there any difference between the phenolic content of organic and conventional tomato juices? *Food Chemistry*, 130:222-227.
- Weiss, D.S. 1981. The impossible dream of Fechner and Stevens. *Perception*, 10:431-434.
- Worthington, V. 1998. Effect of agricultural methods on nutritional quality: a comparison of organic with conventional crops. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 4:58-69.
- Yáñez, J. 1989. Análisis de suelo y su interpretación. *Horticultura*, 49:75-89.
- Zscheille, F., Porter, J.W. 1947. Analytical methods for carotenes of *Lycopersicon* species and strains. *Analytical Chemistry* 19, 47-51.