

ESTIMACIÓN DE MODELOS PARA EVALUAR LA PUNGENCIA EN CEBOLLA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural.
Universitat Politècnica de Valencia.
Camino de Vera s/n.
46021 Valencia.

INTRODUCCIÓN

El término *allium* deriva del céltico “all”, que significa caliente o picante, lo cual pone de manifiesto la presencia de una gran cantidad de compuestos saborizantes y aromáticos en las plantas de la familia botánica de las liliáceas. El flavor característico de la cebolla se debe a los compuestos sulfurados, que impregnan todos los tejidos de la planta. Estos compuestos tienen un elemento en común, el azufre, el cual se encuentra en los bulbos en cantidades considerables. La biosíntesis de los compuestos sulfurados es compleja debido a la gran variedad de productos químicos involucrados. Dos sulfóxidos no volátiles (metil sulfóxido de cisteína y el propenil sulfóxido de cisteína) son los precursores químicos de los compuestos volátiles en la cebolla. Estos compuestos se acumulan en las vesículas de la célula (figura 1) donde son relativamente estables, sin generar olor. Los compuestos organosulfurados volátiles son generados por la acción de la enzima aliinasa (S-2-alk(en)yl cisteína) sobre los compuestos no volátiles (Carravedo y Mallor, 2007).

Al cortar el bulbo de la cebolla, los dos compuestos precursores quedan expuestos a la acción de la aliinasa y al oxígeno. Como consecuencia de este corte se producen dos reacciones químicas, consecutivas. En la primera, la enzima controla la reacción produciéndose productos principales responsables de la pungencia y otras sustancias secundarias como el ácido pirúvico, alcoholes, azúcares y amonio, aunque también existe ácido pirúvico endógeno en los bulbos que tienen poca relación con la reacción de los compuestos de característica sulfurada. En la segunda reacción química, se producen niveles altos de compuestos volátiles sulfurados, como consecuencia de las diferentes reacciones de hidrólisis. Uno de los compuestos volátiles formados es el sulfóxido de tiopropanal, que se disipa en el aire. Cuando alcanza los ojos, reacciona con el medio acuoso para forma

una disolución poco concentrada de ácido sulfúrico. Este ácido provoca la irritación de las terminaciones nerviosas de los ojos, provocando escozor. Como respuesta y con el fin de diluir y eliminar este efecto, las glándulas lagrimales producen lágrimas.

El grado de pungencia en una cebolla varía con diversos factores (Raigón, 2006); por un lado el material genético, es decir, la capacidad que presenten las diferentes variedades para acumular compuestos sulfurados en sus células, y por otro lado, los parámetros agronómicos vinculados al proceso de producción, como las condiciones edafoclimáticas, de forma que las altas temperaturas aumentan la acritud de los bulbos de cebollas, también el tipo y cantidad de fertilizantes nitrogenados y azufrados utilizados (Coolong y Randle, 2003a).

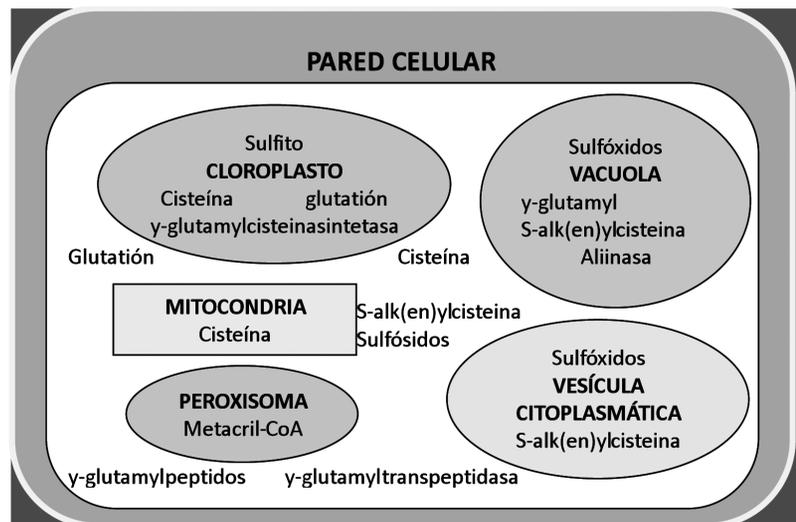


Figura 1. Disposición de los componentes organosulfurados celulares en la cebolla

Se ha demostrado que la disponibilidad de nitrógeno influye en la ruta biológica sintética de los compuestos precursores del sabor y el aroma de la cebolla (Coolong y Randle, 2003b). El ión nitrato es la forma en que las plantas absorben la mayor parte del nitrógeno que necesitan para la síntesis de proteínas a través de las raíces. Una vez en la planta en nitrato es reducido a nitrito y éste a ión amonio, que dará lugar a aminoácidos, los cuales serán utilizados para la síntesis de proteínas. Cuando la velocidad con la que la planta absorbe los nitratos es mayor a la de transformación en proteínas, éstos se acumulan en las vacuolas de los tejidos celulares. De la misma forma, si existe un exceso de fertilizantes azufrados, se acumulan compuestos organosulfurosos que influyen sobre la generación del flavor. La acumulación de estos compuestos provoca un aumento del grado de acritud en el bulbo, del mismo modo, la producción de cebollas en suelos con bajo contenido en azufre reduce el picor de las mismas (Platenius y Knott, 1941; Freeman y Mossadeghi, 1973). Por ello la fertilización con azufre y nitrógeno y en mayor medida la acumulación de estos elementos en los órganos de las células de las cebollas son una herramienta importante para determinar el nivel de pungencia en los bulbos de cebolla.

En los últimos años son muchos los programas que pretenden encontrar cebollas dulces. Existe gran confusión sobre la designación de cebolla dulce y los estándares para esta denominación todavía no se han establecido científicamente (Vidalía Labs., 2005). La acritud o pungencia es un término dado a una sensación del picor en la boca cuando se comen las cebollas, después de masticarlas, como consecuencia de la acción de

la enzima alliinasa (Kondiram Dhumala *et al.*, 2007). La acción de esta enzima da lugar a la formación del ácido pirúvico, del amoníaco, y de los ácidos sulfinicos y por ello la cantidad de pungencia en una cebolla se puede medir como la cantidad de ácido pirúvico producido durante el proceso, aunque no es el compuesto que imparte la sensación picor en la boca.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de regresión múltiple que permita obtener una ecuación que relacione el contenido en pirúvico total y el endógeno con distintas variables independientes analizadas en los bulbos de cebolla. El método seguido ha sido analizar la composición química de las cebollas y estudiar las variables correlacionadas con el pirúvico total y con el endógeno, para realizar un análisis de regresión múltiple que permita relacionar el contenido en pirúvico total y endógeno con las variables significativas, y establecer las ecuaciones en cada caso.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la parcela experimental de L'Unió de Llauraors en la Marjal del Moro de Sagunto (Valencia), siendo sus coordenadas 39°37'37"N 0°15'22" W.

La cebolla empleada para el estudio fue de día corto y de ciclo muy temprano. El plantel se realizó en semillero el 20 de noviembre de 2007, procediéndose al trasplante de las plántulas el 21 de febrero de 2008.

El período de desarrollo de las plantas coincidió con un período de intensas lluvias, además del aumento de las temperaturas, durante los meses de marzo y abril. El suelo se abonó 30 días antes de

la plantación con estiércol de oveja a razón de 10000 kg/ha y sulfato amónico en cantidades de 600 kg/ha. Se realizó un tratamiento preventivo-curativo contra mildiu con Metalaxil 8% (p/p), Mancozeb 64% (p/p). Además se realizó un tratamiento insecticida con Imidacloprid 20% (dosis del producto comercial 0.05%) y un tratamiento herbicida con Pendimetalina 33% (dosis 4-6 L/ha). Los niveles iniciales del suelo antes de la fertilización eran de pH ligeramente alcalino (7.70), un nivel de materia orgánica normal (2.05%), bajo contenido en nitrógeno (0.1%) y altos contenidos en fósforo y potasio asimilable (92.30 mg P/kg suelo y 714.53 mg K/kg suelo).

Se cultivaron un total de 240 plantas, separadas en 4 bloques de 60 plantas cada uno. El marco de plantación fue de 0.3 x 0.15 m. El muestreo de los bulbos se realizó al azar, obteniendo 6 cebollas de cada bloque para el análisis. Las muestras se recogieron el 02/06/2008, cuando los bulbos se encontraban en su momento óptimo de comercialización, después de haber sido desenterrados dos días antes, para que se secaran en el terreno.

Todos los bulbos de cebolla se calibraron, dando los resultados en gramos. Se analizaron los contenidos de humedad, nitrógeno total y proteína, potasio, fósforo, calcio, magnesio, hierro, cobre, zinc, selenio, el contenido en sólidos solubles, polifenoles, azúcares totales, concentración en nitratos y en ion amonio según los métodos oficiales (MAPA, 1994), los análisis se realizaron por duplicado. Y además se determina el nivel de ácido pirúvico total y endógeno, ya que el nivel de este ácido se utiliza como índice para cuantificar el grado de pungencia de las cebollas, en este caso

los análisis se realizan por cuadruplicado. El método para la determinación del ácido pirúvico fue desarrollado por Schiwimmer y Weston en 1961. Con los resultados de los diferentes parámetros se realiza un estudio simple de la varianza y un análisis de regresión múltiple que permite establecer modelos de pungencia para los bulbos, con un nivel de confianza del 95 o del 99%, en función del modelo.

RESULTADOS

Un equilibrio entre los niveles de pungencia, medidos como contenido en ácido pirúvico, y los niveles de azúcares determinarán la percepción de dulzor de la cebolla. Aunque también se deben analizar sustancias que pueden contrarrestar el sabor dulce, como pueden ser sustancias con carácter amargo como los polifenoles, así como el análisis de las sustancias generadas tras la ruptura celular del bulbo por actividad enzimática, como el ión amonio. Estas sustancias secundarias aunque no tienen relación directa con el grado de pungencia, sí la tienen con los productos causantes de la misma. Entre las sustancias que influyen en la sensación de dulzor de la cebolla se encuentran los azúcares. Los tres azúcares mayoritarios encontrados en la cebolla son la fructosa, la glucosa y la sacarosa. El contenido de cada uno de los azúcares va a depender de la genética del cultivar, las condiciones edafoclimáticas y de las prácticas culturales del sistema de producción. En los bulbos de cebollas existen diferentes polímeros de sacáridos, los fructanos, formados por una molécula de glucosa, unida a una o más moléculas de fructosa. Estos polímeros no contribuyen mucho al sabor dulce de la cebolla, pero desempeñan un papel importante en la regulación osmótica de

la planta, controlando la cantidad de agua absorbida por los bulbos, y con ello, el contenido en materia seca de la cebolla. Sin embargo, los compuestos organosulfurados dominan la percepción organoléptica de la cebolla cuando ésta es fuerte, de modo que el sabor dulce proporcionado por los azúcares sólo se percibe si ésta es suave o poco picante (Randle, 1997).

La cantidad de ácido pirúvico total generado enzimáticamente tras el corte y homogenización de los componentes sulfurados intracelulares de la cebolla, es una buena medida de la acción de la allinasa sobre los precursores del sabor y además se ha demostrado que se correlaciona con la percepción de la pungencia de la cebolla (Schwimmer y Weston, 1961). De forma que, la cuantificación del pirúvico producido enzimáticamente se utiliza como medida indirecta del picor de la cebolla (Randle y Bussard, 1993).

Existen diferentes escalas para medir los niveles de pungencia en las cebollas, lo que genera ciertos problemas a la hora de unificar criterios. Una escala simplificada es la que usa "The Sweet Onion Industry" de Georgia (USA). En esta escala los valores de ácido pirúvico varían desde 0 a 18 μ moles por gramo de cebolla fresca. Cuando los valores se encuentran entre 0 y 3 son cebollas de baja pungencia, si se encuentran entre valores de 3 y 7 presentan pungencia media, y si son superiores a 7 son cebollas de alta pungencia. Otra escala más específica es la que muestra "Vidalia Labs International" de Georgia (USA, 2005), donde la escala se encuentra entre valores de 0 a 10 μ moles por gramo de cebolla fresca. Si los valores de ácido pirúvico son inferiores a 3 se clasifican como cebo-

llas muy suaves, entre 3 y 4 son cebollas suaves, entre 4 y 5.5 se clasifican como ligeramente pungentes, entre 5.5 y 6 son pungentes y si el valor es superior a 6 son muy pungentes. De manera que las cebollas con un nivel de ácido pirúvico inferior a 3.5 se denominan cebollas extra dulces, entre 3.6 y 5.5 son cebollas dulces y, con valores superiores a 5.6 son cebollas picantes.

Los resultados de los diferentes parámetros estudiados en los bulbos de cebollas se muestran en la tabla 1.

Las concentraciones encontradas de los diferentes parámetros, en los bulbos de cebolla, se encuentran en el entorno de los niveles encontrados en bibliografía. Los contenidos en agua, en promedio en los bulbos, son superiores a los que cita Matissek *et al.* (1998), donde indica que el contenido medio de agua en los bulbos es del 88%. Las lluvias caídas durante el período de crecimiento del bulbo, pueden ser las causantes de la mayor concentración en agua de los bulbos analizados. Los contenidos en proteína están dentro del rango de 0.6 a 1.6 g, por cada 100 g peso fresco, que indica Fenwick y Hanley (1985). Las concentraciones en nitratos son ligeramente superiores a lo establecido por Altés *et al.* (2001), que se cifran entre 19 y 28 mg por cada 100 g de materia fresca, por lo que no implica caso grave de acumulación de nitratos en los bulbos. Los contenidos en polifenoles están en la horquilla superior (284 y 486 mg/kg) que indica Hertog *et al.* (1992). Según Augusti (1996) el contenido en azúcares totales en la cebolla oscila entre los valores de 5.2-10.5 g/100 g de peso fresco, mientras que Elmadfa *et al.* (2001) cita concentraciones de 6.2 g/100 g de

cebolla fresca, por lo que los niveles promedio de los bulbos analizados son ligeramente inferiores a los citados. Los contenidos en minerales de los bulbos de cebolla analizados se han comparado con los citados por Augusti (1996), destacando que las concentraciones de potasio son altas por ser superiores al rango de 80-110 mg/100 g de materia fresca, el contenido en hierro se encuentra entre los valores de 1.8-2.6 mg/100 g cebolla fresca, las concentraciones de cobre están entre 0.05-0.64 mg/100 g cebolla fresca, las concentraciones de zinc están dentro del rango de 1.5 y 2.8 mg/100 g cebolla fresca. Las concentraciones en magnesio y fósforo son bajas, al encontrarse por debajo de la horquilla inferior de 80-150 mg/100 g cebolla fresca y de 27-43 mg/100 g de cebolla fresca, para el caso del magnesio y fósforo respectivamente, seguramente compensado por la mayor absorción y acumulación de calcio que supera las concentraciones de 190 y 540 mg/100 g cebolla fresca, por último el selenio es ligeramente superior a los niveles citados de 3.4 µg/100 g cebolla fresca.

Los valores promedio del contenido en ácido pirúvico total (µmol/g cebolla fresca) obtenidos en los bulbos de cebolla se muestran en la figura 2. Se observa que los contenidos promedio en pirúvico, se encuentran en los rangos comprendidos en la bibliografía y que dentro de la escala de clasificación, los bulbos están clasificados como picantes, aunque los rangos de resultados incluyeron también, bulbos dulces.

Sun *et al.*, (2006) encuentran relación entre el tamaño o calibre del bulbo de la cebolla y el contenido en ácido pirúvico, lo que pone de manifiesto que existe un efecto dilución que provoca que los bul-

Tabla 1. Concentraciones de parámetros de composición en bulbos de cebolla

Parámetro	Concentración y rango de variabilidad
Calibre (g)	69.97 ± 0.0060
Humedad (%)	92.62 ± 0.1069
Materia seca (%)	7.38 ± 0.1069
Contenido en sólidos solubles (^o Brix)	6.16 ± 0.4902
Nitrógeno total (%)	0.11 ± 0.0057
Proteína (%)	0.73 ± 0.0057
Amonio (mg NH ₄ ⁺ /100 g cebolla fresca)	9.29 ± 0.0807
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ / 100 g cebolla fresca)	27.34 ± 0.1817
Polifenoles (mg de ácido cafeico/100 g de cebolla fresca)	487.25 ± 0.2517
Azúcares totales (g glucosa/100 g cebolla fresca)	4.31 ± 0.0961
Potasio (mg/100 g cebolla fresca)	230.00 ± 0.7070
Hierro (mg/100 g cebolla fresca)	2.31 ± 0.0207
Cobre (mg/100 g cebolla fresca)	0.077 ± 0.0104
Zinc (mg/100 g cebolla fresca)	1.93 ± 0.0004
Magnesio (mg/100 g cebolla fresca)	36.03 ± 0.0418
Calcio (mg/100 g cebolla fresca)	840.48 ± 0.6333
Fósforo (mg/100 g cebolla fresca)	16.87 ± 0.4594
Selenio (µg/100 g cebolla fresca)	5.06 ± 0.0342
Pirúvico total (µmol/1 g cebolla fresca)	13.60 ± 0.4722
Pirúvico endógeno (µmol/1 g cebolla fresca)	1.86 ± 0.0007

bos de mayor tamaño presentan menores cantidades de ácido pirúvico. Esto podría explicar el elevado contenido en pirúvico que presentan los bulbos analizados, ya que no alcanzaron un calibre comercial adecuado, posiblemente debido a la afección de hongos. Estas altas concentraciones en pirúvico pueden tener una doble interpretación, por un lado, los menores contenidos en pirúvico aseguran la menor pungencia de los bulbos de cebolla y por tanto, su deriva a un mercado por mayor tendencia hacia cebollas con este tipo de atributo. Por otra parte, la mayor concentración en pirúvico se relaciona con la mayor concentración en sustancias sulfurosas y por ello con mayor valor añadido por los beneficios de estas sustancias sobre el organismo, atributo que se debe potenciar en su mercado correspondiente.

El contenido en ácido pirúvico endógeno se encuentra relacionado con la respiración celular de la planta y su producción en el bulbo de cebolla no es enzimática y es

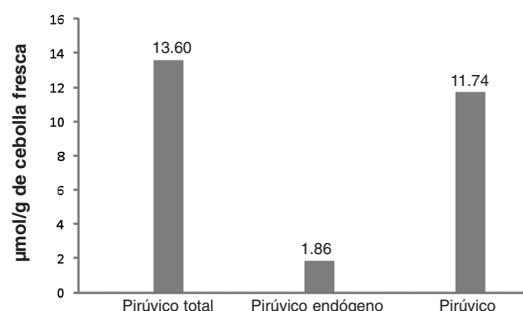


Figura 2. Contenido en ácido pirúvico (total y endógeno), expresado como µmol/g cebolla fresca

por ello que no está relacionado con los compuestos de naturaleza sulfurosa. Se observa que cuando se aceleran los procesos oxidativos (vinculado a la respiración celular), como consecuencia del estrés de la planta, aumentan los niveles de pirúvico endógeno.

Para poder evaluar correctamente el nivel de pungencia de los bulbos de cebolla hay que restar a los niveles de ácido pirúvico total encontrados, los que se generan de forma endógena en los bulbos, lo que da lugar al pirúvico libre de los bulbos de cebolla.

Según el reglamento de certificación de cebollas aplicado en Estados Unidos en la variedad Vidalia (Vidalia Sweet Onion), para que los bulbos se consideren poco picantes o suaves no deben de superar el límite de 5.5 μmol de ácido pirúvico/gramo de tejido fresco. Los datos obtenidos en este trabajo muestran la existencia de bulbos que superan estos valores, pero permiten obtener buenas relaciones con otros parámetros analíticos influyentes para establecer modelos que permitan predecir el nivel de pungencia. Para obtener el modelo de regresión múltiple que permita obtener ecuaciones que relacionan el pirúvico total y el endógeno con distintas variables analizadas en los bulbos de cebolla, se han obtenido las variables con mayor peso y significativas, correlacionadas con el pirúvico total y endógeno, pero se han eliminado los contenidos en materia seca por ser equivalente a la humedad, y los niveles de proteínas por ser equivalente al contenido en nitrógeno total de las cebollas. El resultado del ajuste permite describir diferentes ecuaciones para el contenido en pirúvico total, endógeno y libre de los bulbos de cebolla (tabla 2).

Los resultados obtenidos del ajuste, muestran un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre el contenido en pirúvico total de los bulbos y dos variables independientes que son el contenido en sólidos solubles y

la concentración en nitrógeno total de los bulbos. La relación obtenida es estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99%. El estadístico $r^2= 46.027$ indica que el modelo explica casi el 50% de la variabilidad del pirúvico total presente en los bulbos de cebolla de producción convencional. El coeficiente que acompaña a la variable independiente del contenido en nitrógeno total de los bulbos es significativamente superior al que acompaña al contenido en sólidos solubles, de manera que el nitrógeno total tiene un peso muy superior, y a medida que los niveles sean más altos en los bulbos, los niveles de pirúvico total serán mayores.

También se muestra un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre el contenido en pirúvico endógeno de los bulbos de cebolla y una variable independiente que es la concentración en nitrógeno total. Esta relación es estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99%. El estadístico r^2 indica que el modelo explica casi el 36.25% de la variabilidad en pirúvico endógeno presente en los bulbos de cebolla. De lo que se concluye que los niveles altos en nitrógeno total en los bulbos influyen en el menor contenido en pirúvico endógeno, resultado que concuerda, ya que el pirúvico endógeno está relacionado con la respiración celular de la planta y no con por la acción enzimática de la alianasa al cortar los bulbos.

Para el caso de los niveles de pirúvico libre en los bulbos de cebolla los resultados obtenidos del ajuste, muestran un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre el contenido en pirúvico libre de los bulbos y una variable independiente que es la

concentración en nitrógeno total de los bulbos. Esta relación es estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99%. El estadístico r^2 indica que el modelo explica casi el 50% de la variabilidad del pirúvico libre presente en los bulbos de cebolla. De manera que a mayor concentración en nitrógeno total en los bulbos de cebolla, mayor será la concentración en pirúvico libre y por tanto mayor pungencia en los bulbos de cebolla.

De las relaciones obtenidas se concluye que el nivel de nitrógeno total concentrado en los bulbos y por lo tanto absorbido por las plantas influye decisivamente en el nivel de pirúvico relacionado con la pungencia de las cebollas. El nitrógeno es el elemento que en mayor medida limita el rendimiento del cultivo, y para sostener niveles elevados de producción es necesario aplicar dosis del orden de 150-200 kg de N/ha, dependiendo del suelo y ambiente zonal. La carencia de nitrógeno en la cebolla produce hojas erectas, de color amarillo pálido o verde amarillento. Puede aparecer después de una estación excepcionalmente húmeda, o con suelo mal drenado, por el exceso de lixiviación del nitrógeno asimilable; o en suelos con temperaturas bajas, por limitación en las reacciones de mineralización del nitrógeno. También pueden aparecer síntomas de carencia cuando la densidad de siembra o plantación es demasiado alta. Por otro lado, una aplicación excesiva de nitrógeno temprano puede ocasionar un descomunal desarrollo de la parte aérea de la planta, especialmente si las condiciones ambientales son favorables.

Los hidratos de carbono no estructurales solubles en agua contribuyen al dulzor en las cebollas.

Tabla 2. Ecuaciones del modelo ajustado del análisis de regresión múltiple para los niveles de pirúvico total, endógeno y libre en los bulbos de cebolla

Ecuación	
Pirúvico total	$= -19.73 + 2.27 \cdot \text{Brix} + 164.57 \cdot \text{N total}$
Pirúvico endógeno	$= 11.02 - 77.92 \cdot \text{N total}$
Pirúvico libre	$= -12.92 + 209.69 \cdot \text{N total}$

Los principales son la sacarosa, fructosa, glucosa y fructanos. La glucosa, fructosa y sacarosa son los que aportan el dulzor de las cebollas ya que los fructanos no son dulces, sin embargo, se degradan en los mencionados azúcares durante los procesos metabólicos, por lo que el sabor de las cebollas puede cambiar durante el almacenamiento (Pozzo-Ardizzi *et al.*, 2005). Los hidratos de carbono no estructurales solubles en agua se correlacionan positivamente con el contenido en sólidos solubles (Randle, 1992). Así pues, dado que el contenido en sólidos solubles está directamente relacionado con su contenido en azúcares, desde el punto de vista de la calidad, interesan los bulbos con mayor contenido en sólidos solubles y menor contenido en nitrógeno total, ya que ello afectaría a un mayor contenido en pirúvico endógeno que se resta al pirúvico total con el que se minimiza el valor del pirúvico responsable de la pungencia de las cebollas.

CONCLUSIONES

La cantidad de ácido pirúvico presente en los bulbos de cebolla está estrechamente relacionada con diversos factores como son las técnicas agronómicas, así como, los fertilizantes nitrogenados o la facilidad de los bulbos para acumular sólidos solubles en sus células. Se predice con un alto coeficiente

de correlación que la cantidad de nitrógeno total acumulado en los bulbos genera cebollas más picantes, de manera que para alcanzar cebollas dulces, el nivel de nitrógeno en los bulbos debería ser inferior a 0.09% y los sólidos solubles superiores a 4.6 °Brix.

BIBLIOGRAFÍA

- AUGUSTI, K.T.** (1996). Therapeutic values of onion (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). *Indian J. Exp. Biol.*, 34: 634-640.
- ALTES, A.; PIULATS, O.; HASMAN, D.** (2001). La gran guía de la composición de los alimentos. Ed. RBA Libros. Barcelona. 95 pp.
- CARRAVEDO, M.; MALLOR, C.** (2007). Variedades autóctonas de cebollas españolas. Ed. CITA (Centro de investigación de tecnología agroalimentaria de Aragón, Zaragoza. 370 pp.
- COOLONG, T.M.; RANDLE, W.M.** (2003a). Temperature influences flavour intensity and quality in 'Granex 33' onion. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 128: 176-181.
- COOLONG, T.M.; RANDLE, W.M.** (2003b). Sulfur and nitrogen availability interact to affect the flavour biosynthetic pathway in onion. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 128: 776-783.
- ELMADFA, I.; AIGN, W.; MUSKAT, E.; FRITZCHE, D.; CREMER, H.D.** (2001). La gran guía de composición de los alimentos. 18ª Edición Revisada. Editorial RBA Integral. Barcelona. 95 pp.
- FENWICK, G.R.; HANLEY, A.B.** (1985). The generous *Allium* part 3. *Crit. Rev. Food Science Nutrition*, 23: 1-73.
- FREEMAN, G.G.; MOSSEDEGHI, N.** (1973). Studies on the relationship between water regime and flavour strength in water cress (*Rorippa nasturium-aquaticum* [L] Hayeck), cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata) and onion (*Allium cepa*). *J. Hort. Sci.*, 48: 365-378.
- HERTOG, M.G.L.; HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B.** (1992). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *J. Agric. Food. Chem.* 40: 2379-2383.
- KONDIRAM DHUMALA; SAGAR DATIRA; RAJ PANDEYB.** (2007). Assessment of bulb pungency level in different Indian cultivars of onion (*Allium cepa* L.). *Food Chemistry*, 100: 1328-1330.
- MAPA.** Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1994). Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Ed. Secretaría General de Alimentación. Dirección general de política alimentaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 662 pp.
- MATISSEK, R., SCHNEPEL, F. M., STEINER, G.** (1998). Análisis de los alimentos. Fundamentos, métodos, aplicaciones. Ed. Acribia: 10-18.
- PLATENIUS, H.; KNOTT, J.E.** (1941). Factors affecting onion pungency. *J. Agric. Res.*, 62: 371-379.
- POZZO-ARDIZZI, M.C., ABRAMETO, M., PELLEJERO, G., ASCHKAR, G., GIL, M.I., VAN KONIJNENBURG, A.** (2005). Efecto del periodo de conservación sobre algunas propiedades nutraceuticas y organolépticas en los bulbos de cultivares nacionales de cebollas (*Allium cepa* L.) en el valle inferior de Río Negro. *R.I.A.*, 34 (3): 115-130.
- RAIGÓN, M.D.** (2006). El nivel de pungencia de las cebollas. *Horticultura internacional*, ISSN 1134-4881.48-51 pp.
- RANDLE, W.M.** (1997). Onion flavour chemistry and factors influencing flavour intensity. En: S. J. Risch y C. Ho. Wash, D.C. (eds.). *Spices : Flavour chemistry and antioxidant properties.* Amer. Chem. Soc. 41-52 pp.
- RANDLE, W.M.; BUSSARD, M.L.** (1993). Pungency and sugar of short-day onions as affected by sulphur nutrition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 118: 766-770.
- SCHWIMMER, S.; WESTON, W.J.** (1961). Enzymatic development of pyruvic acid as a measure of pungency. *J. Agr. Food Chem.* 9: 301-304.
- SUN, K.; PIKE, L.; CROSBY, K.; JONES, R.; LESKOVAR, D.** (2006). Differences in onion pungency due to cultivars, growth environment, and bulb sizes. *Scientia horticulturae*, 110: 144-149.
- VIDALIA LABS. INTENATIONAL, INC.** (2005). An independent agricultural testing laboratory. Georgia, USA.