

**POSIBILIDADES DE EVALUAR
QUIMICAMENTE LA CALIDAD
ODORIFICA DE LA CEBOLLA**

CRISTINA OROZCO ROMO

MEXICO, D. F.

1959



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

POSIBILIDADES DE EVALUAR QUIMICAMENTE LA CALIDAD ODORIFICA DE LA CEBOLLA

T E S I S

que presenta para su examen profesional de

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

CRISTINA OROZCO ROMO

ante la

Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Ciencias Químicas

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS

LABORATORIO DE BIOQUIMICA APLICADA

A mis padres.

Al señor doctor don Alfredo Cuarón Santisteban.

Mi más sincero agradecimiento:
A la señorita Ma. del Consuelo Hidalgo,
Q. F. B., por su valiosa cooperación.
Al señor don Francisco Quiroz por su inapre-
ciable ayuda en el desarrollo de la discusión es-
tadística.

RECONOCIMIENTO

Deseo expresar mi reconocimiento a la Dirección y Técnicos del Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas y especialmente a la Sección de Bioquímica Aplicada, por la asistencia y facilidades que me fueron brindadas para la realización del presente trabajo.

A la Oficina de Investigaciones Industriales del Banco de México, S. A., por el apoyo otorgado a través de su Sección de Educación y Becas.

- I. INTRODUCCION
 - II. ANTECEDENTES
 - A) Generalidades sobre cebolla
 - B) Composición Química del Sistema Olorífico.
 - III. TRABAJO DESARROLLADO
 - A) Preparación de la Muestra.
 - B) Determinaciones Químicas.
 - 1.—Humedad
 - 2.—Azufre Total
 - 3.—Acido Pirúvico
 - IV. RESULTADOS
 - V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS
 - VI. CONCLUSIONES
 - VII. BIBLIOGRAFIA
- APENDICE

CAPITULO I

INTRODUCCION

Son cuatro las características distintivas de la cebolla: olor, sabor, apariencia y acción lacrimógena. Hay diversas variedades de cebolla con las mismas características, aun cuando éstas difieren en cuanto a su intensidad. Todas las variedades de cebolla afectan a las papilas gustativas, excitan a los órganos olfatorios e irritan a las glándulas lacrimales, lo que sugiere que la naturaleza de sus componentes químicos es similar, aunque presenten diferencias cuantitativas. No se han aclarado satisfactoriamente las diferencias en el picor de las diversas variedades de cebolla ni desde el punto de vista químico ni del fisiológico (1).

La cebolla, como el ajo, es prácticamente inodora cuando está intacta, pero en cuanto es lesionada en su tejido presenta un rápido desarrollo de su olor característico (1, 2), lo que sugiere la existencia de una reacción de naturaleza enzimática que ha sido desencadenada. Los estudios teórico preliminares efectuados sobre cebolla han sugerido un paralelismo entre el sistema enzimático de este bulbo y el sistema del ajo, por lo que se ha considerado posible aplicar las técnicas derivadas de las investigaciones realizadas en relación con la evaluación del sistema odorífico del ajo (3, 4).

El fin inmediato de este trabajo es estudiar la aplicabilidad de las técnicas analíticas establecidas para el sistema enzimático del ajo, al de la cebolla. Establecida ésta, se utilizaron en la evaluación de la potencia odorífica de algunas variedades de cebolla, cuyo cultivo tiene importancia comercial en México.

CAPITULO II

ANTECEDENTES

A.—GENERALIDADES SOBRE CEBOLLA.

La localización de la cebolla, dentro de la clasificación botánica, es la siguiente (5):

División	Fanerógamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Liliífloras
Familia	Liliáceas
Género	Allium
Especie	Cepa

La cebolla es una planta bienal o vivaz, cuyo tallo está reducido a un delgado disco, que puede o no sobresalir de la superficie terrestre; lleva en su parte superior un bulbo único, grande y esférico formado por tunicas o escamas concéntricas y carnosas, superpuestas. Las tunicas externas son secas y de diferentes colores, según la variedad de la cebolla y constituyen lo que vulgarmente se llama la "piel" o "cáscara". El extremo inferior del tallo se continúa con numerosas raicillas sencillas que se introducen en el suelo. Las hojas son envainadoras, fistulosas en la base y acanaladas y puntiagudas en el extremo libre (6).

En el segundo año de vida, aparece el escapo floral, que es hueco y presenta un ensanchamiento en la base. En su extremo dis-

tal afloran pequeñas flores verdosas reunidas en umbela. El fruto es una cápsula con tres ángulos, que contiene en su interior las semillas negras y rugosas (6).

La cebolla, que aparentemente es originaria del Asia Menor (7), ha sido utilizada desde la más remota antigüedad como alimento y condimento; además se le han encontrado propiedades bactericidas y fitoncidas (8).

Es un tubérculo fácilmente aclimatable de gran demanda en la actualidad. Su cultivo se ha extendido a casi todo el mundo (9), siendo sus principales productores los países americanos y europeos. En América (10), México es uno de sus principales productores, en la actualidad se tiende hacia un incremento en su producción. Las principales zonas cebolleras mexicanas se encuentran en el centro de la República, especialmente en la zona del Bajío en donde se obtiene el 60 por ciento de la producción nacional; le sigue en importancia la zona norte de la República, sobresaliendo de ésta, la región tamaulipeca (11).

El cultivo de la cebolla se efectúa en dos años, exigiendo un clima templado y no muy húmedo, suelos ligeros, arenosos, calizos, ricos en materias orgánicas y en azufre (6, 12).

La propagación de la cebolla se efectúa por medio de semillas, hecho que influye en la falta de estabilidad de los caracteres de las variedades existentes de esta planta (13). La clasificación de estas variedades se integra, generalmente, de acuerdo con los caracteres del bulbo y de la época de siembra, dividiéndose de esta manera en: cebollas blancas, amarillas o rojas y en cebollas de verano o de invierno (6). Dentro de las mismas variedades puede haber factores circunstanciales variantes, explicándose de esta manera la diferente composición química cuantitativa en cebollas pertenecientes a la misma clase o variedad, de distintas localidades o de diferentes estaciones del año (12, 36).

Para los fines de este estudio fueron escogidas cuatro variedades de cebolla mexicana de interés comercial, denominándolas según su nombre de mercado y las cuales pueden clasificarse de la siguiente manera, tomando en cuenta sus características físicas diferenciales más notorias:

disulfuro dipropílico $(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH})_2\text{S}_2$

disulfuro metil propílico $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-S-S-CH}_3$

disulfuro dimetilico $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$

Los dos primeros se encuentran en mayor cantidad que el último (19).

Kohman (8) demostró la presencia de propionaldehído en los destilados de cebolla obtenidos por arrastre de vapor a presión baja y descubrió que la reacción del destilado de la cebolla con las mono y dinitrofenilhidracinas produce sulfuro de hidrógeno y que la oxidación del destilado ya mencionado da lugar a la formación de sulfatos. Esto, según Kohman, sugiere que un tioaldehído, el tio-propionaldehído es uno de los constituyentes de los compuestos volátiles de la cebolla y que la actividad lacrimógena de este vegetal puede ser atribuída a dicho compuesto (8).

Challenger y Greenwood (20), lograron evidenciar la presencia de propitiol pasando una corriente de aire estéril sobre una muestra de cebolla fresca machacada y posterior absorción del tiol en cianuro mercúrico. Sin embargo, no lograron demostrar la presencia del tiopropionaldehído en los vapores de la cebolla.

Una de las investigaciones más recientes, realizada para conocer la composición química de las estructuras volátiles de la cebolla, fue electuada por Niegish y Stahl (21), quienes emplearon técnicas de destilación en ausencia de aire y a presiones y temperaturas muy bajas, utilizando como instrumentos de análisis el espectrómetro de masas y el espectroscopio de rayos infrarrojos. Los compuestos volátiles que dichos investigadores lograron identificar, son enumerados a continuación, de acuerdo con su concentración relativa:

MUY ABUNDANTES:

Bióxido de carbono	CO_2
Metanol	CH_3OH
Propionaldehído	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHO}$

ABUNDANTES:

Propil mercaptano	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SH}$
-------------------	-------------------------------------------------

ESCASOS:

sulfuro de hidrógeno	H_2S
Acetaldehido	$\text{CH}_3\text{-CHO}$

TRAZAS:

Bióxido de azufre	SO_2
Disulfuro de propilo	$\text{C}_3\text{H}_7\text{-S-S-C}_3\text{H}_7$
Alcohol propílico	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
hexeno-4, al	$\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CHO}'$
aldehido beta hidroxilito propiónico	$\text{OHCH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO}'$

' estructuras sugeridas

Estos mismos investigadores encontraron que la combinación del disulfuro de propilo, identificado también por Carson y Wong (19) con el propil mercaptano, produce un olor parecido al de la cebolla, pero no lograron evidenciar la presencia del disulfuro de alil propilo (21).

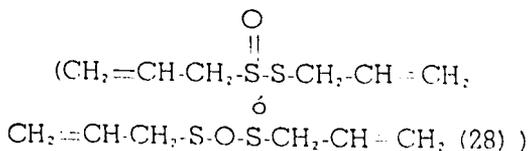
Niegish y Stahl han sugerido que los productos volátiles identificados existen "per-se" en la cebolla (21).

Aunque la composición química del aceite de cebolla no está aún bien definida, su olor, sabor y propiedades lacrimógenas han sido atribuidas a la existencia de compuestos azufrados volátiles que se forman en la cebolla por medio de una reacción enzimática que se desencadena al lesionar sus tejidos (1, 20, 22, 24). Parece tener una estrecha relación, no demostrada aún, con el incremento en la cantidad del ácido pirúvico preexistente causado por la misma lesión (1, 24).

Las investigaciones tendientes a la identificación de los compuestos azufrados no volátiles presentes en el tejido de la cebolla, y en especial de los compuestos que pueden servir de precursores a los cuerpos volátiles, han evidenciado en extractos acuosos de cebollas maduras, mediante el empleo de técnicas de intercambio iónico y análisis cromatográficos, la presencia, en la fracción catiónica de dos derivados de la cisteína, que hasta entonces no habían sido aislados de productos naturales y que se identificaron con la desoxialiina (S-alilcisteína) y la dihidroaliina (S-propilcisteín-sulfóxido) compuestos ya sintetizados. Sin embargo, en ese trabajo no fue posible aislar aliina de la cebolla (23). No obstante, otras investigaciones sí han sugerido la presencia de un aminoácido azufrado cuyos cristales son similares a los de la aliina aislada del ajo y descrita por Stoll y Seebeck (1, 24). Asimismo, es interesante mencionar que se ha logrado identificar un aminoácido azufrado en cebolla, cuyo análisis estructural corresponde a la fórmula $C_6H_{11}O_2NS.HCl$, comparable a la de la desoxialiina (25).

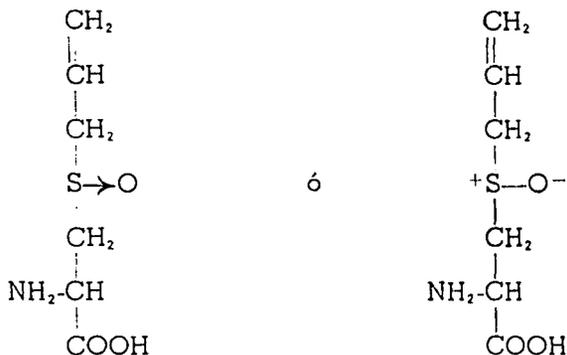
También es de importancia indicar que no ha sido posible evidenciar la presencia de aliina, desoxialiina, dihidroaliina y S-propilcisteína en los extractos acuosos de cebollas no maduras, lo que sugiere que, durante la maduración de este vegetal, se realiza un cambio en los compuestos azufrados, que probablemente se asocia con otro cambio en los componentes de la fracción volátil (1). Lo anteriormente dicho concuerda con los estudios efectuados, en los cuales se indica que el azufre volátil aumenta a medida que la planta se acerca a la madurez y que los máximos valores de azufre volátil fueron obtenidos cuando las partes externas de la planta comenzaban a secarse (26).

Los trabajos de Stoll y Seebeck tendientes a dilucidar la formación del principio bactericida y odorífico del ajo, la alicina (2),



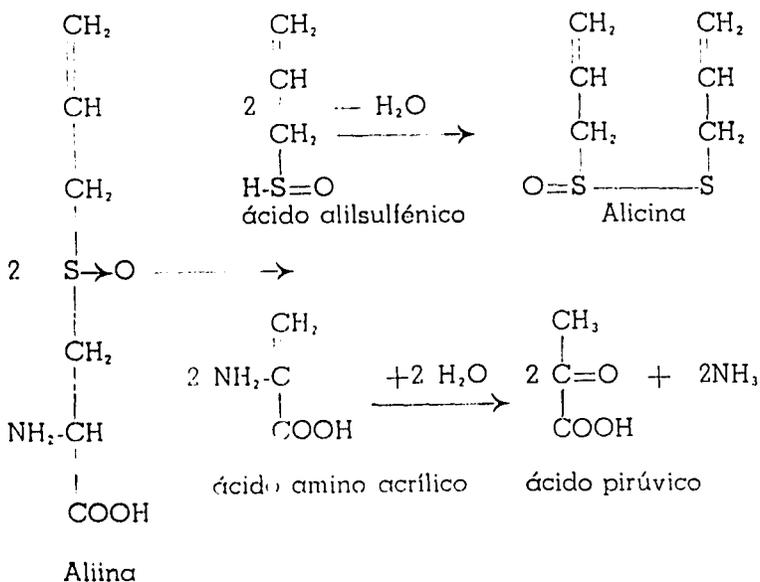
han llegado a la lógica conclusión de que este compuesto proviene de un precursor derivado de la cisteína y al cual se le ha denomi-

nado "aliina", cuyas dos posibles fórmulas constitucionales son las siguientes (2):



La transformación de aliina a alicina es efectuada en una reacción enzimática en la cual el papel de enzima lo realiza la aliinasa, cuya actividad depende de su coenzima, el fosfopiridoxal (27).

Los productos de la escisión enzimática de la aliina, causada por la aliinasa son alicina, ácido pirúvico y amoníaco (2).



Si se tiene en mente la anterior escisión enzimática, es posible valorar las observaciones efectuadas por Morgan y Benett (29, 30), quienes encontraron que, en el tejido intacto de la cebolla, el ácido pirúvico está presente sólo en pequeñas cantidades, pero, que en el jugo del mismo bulbo, la cantidad de esta sustancia es relativamente grande. Este hallazgo sugiere, que la producción del ácido pirúvico se encuentra estrechamente ligada a la actividad de una enzima sobre un sustrato aún desconocido (1, 24). Se supone entonces que el precursor de los compuestos volátiles de azufre en este bulbo, puede ser un derivado de aminoácido que, previa escisión, da lugar a la formación de un compuesto azufrado volátil y un cetoácido de igual número de átomos de carbono que la fracción molecular aminoácido.

En forma concomitante, fue posible establecer que, aparentemente, el ácido pirúvico es el único cetoácido que aumenta cuando se lesiona el tejido de la cebolla. Esta observación sugirió que la fracción molecular correspondiente al aminoácido contiene tres átomos de carbono, y que es de esperarse que los precursores de los compuestos volátiles del azufre y del ácido pirúvico sean derivados de la cisteína, siempre y cuando se acepte que son originados por el mismo compuesto y que esta reacción sea la misma que ocurre en la producción del compuesto volátil azufrado en el ajo (1). En contraste con lo anteriormente dicho, se encuentran las especulaciones de Kohman, quien propone como posible precursor de los compuestos volátiles, a un glucósido (22).

Por otra parte, se ha visto que las preparaciones de alinasa, obtenidas del ajo, actúan sobre el sustrato de cebolla liberando ácido pirúvico, el cual se produce rápidamente alcanzando valores cercanos al máximo en menos de un minuto (1). Esto contrasta con el hecho de que en la escisión de la aliina por la alinasa del ajo, el 80% de aquélla es escindida en cuatro minutos (38). La rápida producción del ácido pirúvico resultante de la interacción del sustrato de cebolla con la alinasa del ajo, puede ser debida a la escisión de la dihidroaliina o de la desoxialiina, encontradas en extractos de cebolla.

Tal parece que la enzima aislada en el ajo, causante de la formación del ácido pirúvico, es diferente a la existente en la cebolla, ya que esta última no se ha podido aislar por técnicas similares a

las indicadas para el aislamiento de la alinasa. Los intentos efectuados para aislarla utilizando otras técnicas tales como la precipitación con sulfato de amonio dieron resultados negativos aún después de añadir fosfopiridoxal como posible coenzima (1). Sin embargo, ha sido posible obtener extractos crudos de cebolla con actividad enzimática, los cuales cuando actúan sobre el sustrato de cebolla desencadenan la producción del ácido pirúvico a gran velocidad.

Los estudios efectuados en la cebolla, en la cual el azufre fue sustituido por su radioisótopo (S^{35}), nos revelan la presencia de más de veinte compuestos que contiene este radioelemento en su molécula; asimismo nos muestran que los compuestos cuya radioactividad decrece, bajo condiciones favorables para la producción de compuestos volátiles, son diferentes a los derivados cisteínicos, tales como la aliina, desoxialiina, dihidroaliina, poniendo en evidencia que no ellos, sino algún otro u otros derivados de azufre, son los precursores de los compuestos volátiles y del ácido pirúvico (1).

Los compuestos volátiles azufrados de la cebolla han sido utilizados para medir el sabor de este bulbo. Platenius, Kohman, Currier (22, 31, 32) y otros investigadores, han demostrado que pueden valorarse dichos compuestos cuantitativamente, indicándonos las diferencias odoríficas entre las distintas cebollas.

Los métodos empleados para estos fines se basan principalmente en la oxidación de los mercaptanos volátiles a sulfatos y la determinación de éstos, ya sea en forma gravimétrica o volumétrica, como son los métodos utilizados por Feiner y colaboradores (33), Kohman y Platenius (22, 31). Asimismo, otros investigadores aprovechan la capacidad reductora de las sustancias volátiles sobre soluciones alcalinas de permanganato (34).

En contraste con los métodos anteriormente indicados, se encuentra el método fotométrico de Currier en el cual se efectúa una reducción de los compuestos azufrados, valorándolos en forma de azul de metileno (32).

En conclusión tenemos que:

A) o se conocen aún con exactitud él o los precursores de los compuestos volátiles de azufre en la cebolla. Empero, cabe suponer

que hay una relación definida entre ácido pirúvico liberado por escisión enzimática y producción de compuestos volátiles de azufre causantes de su olor característico.

B) La enzima o enzimas que participan en los sistemas responsables de la formación del ácido pirúvico no han sido aisladas. Sin embargo, ha sido factible obtener preparaciones crudas de cebolla con actividad enzimática, que cuando actúan sobre un sustrato de cebolla, desencadenan a gran velocidad la producción de ácido pirúvico (1).

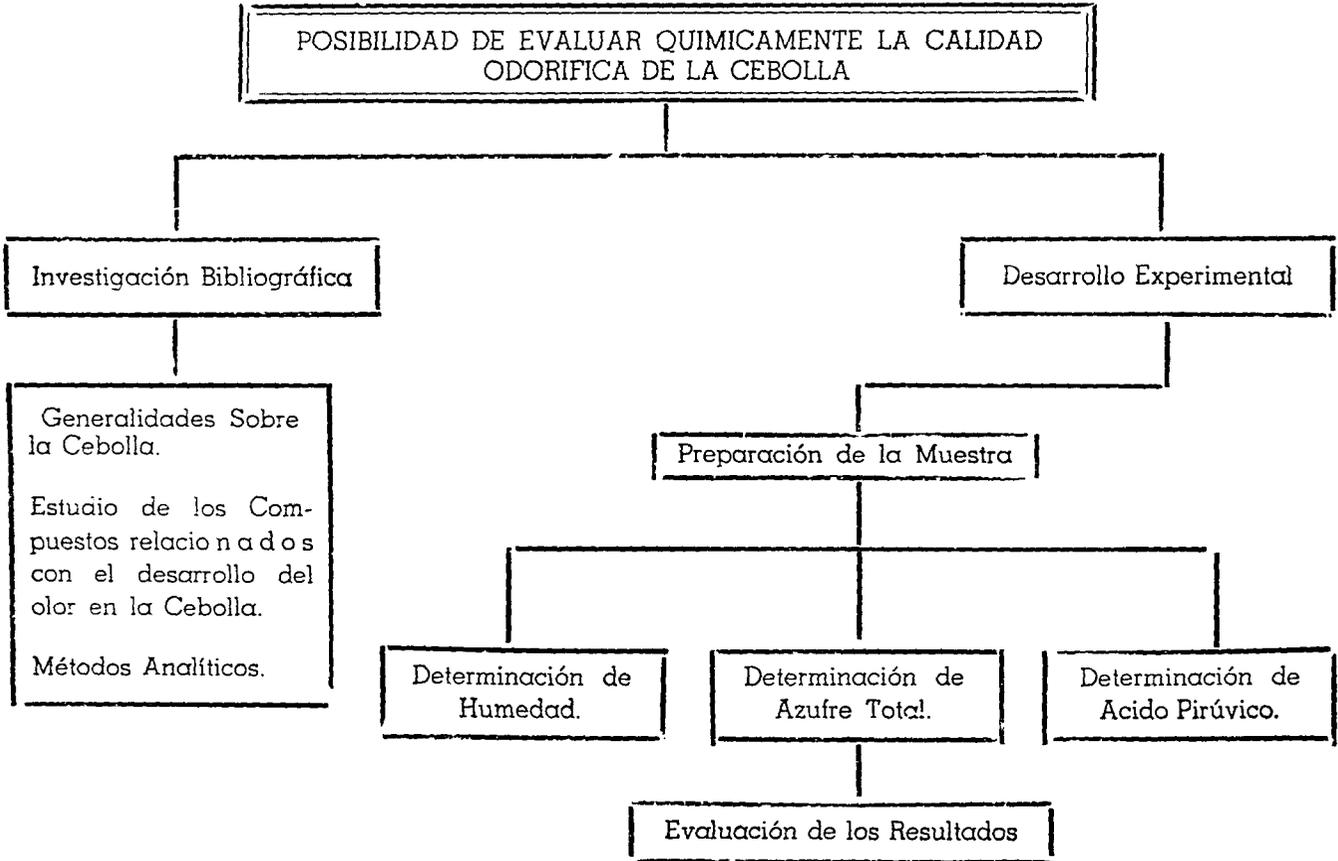
C) Los productos de la escisión enzimática no se conocen en su totalidad. Como en el caso del sistema enzimático aliina-alinasa del ajo, en el tejido lesionado de cebolla se produce amoníaco y ácido pirúvico, pero no ha sido posible confirmar la presencia de alicina. Es muy interesante mencionar que el ácido pirúvico es el único cetoácido que aumenta cuando se daña el tejido de cebolla (1, 24).

En el presente trabajo se creyó oportuno valorar la potencia odorífica de la cebolla basándose en la posible relación existente entre el ácido pirúvico liberado enzimáticamente y la producción de compuestos volátiles de azufre, por considerarse más sencillo y conveniente medir un producto resultante de una reacción enzimática que se encuentra disuelto en el jugo de cebolla, que los mercaptanos volátiles.

Se ha observado en el ajo, que tanto la cantidad de ácido pirúvico producida por una reacción enzimática, como la de los otros productos de la degradación(alicina y amoníaco), son mayores a medida que aumenta la cantidad de azufre total. Teniendo en cuenta las observaciones anteriores se creyó pertinente determinar en la cebolla el contenido de azufre total. Se pudo observar de una manera indirecta la posible relación entre el ácido pirúvico y los compuestos azufrados de la cebolla.

CAPITULO III

DIAGRAMA DEL PLAN DE INVESTIGACION



TRABAJO DESARROLLADO

Para caracterizar cuatro variedades de cebolla, cultivadas en México, se les determinó contenido en humedad, azufre total y ácido pirúvico. Esas variedades fueron, nombradas como lo son comercialmente: Medio globo, escarola, morada y amarilla.

A) PREPARACION DE LA MUESTRA.

Foley nos indica en sus trabajos que no hay diferencias en el contenido de azufre volátil en las diferentes porciones del bulbo (36); contrariamente Chauchri y Radhakrishman (35), exponen que el contenido de azufre volátil es mayor en las tunicas internas que en las externas. En el presente estudio se tomaron porciones de las distintas tunicas en cada cebolla, entremezclándolas entre sí, con el fin de obtener una muestra lo más homogénea posible, que representara hasta donde fuera posible el contenido de la totalidad del bulbo.

Para cada una de las determinaciones efectuadas, la toma de la muestra se hizo de la siguiente manera:

Se tomó al azar un número determinado de cebollas (4 cebollas), liberándolas de sus cubiertas externas. A cada uno de los bulbos utilizados se le hicieron cortes transversales, tomándose rebanadas de la cebolla que contenían una porción representativa de cada una de sus tunicas. Los análisis se efectuaron inmediatamente que se rebanó la cebolla, a fin de evitar alteraciones significativas en el material.

B) DETERMINACIONES QUIMICAS.

1.—HUMEDAD.

Las determinaciones preliminares de humedad se realizaron a una presión de 75-100 mm de mercurio y a una temperatura de 45-50°C. Estas valoraciones se efectuaron de dos maneras distintas:

a) La cebolla fue licuada durante tres minutos, obteniéndose una muestra homogénea y en suspensión, al 50%, en agua, con lo cual se evitaba el posible endurecimiento de las capas externas, que impidiesen la pérdida total de la humedad; posteriormente fue secada a la temperatura y presión indicadas.

b) Cada una de las muestras de cebolla fue cortada en pequeños trozos, de aproximadamente 1 cm³, sometiéndolos a las condiciones de presión y temperatura ya indicadas. En ambos casos se obtuvieron resultados semejantes, como puede observarse en el siguiente cuadro:

DETERMINACION DE HUMEDAD		
Pérdida de peso por ciento		
Muestra	Cebolla licuada	Cebolla en trozos
1	a) 90.6	a) 91.0
	b) 90.5	b) 90.2
	c) 90.5	c) 90.5
2	a) 91.1	a) 90.7
	b) 91.0	b) 90.6
	c) 91.1	c) 90.7
3	a) 90.1	a) 90.5
	b) 90.2	b) 90.2
	c) 90.3	c) 90.2

Para caracterizar las diversas variedades de cebolla se les determinó humedad por el segundo de los métodos señalados.

2.—AZUFRE TOTAL.

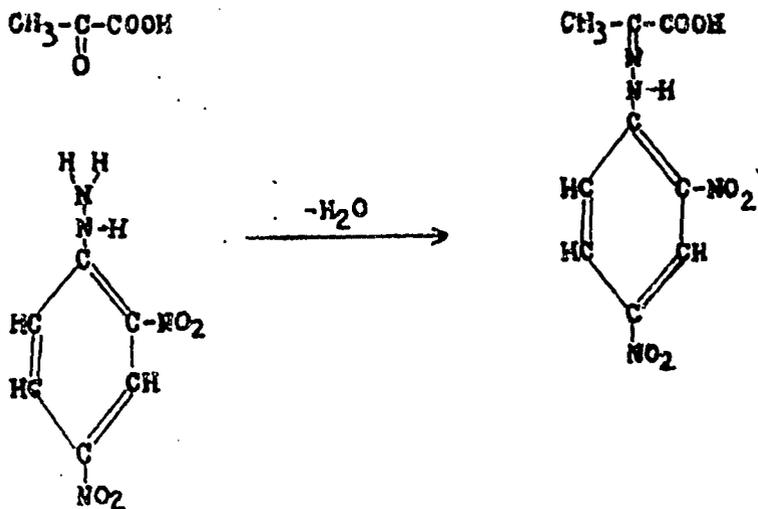
Tomando en cuenta que los productos volátiles azufrados son los causantes del olor característico de este vegetal, el azufre total presente en el bulbo debe estar, por lo tanto, en relación con la potencia odorífica de ella; su determinación cuantitativa posee cier-

to valor en los estudios relacionados con la evaluación odorífica de la cebolla. .

La determinación del azufre se efectuó conforme al método establecido por Jäger (3), el cual se basa en oxidar la droga con ácido nítrico concentrado, de manera que el azufre que está presente principalmente en forma de sulfuros orgánicos, incluyendo a los volátiles, es oxidado y transformado en ácidos sulfónicos no volátiles. El producto obtenido es tratado con carbonato de sodio anhidro, calcinándolo posteriormente en presencia de nitrato de sodio quedando el azufre presente en forma de sulfato, éste se determina gravimétricamente al estado de sulfato de bario (37).

3.—ACIDO PIRUVICO

Para la determinación del ácido pirúvico liberado por la escisión enzimática efectuada en el tejido triturado de la cebolla se intentó adoptar el método de Jäger (3), propuesto para el ajo. El ácido pirúvico se valoró espectrofotométricamente bajo la forma de 2-4 dinitrofenilhidrazona.



Los ensayos preliminares efectuados con la aplicación de este método, sugirieron la posibilidad de modificarlo, en cierta medida, a fin de adaptarlo a la cebolla.

Experimentalmente se ha podido evidenciar que la cantidad de ácido pirúvico que se libera en la cebolla fresca es menor que

en el ajo fresco. De hecho, la máxima cantidad de ácido pirúvico que se ha determinado en la cebolla sólo corresponde a un 25% del que se determina en ciertas variedades de ajo, por lo que se ha creído conveniente aumentar la muestra de cebolla para este ensayo.

Según Kohman (22), a mayor desintegración de la cebolla hay mayor producción de compuestos volátiles. Así, tenemos que la liberación enzimática de estos productos está en relación directa al grado de desintegración del tejido de la cebolla (22). Asimismo hay la suposición de que la alinasa del ajo y el precursor de la alicina (aliina), están presentes en diferentes células de la planta (17), lo que explicaría la aparición instantánea del olor característico cuando se tritura el bulbo de ajo. Se puede considerar que en la cebolla se realice ese fenómeno de modo similar.

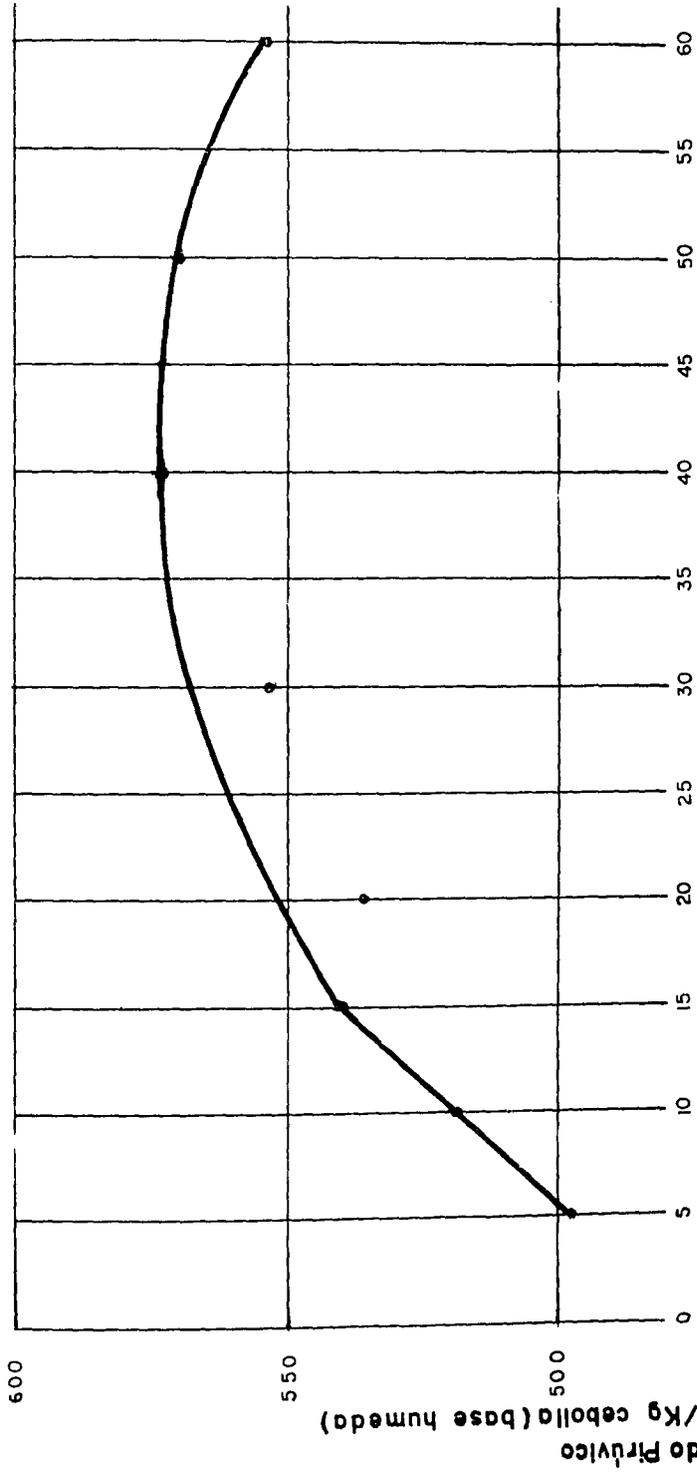
A fin de lograr una desintegración total del ajo, Jäger (3) recomienda el uso de un mortero y la adición de arena silíceo. En este trabajo, a fin de lograr una disgregación más o menos constante y poder disponer de muestras representativas, se prefirió el uso de la licuadora, haciéndose esa operación en presencia de agua para que los productos de escisión enzimática queden convenientemente diluidos en la suspensión y disminuir en lo posible su acción inhibidora sobre los sistemas enzimáticos que los originan.

En el ajo la acción de la alinasa, es mayor a la temperatura de 37°C (38). Dada la similitud entre el ajo y la cebolla se creyó oportuno mantener durante la escisión enzimática de ésta una temperatura de 35 a 38°C. La duración de la reacción enzimática, a fin de obtener cantidades óptimas de ácido pirúvico, quedó establecida en un lapso de tiempo entre 40 y 50 minutos, para las condiciones de temperatura y concentración establecidas. Este tiempo fue determinado experimentalmente utilizando para ello cebolla de la variedad medio globo. La temperatura se mantuvo a 37°C y la concentración de la muestra fue del 20% de cebolla en agua, los resultados obtenidos se encuentran a continuación:

Minutos	Acido pirúvico mg/Kg	
	(base húmeda)	(base seca)
5	497.3	5207.3
10	520.3	5448.0
15	541.6	5671.2
20	535.5	5607.3
30	553.1	5791.6
40	573.1	6001.0
50	570.8	5976.9
60	556.3	5825.1

La representación gráfica se encuentra a continuación.

FORMACION DE ACIDO PIRUVICO DE ACUERDO CON EL TIEMPO DE INCUBACION



Tiempo (en minutos)

Una vez establecidas las condiciones de trabajo que hemos indicado, se procedió a la determinación del ácido pirúvico de la siguiente manera:

Una muestra de cebolla se disgregó en licuadora Waring Blendor, durante un minuto, en presencia de cuatro partes (en peso) de agua a 37°C obteniéndose una suspensión de aproximadamente el 20% de cebolla en agua. Se incubó a 37°C durante 40 minutos para que la escisión enzimática fuera completa; transcurrido ese tiempo se tomó una muestra de esa suspensión (aproximadamente 5 ml) que se vertió a un matraz aforado que contenía alrededor de 60 ml de solución acuosa al 15% de ácido tricloroacético; la cantidad de suspensión adicionada se determinó por la diferencia de peso. Se aforó a un volumen conocido (100 ml) con la solución de ácido tricloroacético y se pasó a través de papel filtro. Se adicionaron 20 ml del filtrado a 10 ml de solución clorhídrica al 1×1000 de 2,4-dinitrofenilhidracina (se usó ácido clorhídrico 2N para preparar la solución) y se dejó una hora para dar tiempo suficiente a la formación de la hidrazona del ácido pirúvico, que entonces se extrajo con porciones sucesivas de 40, 20 y 10 ml de acetato de etilo. Esa hidrazona se extrajo con dos porciones sucesivas de 50 ml de amoníaco 2N, que la disuelve selectivamente de las de otros compuestos carbonílicos que pueden estar presentes. Los extractos amoniacales reunidos se purificaron por extracción con 20 ml de acetato de etilo. Finalmente, después de 40 minutos de reposo se determinó la absorción presentada por la solución amoniacal de la hidrazona en el espectrofotómetro Beckman DU a una longitud de onda de 370 milimicras usando amoníaco 2N, como testigo.

La lectura espectrofotométrica se comparó con una curva patrón para deducir la concentración correspondiente en ácido pirúvico (se expresa en gama por 10 ml de solución amoniacal).

Para deducir el ácido pirúvico (en miligramos) correspondiente a un Kg de cebolla se emplea la siguiente relación:

$$\text{a.p. mg/Kg} = \frac{\text{a.p.} \times F \times F}{M \times m}$$

a.p. ácido pirúvico (en /10 ml)

F factor de dilución

P peso de la suspensión cebolla en agua (en g)

M muestra de la suspensión (en g)

m muestra de cebolla (en g)

CAPITULO IV

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE
HUMEDAD, AZUFRE TOTAL Y ACIDO PIRUVICO
EN CEBOLLA MEDIO GLOBO**

HUMEDAD 90.45%

Número de Determinación	ACIDO PIRUVICO mg/Kg		AZUFRE TOTAL mg/Kg	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
1	644.5	6748.3	445.9	4669.2
2	652.2	6829.2	485.1	5079.6
3	633.4	6632.4	504.4	5281.7
4	624.3	6536.6	489.6	5126.7
5	608.8	6374.4	474.3	4966.5
6	617.9	6448.6	489.9	5130.2
7	621.5	6507.8	471.9	4941.5
8	611.5	6403.3	477.9	4690.7
Promedio	626.7	6560.1	476.1	4985.7

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE
HUMEDAD, AZUFRE TOTAL Y ACIDO PIRUVICO
EN CEBOLLA MORADA**

HUMEDAD 90.45%

Número de Determinación	ACIDO PIRUVICO mg/Kg		AZUFRE TOTAL mg/Kg	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
1	672.4	6911.0	561.4	5769.9
2	658.8	6771.1	550.7	5659.6
3	662.3	6807.1	540.2	5551.9
4	662.0	6803.7	539.3	5542.9
5	679.8	6986.6	553.2	5685.7
6	665.8	6842.9	531.6	5463.5
7	668.8	6873.1	545.9	5610.2
8	712.4	7321.5	578.4	5944.6
Promedio	672.8	6911.6	550.1	5653.5

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE
HUMEDAD, AZUFRE TOTAL Y ACIDO PIRUVICO EN
EN CEBOLLA ESCAROLA**

HUMEDAD 90.97%

Número de Determinación	ACIDO PIRUVICO mg/Kg		AZUFRE TOTAL mg/Kg	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
1	738.9	8185.1	650.5	7204.0
2	698.8	7783.1	621.2	6879.4
3	729.5	8078.2	606.6	6717.5
4	736.6	8156.6	613.3	6791.6
5	693.9	7684.4	659.9	7308.3
6	729.3	8076.7	663.5	7347.2
7	737.8	8169.7	634.0	7020.8
8	744.3	8242.4	680.1	7531.0
Promedio	726.1	8047.0	641.1	7100.0

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE
HUMEDAD, AZUFRE TOTAL Y ACIDO PIRUVICO EN
EN CEBOLLA AMARILLA**

HUMEDAD 90.49%

Número de Determinación	ACIDO PIRUVICO mg/Kg		AZUFRE TOTAL mg/Kg	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
1	782.3	8225.7	702.8	7389.9
2	818.1	8602.5	668.5	7029.3
3	825.0	8674.9	679.9	7149.3
4	791.5	8323.0	749.4	7879.9
5	801.1	8423.6	723.4	7607.0
6	770.6	8102.8	650.7	6841.9
7	761.6	8008.6	656.5	6903.7
8	846.4	8900.5	664.8	6990.9
Promedio	799.6	8407.5	687.0	7223.9

**CUADRO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE AZUFRE TOTAL
Y ACIDO PIRUVICO EN LAS VARIEDADES DE
CEBOLLA MEXICANA ESTUDIADAS**

Variedades	AZUFRE TOTAL mg/Kg		ACIDO PIRUVICO mg/Kg	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Medio Globo	476.1	4985.7	626.7	6560.1
Morada	550.1	5653.5	672.8	6914.6
Escarola	641.1	7100.0	726.1	8047.0
Amarilla	687.0	7223.9	799.6	8407.5

CAPITULO V

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos en las determinaciones del azufre total y del ácido pirúvico en cebolla, siguiendo los métodos propuestos por Jäger, ponen de manifiesto la posible aplicación de estas técnicas en cebolla. Efectuándose un análisis estadístico de los datos anteriormente citados, se observó lo siguiente:

1) Los resultados obtenidos en cada una de las variedades estudiadas, analizados estadísticamente por medio del coeficiente de variabilidad (c.v.), ponen de manifiesto la constancia de los resultados obtenidos, debido al pequeño coeficiente de variabilidad encontrado (tabla I y II). Podemos, pues, considerar que la variabilidad máxima (S) de los resultados, con respecto a su valor medio aritmético (\bar{X}) es de 3.6% en el caso del ácido pirúvico y un 5.1% en caso del azufre total. Se puede considerar que el método aplicado en el caso del ácido pirúvico tuvo un error del 4% y en caso del azufre total del 5%.

2) Si consideramos un límite de confianza del 99%, la media aritmética (μ) de las determinaciones efectuadas se encuentra dentro de los límites observados en la tabla III.

**DETERMINACION DE LA VARIANCI, DE LA DESVIACION
ESTANDAR, DE LA MEDIA ARITMETICA Y DEL COEFI-
CIENTE DE VARIABILIDAD EN DIFERENTES
VARIETADES DE CEBOLLA**

TABLA I

ACIDO PIRUVICO				
Variedades	Medio Globo	Morada	Amarilla	Escarola
* \bar{X}	656.0	691.5	840.8	804.7
S ²	268.4	317.3	921.4	410.3
* S	16.4	17.8	30.4	20.3
c.v. en por ciento	2.5	2.6	3.6	2.5

TABLA II

AZUFRE TOTAL				
Variedades	Medio Globo	Morada	Amarilla	
* \bar{X}	498.6	565.4	722.4	710.0
S ²	439.9	227.1	1358.3	853.5
* S	21.0	15.1	36.9	29.2
c.v. en por ciento	4.2	2.6	5.1	4.1

* mg/100 g base seca.

CALCULO DE LOS LIMITES DE CONFIANZA EN LAS CUATRO VARIEDADES DE CEBOLLA

TABLA III

Variedades	LIMITES DE CONFIANZA DE 99%	
	Acido Pirúvico mg/100g base seca	Azufre Total mg/100g base seca
Medio Globo	655.0 ± 20.3 635.7 < μ < 676.3	498.6 ± 25.9 472.6 < μ < 524.5
Morada	691.5 ± 22.0 669.4 < μ < 713.5	565.4 ± 18.6 546.8 < μ < 584.0
Escarola	804.7 ± 25.1 779.6 < μ < 829.8	710.0 ± 36.2 673.8 < μ < 746.2
Amarilla	840.8 ± 37.6 803.2 < μ < 878.4	722.4 ± 45.6 676.8 < μ < 768.0

3) La aplicación de una prueba de análisis de variancia en las cuatro variedades conjuntamente (tablas IV y V), nos indican que sí ~~se~~ encuentran diferencias significativas entre los valores medios de las cuatro variedades, aunque si se consideran las determinaciones efectuadas, tanto de ácido pirúvico como de azufre total, en las cuatro variedades estudiadas como una unidad, así como a los promedios de las cuatro variedades dichas, se encuentra que su coeficiente de variabilidad es relativamente pequeño (tabla VI). Esto implica que, aunque las medias de las cuatro variedades difieren entre sí, se encuentran dentro de ciertos límites no muy distantes unos de otros. Podemos considerar que el ácido pirúvico se encuentra en valores comprendidos entre 649.6 a 846.8 mg/100 g en las cuatro variedades, mientras que el azufre total se encuentra entre 494.3 a 753.4 mg/100 g, teniendo ambos un límite de confianza del 95%.

Si consideramos a la variedad amarilla con valores de 100, la variedad escarola presenta valores de 96 para el ácido pirúvico y de 98 para el azufre total. Si suponemos a la variedad morada con valores de 100, la medio globo presenta valores de 94 para el ácido pirúvico y de 88 para el azufre total.

4) Si consideramos los resultados obtenidos en las variedades medio globo y morada, así como en la escarola y amarilla como pertenecientes a un mismo grupo, tomando en cuenta los valores cercanos de sus promedios para agruparlas y determinando su coeficiente de variabilidad (tabla VII), encontramos que es pequeño en ambos casos y podemos atribuirle pocas diferencias significativas en los resultados de las determinaciones de ácido pirúvico y azufre total, cuando se consideran a cada dos variedades como una misma muestra.

Asimismo se efectuó la determinación de los límites de confianza, de la diferencia de las medias ($\mu_1 - \mu_2$) y una prueba "t", a fin de observar las diferencias significativas entre las medias de las variedades medio globo y morada y de las variedades escarola y amarilla respectivamente; se observa que en las dos primeras variedades podemos considerar a sus valores medios como diferentes entre sí (tabla VIII); en cambio podemos considerar que los valores promedios de las cebollas escarolas y amarillas no presentan diferencias significativas (tabla VIII), por lo que es factible suponer que ambas variedades poseen cantidades similares de ácido pirúvico y de azufre total; asimismo, se puede admitir que sus potencias odoríficas son similares.

can que el contenido de azufre total es directamente proporcional al contenido de la Aliina y por consiguiente a sus productos de degradación enzimática; por lo que podemos suponer que en la cebolla el ácido pirúvico se encuentra relacionado con la producción de sulfuros volátiles. La relación azufre : pirúvico (r) en la cebolla, así como la cantidad de ácido pirúvico que aumenta en función del azufre ($P_{f(S)}$) y viceversa ($S_{f(P)}$), se encuentran en la tabla IX. Tenemos pues que, por cada unidad de azufre el ácido pirúvico aumenta en 0.74 y que por cada unidad de pirúvico el azufre aumenta en 1.136.

Si consideramos los valores promedios de las cuatro variedades, la relación directa azufre total : ácido pirúvico es válida para el 78% de los casos ($r = 0.78 \pm .13$), esta relación se puede considerar alta y nos confirma que el pirúvico aumenta a medida que aumenta el azufre total.

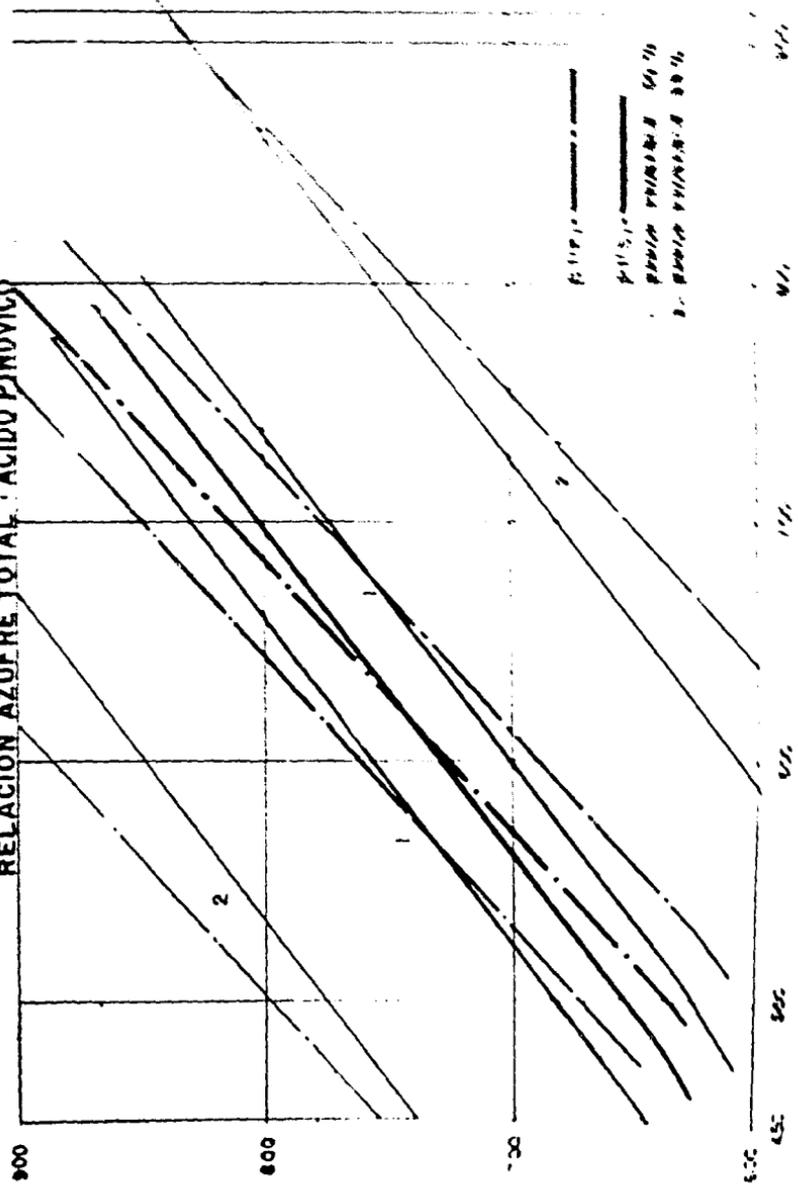
COEFICIENTE DE CORRELACION ACIDO PIRUVICO : AZUFRE TOTAL

TABLA IX

$r = .92 \pm .02$
$P_{f(S)} = 0.74 S + 288.78 \pm 21.93$
$S_{f(P)} = 1.136 P - 225.91 \pm 27.23$

La representación gráfica de estos valores (tabla IX) se encuentra a continuación:

RELACION AZUFRE TOTAL ACIDO PIRUVICO



(17) ACIDO PIRUVICO mg/100g ebollido (base seca)

6) Teniendo en cuenta que la cebolla amarilla es la que posee mayor cantidad de azufre total y de ácido pirúvico, podemos considerar que tiene mayor potencia odorífica. Si le consideramos como 100 su contenido de azufre total y de ácido pirúvico, el contenido relativo de las otras variedades lo encontramos indicado en la tabla X.

**CONCENTRACION RELATIVA DE ACIDO PIRUVICO Y AZUFRE
TOTAL EN RELACION CON LA VARIEDAD DE
CEBOLLA AMARILLA**

TABLA X

Variedades	Azúfre Total	Acido Pirúvico
Amarilla	100	100
Escarola	98.2	95.5
Morada	78.2	82.2
Medio Globo	68.9	78.0

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

1.—Se encontró que en la cebolla a medida que aumenta el contenido de azufre total, aumenta el correspondiente a ácido pirúvico, por lo que podemos suponer que el contenido de ácido pirúvico se encuentra correlacionado con la producción de compuestos volátiles azufrados causantes de su potencia odorífica.

2.—Experimentalmente se comprobó que los métodos propuestos para medir la potencia odorífica del ajo, son de aplicación factible para evaluar la calidad odorífica de la cebolla.

3.—De acuerdo con el análisis estadístico efectuado, podemos considerar que los métodos empleados poseen un error del 4% para el ácido pirúvico y del 5% para el azufre total.

4.—Considerando el contenido de azufre como 100 en la variedad amarilla, que es la que posee mayor cantidad de este elemento, los valores relativos de las otras variedades son los siguientes: escarola 98.2; morada 82.2; medio globo 68.9.

5.—De manera similar el mayor contenido de ácido pirúvico se encuentra en la variedad amarilla. Considerando como 100 este valor numérico, se puede establecer la siguiente relación: cebolla escarola 95.5; morada 82.2; medio globo 78.0.

6.—Los resultados obtenidos en las determinaciones de azufre y de ácido pirúvico, en cebollas de las variedades escarola y amarilla, indican que estas variedades son las de mayor potencia odorífica, siendo similar para ambas.

7.—De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, podemos considerar a la cebolla medio globo como la variedad de cebolla que posee menor potencia odorífica.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

- 1--RENIS, H. E.
Studies on Sulfur Compounds from Onion.
Tesis Purdue University (1957)
- 2--STOLL, A. y SPIER, K. E.
"Advances in Enzymology", Vol. II
Interscience Publishers, Inc. Nueva York (1951).
- 3--JAGER, H.
Quantitative Bestimmung von Allium in frischem Knoblauch.
Arch. Pharm. **288** 145-8 1955
- 4--ALFONSO, N.
Contribución al Estudio de la Calidad de algunas Variedades
de Ajo Mexicano.
Tesis Est. Nac. de Ciencias Químicas UNAM, 1957
- 5--STRASBURGER, E.
"Tratado de Botánica"
Manuel Martí y Cia. Florencia, Barcelona 1953
- 6--DICCIONARIO DE AGRICULTURA
Pág. 574-5
Edit. Publicaciones Herterias, México D. F. 1942.
- 7--ENCICLOPEDIA BRITANICA
Vol. 16 793
Encyclopaedia Britannica, Inc.
- 8--KOHMAN, F.
The Chemical Components of Onion Vapor Responsible for Wound
Healing Qualities.
Science **106** 625-7 (1947)
- 9--WILCOX, E. V.
Modern Farmer's Encyclopedia of Agriculture.
Pág. 152.
Orange Judd Publishing Company, Inc. 1948.

- 10.—ANUARIO ESTADISTICO AGRICOLA Y ALIMENTICIO. Producción 1955.
Vol. IX, Parte I.
Food and Agricultural Organization.
- 11.—ANUARIO ESTADISTICO DE LA REPUBLICA MEXICANA 1950-1956
Secretaría de Economía México D. F.
- 12.—YEARBOOK OF AGRICULTURE 1957.
Pág. 107.
U. S. Department of Agriculture Washington, D. C.
- 13.—MADRUGER, R. y Col.
Descriptions of types of Principal American Varieties of Onions.
U. S. A. Washington, D. C.
Misc. Pub. 435, Sept. 1941.
- 14.—BATE SMITH, E. C.
Advances in Food Research
Vol. 5, 270.
Interscience Publishers, Inc. Nueva York.
- 15.—PLATENIUS, H. y KNOTT, J. E.
Factors Affecting Onion Pungency.
J. Agr. Research, 62 371-9 (1941).
- 16.—SEMMLER, F. W.
Dei Atherische ol der Kuchen-Zwunbel.
Arch. Pharm., 230, 443, 1892.
- 17.—JACOBS, M. B.
The Chemistry and Technology of Food and Food Products.
2a. Ed. Vol. 2, pág. 1212-4.
- 18.—KIRCHNER, J. G.
The Chemistry of Fruit and Vegetable Flavors en
Advances in Food Research Pág. 273.
Academic Press Inc. Publishers. Nueva York 1954.
- 19.—JACOBS M. B.
Composition of Onion Oil
Am. Perfumer Aromat 70, 53-6 1957.
- 20.—CHALLENGER, F. y GREENWOOD, D.
Sulfur Compounds of the Genus Allium. Detection of Propyltiol in
the Onions. The fission and Metilation of Diallyl Disulfide in
Cultures of Scapulariopsis brevicaulis
Biochem. J 44, 87-9 1949 en Chem. Abstr. 44:288 1950
- 21.—NIEGISH, W. D. y STAHL, W. H.
The Onion: Gaseous Emanation Products
Food Technol., 21, 657-9 1956
- 22.—KOHMAN, E. F.
Onion Pungency and Onion Flavor: Their Chemical Determinations.
Food Technol. 6, 288, 1952.

- 23.—RENIS, H. E. y HENZE, R. E.
Cysteine Derivatives in Mature Onion Bulbs.
Food Research **23**, núm. 4, 345, 1958.
- 24.—VILKKI, P.
Chromatographic Studies on the formation of Pyruvic Acid in
Onion Juice.
Suomen Kemistilehti, **27B**, 21, 1954.
- 25.—VIRTAMEN, A. I. y MATIKKALA, E. J.
A new sulfur containing amino acid in Onion.
Suomen Kemistilehti **29B**, 134-5, 1956.
- 26.—PLATENIUS, H. y KNOTT, J. E.
The Pungency of the Onion Bulb as influenced by the Stage of
development of the plant.
Proc. Amm. Soc. Hort. Sci. **33**, 481-3, 1936 en Chem. Abstr. **29** :7389.
- 27.—GORJICCHENKOVA, E. V.
Enzyme in Garlic which form Allylcine "Allynasa a protein
with phosphopyridoxal".
Doklady Akad. Nauk. S.S.S.R. **87**, 457-60, 1952 en Chem Abstr. **47** :4928c,
1953.
- 28.—CAVALLITO, C. J., BAILEY y BUCH, J.
The Antibacterial principle of *Allium sativum*. Its precursor
and "essential oil of Garlic".
J. Amer. Chem. Soc. **67**, 1032, 1945.
- 29.—MORGAN, E. J.
Pyruvic Acid in the Juice of Onion.
Nature **157**, 512, 1946.
- 30.—BENNETT, E.
A note of the presence of Pyruvic Acid in Ebenezer Onion.
Plant Physiol **20**, 461-63, 1945.
- 31.—PLATENIUS, H.
A method for Estimating of Volatil Sulfur in Onions as a Criterion
of Pungency.
J. Agr. Research, **51**, 847, 1935.
- 32.—CURRIER, H. B.
Photometric Estimation of Volatiles Sulfur in Onions as a criterion
of Pungency.
Food Research **10**, 177-86 1945.
- 33.—FEINER, B., BURKE, G. y MOSKOWITZ, S.
Estimations of sulfur compounds in Air.
J. Ind. Hyg. Toxicol, **28**, 276-7, 1946 en
Chem. Abstr. **41** :1577a 1947.

- 34.—FARBER, I.
The Chemical Evaluation of the Pungency of Onion and Garlic by
the Content of Volatile Sulfuric Substances
Food Technology, 11 621, 1957
- 35.—CHAUCHRI, R. S. y RADHAKRISHMAN T. V.
Pungency Relations of Onion and Garlic
J. Sci. Research Bangalore 5 589, 1954 5 cit.
Chem. Abstr. 49 8396d, 1955
- 36.—FOLEY, R. F.
Some Factors Affecting the volatile sulfur content of the Onion,
Allium cepa
Tesis, junio 1955, Cornell University.
- 37.—OROZCO, F.
Análisis Químico Clásico
Imprenta Universitaria, Páa 141, 1944 México
- 38.—STOLL, A. y SEEBECK, E.
Allium Compound II. Enzyme degradation of Alline and the properties
of Allinase
Helv. Chim. Acta 32, 197-205, 1949

LIBROS CONSULTADOS SOBRE ESTADISTICA

DIXON, W. J. y MASSEY, F. J.
Introduction to Statistical Analysis.
McGraw Hill, 1957.

MILLS, F. C.
Métodos Estadísticos
M. Aguilar, Madrid, 1940.

YULE G. U. y KENDALL, M. G.
Introducción a la Estadística Matemática.
M. Aguilar, Madrid, 1947.

FISHER, R. A.
Statistical Methods for Research Workers.
Oliver & Boyd, Edinburgh and London, 1954.

GAVETT, G. I.
Principios de Metodología Estadística.
U.N.A.M., México, 1941.

MANNING, H. P.
The Design of Experiments.
Dover Publications, Inc., Nueva York.

DOCHRAN, W. G. and COX, G. M.
Experimental Designs
2d Edit. John Wiley, New York.

APENDICE

Fórmulas Estadísticas empleadas:

MEDIA ARITMETICA (Promedio) \bar{X}

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{N}$$

VARIANCIA (S^2)

$$S^2 = \frac{\sum_{j=1}^n X_j^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^n X_j\right)^2}{N}}{N - 1}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{j=1}^n X_j^2 - (N) \bar{X}^2}{N - 1}$$

$$S^2 = \frac{\sum (X_j - \bar{X})^2}{N - 1} \text{ en donde } X - \bar{X} = d \quad S^2 = \frac{\sum d^2}{N - 1}$$

DESVIACION ESTANDAR O VARIABILIDAD.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^n X_j\right)^2}{N}}{N - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum d^2}{N - 1}}$$

COEFICIENTE DE VARIABILIDAD.

$$c.v. = \frac{100 S}{\bar{X}}$$

LIMITE DE CONFIANZA PARA LA MEDIA ARITMETICA (μ).

$$\mu = \bar{X} \pm t \alpha \frac{S}{\sqrt{N}}$$

En donde t es un valor tabulado, para cantidades dadas de α (en este trabajo de .99) y para N - 1 grados de libertad.

ANALISIS DE VARIANCA.

	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	de F Estimación
Entre grupos	$\frac{T_i^2}{n_i} - \frac{T^2}{N}$	k-1	S_M^2	$\frac{S_M^2}{S_P^2} = F'$
Dentro de los grupos	$X_j^2 - \frac{T_i^2}{n_i}$	N-k	S_P^2	$-F < F' < +F$
Total	$X_j^2 - \frac{T^2}{N}$	N-1		

En donde F es un valor tabulado, obtenido para (k-1) (N-k) grados de libertad.

PRUEBA "t"

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_P \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad \text{en donde } S_P = \sqrt{\frac{(n-1)S^2 + (n'-1)S'^2}{n + n' - 2}}$$

S_P es la desviación estandar de las dos valores (\bar{X}_1, \bar{X}_2) considerando a cada uno de estos valores como una unidad.

S es la desviación estandar de cada uno de los valores dados.

LIMITE DE CONFIANZA PARA LA DIFERENCIA DE MEDIAS ($\mu_1 - \mu_2$)

$$\mu_1 - \mu_2 = X - \bar{X} \pm t_{\alpha} S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

en donde los valores de t son obtenidos de tablas para un valor dado de α (en este caso .99).

COEFICIENTE DE CORRELACION SIMPLE (r) ENTRE DOS VARIABLES. RELACION EXISTENTE ENTRE DOS VARIABLES.

$$r = \frac{\sum d_x d_y}{NS_x S_y} \pm EP \quad \text{en donde } d (X - \bar{X})$$

$$EP = \pm 0.6745 \frac{1-r^2}{\sqrt{N}} \quad \text{en donde EP es un error probable del 50\%}$$

VALOR DE CADA UNA DE LAS VARIABLES EN RELACION CON LA OTRA VARIABLE

$$X - \bar{X} = r \frac{S_x}{S_y} (Y - \bar{Y}) \pm EP_x$$

$$Y - \bar{Y} = r \frac{S_y}{S_x} (X - \bar{X}) \pm EP_y$$

En donde EP es un error probable del 50%.

$$EP_x = \pm 0.6745 S_x \sqrt{1-r^2}$$

$$EP_y = \pm 0.6745 S_y \sqrt{1-r^2}$$

Si consideramos un error probable del 99% tenemos que:

$$EP_x = \pm S_x .3 \sqrt{1-r^2}$$

$$EP_y = \pm S_y .3 \sqrt{1-r^2}$$