

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS



**APLICACIÓN DE LASER DE BAJA INTENSIDAD A TUBÉRCULO SEMILLA DE
PAPA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD NUTRITACIONAL**

Por:

Nohemi Euan Hernández

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

DICIEMBRE DE 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

**APLICACIÓN DE LASER DE BAJA INTENSIDAD A TUBÉRCULO SEMILLA DE
PAPA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD NUTRITACIONAL**

POR:

Nohemi Euan Hernández

TESIS

Que se somete a consideración del H. jurado examinador como requisito parcial para
obtener el título de: Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Aprobada por:

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara
Presidente del jurado

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Sinodal

M.C. Saret Alonso Corona

Sinodal

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Dr. Ramón F. García Castillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre de 2006.

AGRADECIMIENTOS

A MI ALMA TERRA MATER

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme dado la oportunidad de recibir los conocimientos necesarios para mi formación profesional y darme el derecho de luchar por ser mejor en el mundo.

Al Departamento de Nutrición y Alimentos, así como a los profesores que lo integran, por el interés y las atenciones mostradas durante mi formación.

A los profesores que contribuyeron en desarrollo de la presente investigación, mil gracias.

A la Lic. Laura Olivia Fuentes Lara, por todo el apoyo, dedicación para la realización de este trabajo de tesis.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza, por todas sus atenciones y disponibilidad de tiempo.

*Al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, **CINVESTAV-México**, D.F. Sección de Estudios de Postgrado e Investigación, **ESIME-ZACATENCO**. Por el apoyo brindado para la realización de este trabajo de investigación, pero en especial a la **Dra. Claudia Hernández Aguilar**.*

*A la **M.C. Saret Alonso corona**, por el apoyo brindado durante la realización de esta tesis.*

*Al **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** por apoyo en la realización de el análisis bromatológico.*

DEDICATORIA

Este logro estuvo lleno de contratiempos, esfuerzos y sacrificios. Fueron bastantes los obstáculos y los deseos de desistir en el camino. Pero fueron muchas las personas que estuvieron siempre ahí para darme la mano y apoyarme, para darme aliento y motivarme a seguir adelante.

Primeramente dedico:

A mi Señor, Jesús, todopoderoso quien me dio la fe, la salud, la esperanza para terminar este trabajo, la fuerza de vivir día a día, por permitirme alcanzar este sueño tan deseado, por guiarme en este duro camino de la vida, y por darme el honor de brindarles a mis padres.

A mis padres, Lidia Hernández y Wilber Aricell les dedico este trabajo, los cuales les debo la vida, a ellos que merecen todo y han recibido tan poco, esto es para ustedes, con todo mi amor, que con sus sacrificios y oraciones me han llevado hasta donde estoy ahora, por haberme cuidado en el nido y enseñado a volar, porque me enseñaron desde pequeña, a luchar para alcanzar mis metas. Mi triunfo es de ustedes, ilos amo!

A mis hermanos, Wilber, Caleb, Ruth Abigail, Abimael, que me han llenan de afecto y ayuda, que nunca dudaron que lograría este triunfo.

A mi esposo, Rene Mario Islas Aparicio quien me brindó su amor, su cariño, comprensión, su estímulo y su apoyo constante, por saber entenderme y soportarme en mis momentos de angustia y desespero, por estar siempre

dispuesto a ayudarme, por estar conmigo en aquellos momentos en que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo.

A todos mis compañeros y amigos de Generación.

En especial a Enoc, Hilada, Clarybel, Gabriela Ovando, Irma, Gamaliel, Luís Alberto, Marco Polo, por su amistad, cariño, por animarme a salir adelante y que cuando me veían en la duda, me daban ese empujoncito extra para seguir adelante.

A Lupita, Nuyen, Nuvia, Lorena, Perla, Dodany, Iris. Lizbeth, Luz, Roberto Carlos, Sagrario, Ezequiel, Emmanuel, Sarahi, Bres, Rosa Maria, Gladys, Conrrado.,

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE GRAFICAS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación	3
Hipótesis.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Origen de la patata.....	5
Clasificación taxonómica.....	5
Descripción botánica	6
Producción mundial	8
Producción nacional	9
Importancia económica.....	9
Valor nutritivo de la papa.....	10
Estructura y composición química del tubérculo	11
Calidad culinaria y tecnológica de la papa.....	18
¿Que es un láser?.....	20
Láser de Helio-Neón	22
Estado actual de la investigación	23
MATERIALES Y METODOS	24
Localización geográfica.....	24
Material vegetativo.....	24
Material de campo.....	24

Material y equipo de laboratorio.....	25
Diseño experimental.....	26
Descripción de tratamientos.....	26
Variables a evaluar.....	27
Biomasa	28
Peso fresco de tubérculos.....	28
Numero de tubérculos por tratamiento	28
Análisis bromatológico	28
Determinación de humedad.....	28
Determinación de cenizas	29
Determinación de proteínas.....	29
Determinación de grasa total.....	30
Determinación de fibra cruda.....	30
Determinación de minerales en tubérculo de papa.....	30
Determinación de almidón	31
Determinación de azúcares totales.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
Biomasa	32
Peso fresco de tubérculos.....	34
Numero de tubérculos	35
Análisis bromatológico	37
Ceniza	37
Humedad	38
Proteína	38
Grasa	39
Fibra cruda.....	40
Almidón	41
Azúcares totales.....	42
Determinación de minerales	44
CONCLUSIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46

Índice de Cuadros

Cuadro 1.	Clasificación taxonómica de la papa.....	6
Cuadro 2.	La Composición química del Tubérculo va a depender de la forma de consumo	12
Cuadro 3.	Rango de composición y cantidades en papa fresca recién cosechadas.....	13
Cuadro 4.	Contenido de Almidón y Azúcares en papa fresca recién cosechada.....	17
Cuadro 5.	Características del Laser He-Ne	23
Cuadro 6	Material y equipo de laboratorio utilizado...	25
Cuadro 7.	Reactivos utilizados para el análisis bromatológico...	25
Cuadro 8.	Descripción de Tratamientos.....	27
Cuadro 9.	Concentración de medias por tratamientos para el primer muestreo en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.....	33
Cuadro 9.1	Concentración de medias por tratamientos para el segundo muestreo en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.....	34
Cuadro 10.	Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.	35
Cuadro 10.1.	Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.	36
Cuadro 11.	Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.	37
Cuadro 11.1.	Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.	38
Cuadro 11.2.	Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.	39
Cuadro 11.3.	Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.	40
Cuadro 11.4.	Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.	41
Cuadro 11.5.	Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.	42
Cuadro 11.6.	Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.	43
Cuadro 11.7	Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L</i>) irradiadas con láser de baja intensidad.	44

Índice de Figuras

Figura 1.	Morfología del Tubérculo.....	8
Figura 2.1	Principales países productores de papa.....	8
Figura 2.2	Distribución de principales componentes de la papa.....	11
Figura 3.	Rayo láser	21
Figura 4.	Aplicación de rayos láser He-Ne a semillas de maíz.....	24

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en un macrotunel en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. El objetivo fue determinar si la irradiación del tubérculo semilla con un láser de baja intensidad modifica la calidad nutricional de los tubérculos cosechados.

Se aplicó un tratamiento de irradiación con un láser He-Ne ($\lambda=650$ nm, 27.4 mW de potencia) por 6 tiempos, 0, 30, 45, 60, 90 y 120 segundos. Posteriormente a la irradiación, las semillas fueron sembradas a temperatura ambiente en el invernadero.

Se evaluaron 11 tratamientos irradiados a diferentes tiempos cinco en yema y cinco en superficie de la yema y un testigo.

El diseño utilizado fue completamente al azar con 3 repeticiones por tratamiento.

Para el muestreo se escogieron dos plantas por tratamiento, y se llevaron a analizar, en las plántulas de papa se determinó la biomasa y en tubérculos se determinó peso y número de tubérculos por tratamiento posteriormente se le hizo un análisis bromatológico.

En relación con la biomasa desde el punto estadístico si se observaron diferencias significativas entre el primer muestreo y el segundo se mantuvo la tendencia de presentar mayor biomasa en las plantas irradiadas siendo el de 30 segundos el mejor tratamiento. En cuanto al peso fresco también hubo diferencias significativas entre los tratamientos de irradiación y el testigo además de que si hubo diferencia significativa entre la irradiación en las yemas y en la superficie entre yemas presentándose un contraste entre el tiempo de 60 segundos y el de 30 segundos presentando este último el peso más bajo. Con respecto al análisis bromatológico para cenizas indico una diferencia significativa entre el testigo y el

tiempo de irradiación de 90 segundos; para humedad el mejor fue el testigo; para proteína cruda el tiempo de irradiación de 60 segundos; para grasa el tiempo de irradiación de 90 segundos; para fibra cruda el tiempo de irradiación de 120 segundos; para almidón el tiempo de irradiación de 90 y 120 segundos; para minerales no hubo diferencias significativas; para azúcares totales presento diferencia significativa siendo el de 90 segundos el mejor tratamiento con 0.16% mientras que el testigo fue de 0.76%.

INTRODUCCIÓN

La industria transformadora, receptora de la materia prima (tubérculos) es quien en definitiva viene a imponer a los productores (Sector primario) el tipo de género (cultivar, modo de cultivo, etc.) que desea adquirir para su transformación en un producto final que venga a cubrir las necesidades que le exige el consumidor. Una de las mejores inversiones para todos los sectores de la empresa agroalimentaria es la mejora de la calidad, ya que además de no requerir muchos recursos, permite obtener grandes recompensas comerciales. Por otra parte, la falta de calidad sí que ocasiona elevados costos y limita en gran medida la competitividad.

El tubérculo de patata es una de las hortalizas en que el concepto de calidad ha tardado más en introducirse, quizá por tratarse de un producto de relativo bajo precio; hasta hace pocos años, la preocupación del agricultor se centraba en conseguir las mayores producciones mientras que el consumidor se limitaba a adquirir lo que le ofrecía el mercado sin reparar en calidad.

Esto comenzó a cambiar cuando las industrias de productos elaborados de patata (patatas fritas tipo inglés y francés, congelado, fécula, etc.) cobraron importancia en España, ya que para elaborar estos productos no todas los cultivares servían ni proporcionaban la misma calidad. Todo ello obligó a los industriales a exigir a los agricultores que produjeran cultivares determinados, y además con unos requisitos y calidad que les garantizasen obtener productos.

Uno de los mayores limitantes que enfrenta la industria de procesamiento es el no poder contar con una oferta de materia prima en cantidades suficientes y oportunas y de la calidad necesaria, hecho que introduce frecuentemente ineficiencias y sobre costos en el proceso. En épocas de escasez como ya se mencionó, el precio de la papa presenta grandes incrementos con respecto a la época de mayor oferta, viéndose incluso obligada frecuentemente la industria, a pesar de la capacidad de almacenamiento que posee a usar en estas épocas producto de menor calidad (que no cumple con los estándares mínimos exigidos para un adecuado procesamiento).

La mayor limitación que enfrenta actualmente la industria de procesamiento de la papa en el país, es la no existencia y disponibilidad de variedades que tengan las calidades externa e interna exigida por ésta.

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación pretende determinar si la irradiación de las semillas-tubérculo de Papa con un láser de baja intensidad mejora la calidad nutricional, el crecimiento. Así mismo ver los efectos de la irradiación sobre los brotes aplicando 2 tratamientos una irradiando en Yema y en superficie de la yema aplicando una intensidad de (0.3 J m^3) utilizando un láser de He-Ne (650 nm, 27.4 mW de potencia) aplicando diferentes tiempos (0, 30, 45, 60, 90, 120 segundos)

Existe muy poca investigación sobre los efectos en la utilización de láseres de baja intensidad y hasta el momento no se dispone de información acerca de la aplicación de la irradiación con un láser de baja intensidad en plantas. Por otra parte, no existe información acerca de cómo es modificada la anatomía y morfología de plántulas o semillas irradiadas.

De resultar efectiva la aplicación de la irradiación en semillas esta tecnología puede potencialmente convertirse en una alternativa económica para la aplicación a diferentes especies. Por lo que el presente trabajo se planteó con los siguientes objetivos.

HIPOTESIS

La irradiación con láseres de baja intensidad en los tubérculos de papa modificara el crecimiento de la planta y la calidad de la cosecha.

OBJETIVO GENERAL

Analizar el efecto de la irradiación con láseres de baja intensidad en tubérculo semilla de papa.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar si la irradiación con un láser de baja intensidad modifica la calidad nutricional del tubérculo producido por la planta.
2. Determinar si el tiempo de exposición y la potencia del láser influye sobre el crecimiento.
3. Determinar si influye en la calidad nutricional el irradiar la yema o el resto de la superficie del tubérculo.

REVISIÓN DE LITERATURA

ORIGEN DE LA PATATA

Gran parte de los investigadores están de acuerdo que el origen de la papa (*solanum tuberosum*) es la zona andina que comprende los países de Perú, Ecuador, Bolivia y las costas e islas del sur de Chile (Harris, 1970; Douglas, 1992).

Este tubérculo recibió el nombre de Papolt por parte de los Nahoas y actualmente es conocida como papa y menos frecuente como patata.

Sin embargo Cepeda y Gallegos (2003) indican que el centro de origen de la papa es de los altiplanos de América del sur, mas precisamente en el área comprendida entre el Cuzco y los alrededores del lago Titicaca; extendiéndose hacia Bolivia, Chile, Argentina y por el norte a Ecuador, Venezuela, Centro América y México. Así mismo también se menciona que México es uno de los centros de Origen del cultivo, ya que desde hace mucho tiempo, los nativos consumían papa en forma silvestre, su domesticación se remota hacia el año 2000 a. C.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Báez (1993) y Mier (1986), ubican al cultivo de la papa dentro de los siguientes niveles taxonómicos.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la papa.

NOMBRE COMUN	Papa
NOMBRE CIENTIFICO	Solanum tuberosum
REINO	Vegetal
DIVISION	Spermatophyta
TIPO	Angiospermae
CLASE	Dicotyledoneae
SUBCLASE	Gamopétala
ORDEN	Tubiflorae
FAMILIA	Solanaceae
GENERO	Solanum
SUBGENERO	Pachystrum
ESPECIE	Tuberosum

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La papa es una planta dicotiledónea herbácea anual, que pertenece a la familia de la Solanáceas; potencialmente es una planta perenne debido a su capacidad de reproducirse vegetativamente por medio de tubérculos.

Esta planta está compuesta por una parte aérea, que crece sobre el suelo, en la que destacan tallos, hojas, flores y frutos. La otra que crece subterráneamente corresponde a papa-madre (tubérculo-semilla), estolones, tubérculos y raíces.

El fruto de la papa es una baya de forma redonda, alargada, ovalada o cónica de 15 a 30 mm de diámetro, color verde (inmadura y verde amarillento (madura). Las plantas nacidas de semilla y de tubérculo, no son idénticas. Cepeda y Gallegos, (2003).

Tubérculos

Morfológicamente el tubérculo es un tallo subterráneo, acortado engrosado y provisto de yemas u ojos en las axilas de sus hojas escamosas. En cada ojo, existen normalmente 3 yemas, aunque en ocasiones pueden ser más. Una yema es, en consecuencia, una rama lateral del tallo subterráneo con entrenudos no desarrollados y todo el tubérculo un sistema morfológico ramificado y no una simple rama.

Los ojos se concentran con mayor frecuencia hacia el extremo distal (corona o roseta), siendo a la vez más profundos en esta región.

Las yemas de esta región normalmente se desarrollan primero. Cuando la yema apical es removida o muerta, otras yemas son estimuladas a desarrollar. Cada ojo es capaz de producir un infinito número de brotes, dependiendo del tamaño del tubérculo y de la reserva de hidratos de carbono (fig.1).

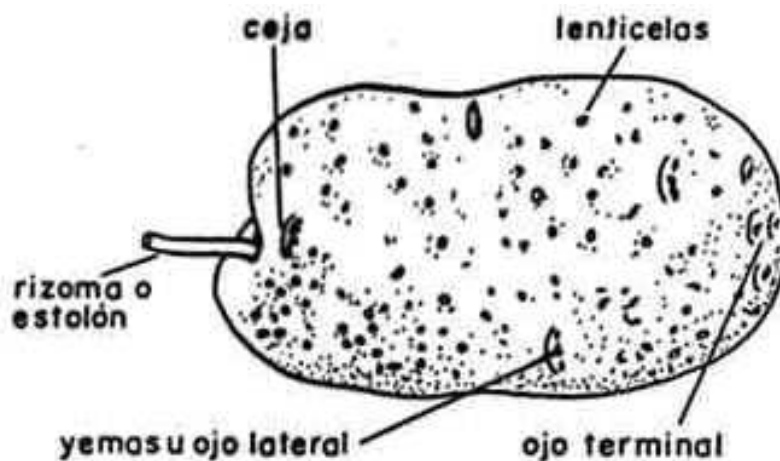
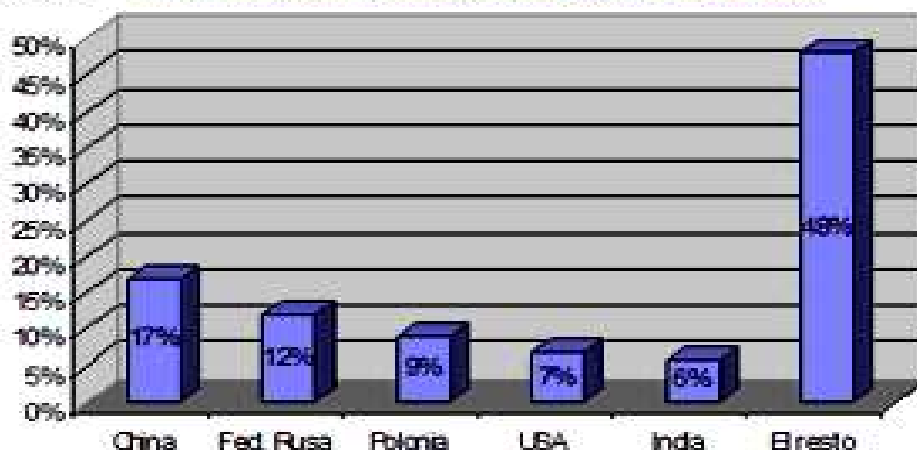


Fig.1 Morfología del tubérculo

PRODUCCIÓN MUNDIAL

Figura 2.1. Principales países productores de papa en el mundo



Con cerca de 300 millones de toneladas, la patata es la cuarta producción mundial después del trigo, el maíz y el arroz, según la FAO. El mayor productor de papa en el mundo es China con el 17% de la producción mundial seguido de la Federación Rusa (12.3%), Polonia (9.1%), Estados Unidos (7.1%) e India (6.4%).

Pese a que la papa es un producto originario de América, la principal zona productora no está en el continente americano, pues está conformada por países asiáticos y europeos.

Según datos de la FAO y de la ONU, en los últimos diez años (1992-2001) la producción mundial de papa registró un incremento del 11 por ciento, al pasar de 277 millones de toneladas en 1992 a 308 millones en 2001. (Claridades Agropecuarias, 2003).

PRODUCCIÓN NACIONAL

Actualmente en México se siembran alrededor de 67 mil hectáreas de las cuales se obtiene una producción aproximada de 1 millón 350 mil toneladas, mismas que permiten satisfacer las demandas del consumo interno.

En nuestro país, la papa ocupa el cuarto lugar en importancia, superado únicamente por los básicos (maíz, frijol, arroz y trigo), entre las hortalizas solo los cultivos de jitomate y chile verde ocupan una mayor superficie, en cuanto a la producción solo es superado por el jitomate (Claridades agropecuarias, 2003).

IMPORTANCIA ECONOMICA

La papa es muy consumida en el mundo y es el alimento básico de muchos países por su riqueza nutrimental. Es la segunda hortaliza más consumida en México después del jitomate. Se cosechan 1, 300,000 toneladas de papa en México. Hay tres mercados posibles para la papa: el mercado en fresco que abarca la mayor parte de la producción de papa del país; el 30% para uso industrial (fécula, almidón, harina, puré, frituras) y para semilla. (CONAPAPA, 1995).

VALOR NUTRITIVO DE LA PAPA

La patata es un tubérculo cuyo valor nutritivo ha subestimado. La mayoría de la gente la considera como un alimento nutritivamente pobre. Esto es completamente falso ya que aporta más nutrientes que energía al organismo.

Resumiendo, la papa es:

- a) Una fuente de vitaminas, proveyendo cerca del 40% de la dosis diaria recomendada para la vitamina C. También contiene vitaminas del complejo B.
- b) Rica en algunos minerales, como el potasio.
- c) Una fuente de fenoles, compuestos que pueden tener un papel importante en la salud.
- d) Virtualmente libre de grasas.
- e) Casi libre de azúcares solubles, inferiores al 0.1% del peso fresco ideal para la producción de hojuelas y más alto del 0.33% es inaceptable (Moreno, 2000).
- f) De baja densidad energética; la patata “llena” con muy pocas calorías. Una toma diaria de 150-300 g de patata proporciona solo entre el 4% y el 8% de las calorías requeridas por un adulto.
- g) Rápidamente digerible.
- h) Una fuente de proteína de alta calidad, aunque sea deficiente en metionina, aminoácido esencial.

ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TUBÉRCULO

El tubérculo es aproximadamente 2% de cáscara, 75-85 % de parénquima vascular de almacenamiento y 14-20% de medular. El tubérculo de papa es un producto alto en humedad.

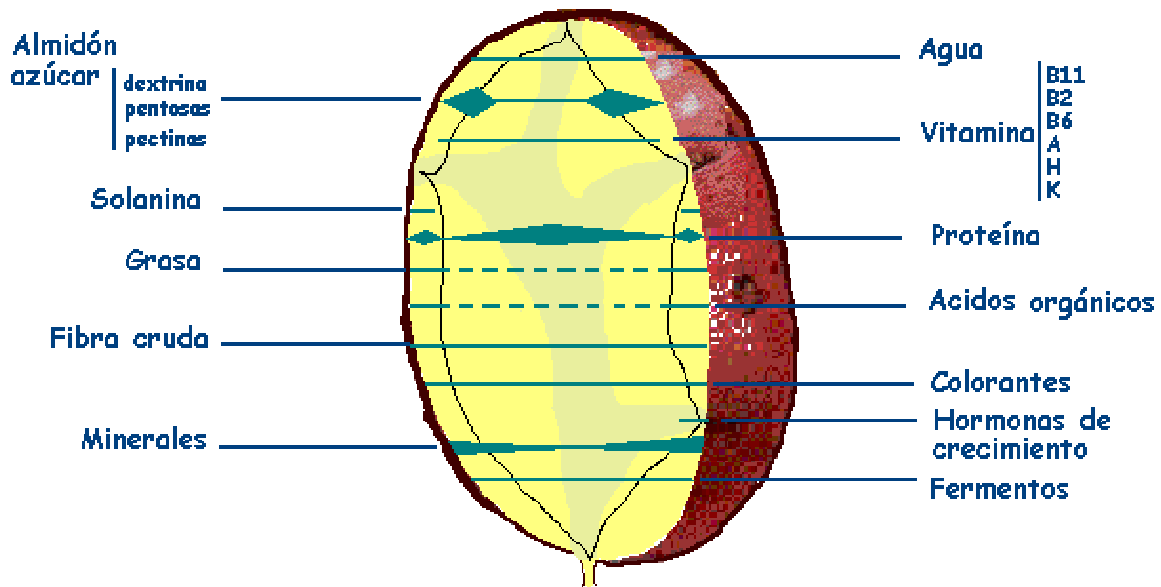


Figura 2.2. Distribución de principales componentes de la papa

El tubérculo de patata contiene alrededor de las tres cuartas partes de su peso de agua, una pequeña cantidad de sustancias nitrogenadas y muy poca de lípidos. Su composición media se indica en el cuadro 2.

Cuadro No.2 La Composición química del Tubérculo va a depender de la forma de consumo (Requejo y Ortega, 1996)

Componentes	Rango (%)	Media
Agua	63.2-86.9	75.05
Sólidos totales	13.1-36.8	23.7
Proteína(Nitrógeno Total + 6.25)	0.7-4.6	2
Glicoalcaloides (Solanina)	0.2-41	3-10mg/100gr
Grasa	0.02 - 0.20	0.12
Azúcares Reductores	0.0 - 5.0	0.3
Total carbohidratos	13.3 – 30.53	21.9
Fibra Cruda	0.17-3.48	0.71
Acidos Organicos	0.4 – 1.0	0.6
ceniza	0.44 – 1.9	1.1
Vitamina C	1- 54 mg/100gr	

Proteína

El tubérculo de papa contiene 1-2% de nitrógeno total en el producto seco; del cual un medio o un tercio esta presente como proteína (N x 6.25). Las proteínas de la papa son casi exclusivamente globulinas (tuberínas), Tulburt y Smith, (1959) y Lang (1957), indico que el tubérculo de papa es bajo en metionina y cistina y alrededor del 2.0% del peso de la materia fresca esta esencialmente constituida por proteínas, aminoácidos libres y bases nitrogenadas.

Fibra

El contenido en fibra de las variedades de papa tiene valores que fluctúan de 1–10% con un valor normal aproximado de 2-4% materia seca (MS). Bajo la

denominación de fibra se incluye; fibra cruda, celulosa, hemicelulosa y sustancias pécticas, (Burton, 1996)

Minerales

Las cenizas del tubérculo representan el 4-6% del peso de la materia seca y están constituidos por una veintena de elementos minerales, siendo el potasio el dominante. (Lampitt y Goldenberg, 1940).

El tubérculo de papa contiene los siguientes minerales; k, Na, Mg, Ca, Fe, P, Al, Cl, Mn, S, Co, Y, todos en muy pequeñas cantidades, J. Agustín, (1977).

Cuadro 3. Rango de composición y cantidades en papa fresca recién cosechada

	Por 150 g de papa fresca
Sodio, g	0.003-0.025
Potasio, g	0.306-1.352
Calcio, g	0.0039-0.0252
Magnesio, g	0.026-0.365
Fósforo, g	0.047-0.098
Hierro, mg	0.414-2.106
Zinc, mg	0.470-0.696
Cobre, mg	0.131-0.492
Yodo, mg	0.015-0.053
Manganes, mg	0.215-1.047
Molibdeno, mg	0.011-0.279
Selenio, mg	0.003-0.018
Aluminio, mg	0.452-1.370
Boro, mg	0.138-0.254

Vitaminas

La patata contiene la mayor parte de las vitaminas hidrosolubles. Encierra una cantidad no despreciable de vitamina B1 y se caracteriza sobre todo por su riqueza en vitamina C, regular en niacina y tiamina, y baja en vitamina A y Riboflavina.

Dentro de las vitaminas del complejo B destacan la tiamina y el ácido nicotínico observándose concentraciones solo comparables a las de los cereales integrales.

Sus contenidos en vitaminas disminuyen durante la conservación y se pierden con la cocción (Lampitt y Goldenberg, 1940).

Lípidos

Los lípidos están presentes en pequeñas cantidades en la papa, pero plantean problemas técnicos para la transformación en copos en las industrias alimentarias, a causa de la parte relativamente importante de los ácidos grasos insaturados que contienen:

- a) 35% de fosfolípidos (inositol-colina y glicerol – fosfatidilo)
- b) 40% de glicolípidos (galactosilgliceridos, esterilglucosidos)
- c) 25% de lípidos neutros (glicéridos, esteroides y parafinas)

El contenido de ácidos grasos totales disminuye durante el ciclo vegetativo (Cherif y Ben Abdelkader. 1970; Cherif, 1973) y luego aumenta durante la conservación.

Según la fase fisiológica y la variedad, la proporción de ácidos grasos insaturados de la pulpa varía entre 60% y el 78% de los ácidos grasos totales. Su

distribución en el tubérculo es heterogénea; la piel contiene más pulpa y se caracteriza por un contenido elevado en ácido linolénico.

Carotenoides

Estos pigmentos son directamente responsables de la coloración amarillenta de la piel y de la carne de los tubérculos. Su concentración varía entre 14 y 343 µg por 100g de peso fresco en la carne (Lampitt y Goldenberg, 1940). Pueden oxidarse (por ejemplo, violaxantina) y producir la formación de epóxido y de ionona, sustancias responsables de los malos sabores, así como una atenuación del color de los productos transformados (copos y patatas al vacío).

Carbohidratos

Los carbohidratos de la papa incluyen almidón, celulosa, glucosa, sacarosa y pectinas. Los almidones de la papa son amilasa y amilopectina en la proporción de 1:3, según Talburt y Smith (1959).

- **Glucidos**

Representan la parte más importante de la materia seca que está constituida en sus tres cuartas partes por almidón (fécula). Esta sustancia de reserva se forma en el tubérculo a partir de la sacarosa elaborada por el follaje como consecuencia de la fotosíntesis pero puede ser convertida en glucosa bajo la acción de diferentes enzimas.

En el tubérculo hay un equilibrio almidón/azúcares solubles (sacarosa, glucosa, fructuosa) variable durante el ciclo vegetal y en el periodo de conservación. Los

demás constituyen glucídicos importantes que son la celulosa y las sustancias pépticas (Burton, 1989).

- **Almidón**

El almidón de la papa está compuesto en un 99% de dos constituyentes teniendo a la D-glucosa como elemento base; 21-25% de amilasa y 75-79% de amilopectina.

El almidón se encuentra en las células del tubérculo bajo la forma de gránulos de forma ovoidal estriada con una longitud que varía entre 5 μm y 50 μm . Su tamaño varía según variedades, el estado de madurez del tubérculo y las condiciones del medio. El almidón de la papa tiene un poder de hinchamiento y una viscosidad elevada.

Lo que más se valora de la papa es el almidón, porque con este almidón se hace el papel, se elaboran los textiles, pegamentos, alcohol y varios alimentos. Por ejemplo la bebida más popular en Rusia; el vodka se hace con mucha papa (Badui, 1986; Santos, 1995).

La influencia del almidón en la calidad del producto apenas se está conociendo, presentándose discusiones si la calidad y su contenido en el tubérculo influye en la textura de los productos elaborados. GARCIA, B. Hugo (2002) en estudios realizados en diferentes variedades de papa el promedio de almidón fue analizado por 2 métodos; extracción y enzimático reporto los siguientes datos en el cuadro 5 donde se observa un promedio de 13 – 17 % de almidón.

Cuadro 4. Contenido de Almidon y Azucres en papa fresca recién cosechada.

VARIEDAD	TAMAÑO	PROM. Rendimiento extracción (%)	PROM.ALM ENZIMÁTICO (%)	PROM. (%) A. totales	PROM. (%) A. reductores
CAPIRO	0	13,21	15,30	0,24	0,21
	1	10,81	12,13	0,17	0,12
	2	15,88	11,00	0,19	0,15
	3	15,18	10,30	0,20	0,05
PASTUSA	0	14,88	13,48	0,24	0,13
	1	17,06	13,58	0,21	0,17
	2	16,98	15,18	0,13	0,05
	3	14,76	13,44	0,15	0,06
MONSERRATE	0	16,58	17,25	0,19	0,11
	1	17,79	20,02	0,19	0,16
	2	17,71	14,20	0,17	0,13
	3	15,89	12,08	0,22	0,17
MILENIA	0	11,50	9,89	0,18	0,14
	1	12,68	11,14	0,21	0,16
	2	12,01	10,49	0,25	0,20
	3	10,64	9,21	0,35	0,23
CRIOILLA	1	13,78	12,62	0,12	0,02
	2	13,72	10,76	0,11	0,05
	3	12,94	14,05	0,12	0,05

Las exigencias de la industria procesadora por variedades con alto contenido en almidón son consecuencia fundamental de su aplicación en industrias productoras de almidón, o por su relación directa con el contenido en materia seca (60% - 80% de la materia seca es almidón). Moreno (2000)

- **Azúcares**

Los azúcares de la patata está influenciado por muchos factores: la variedad, el grado de madurez de los tubérculos, la fertilización, la conservación.

Se encuentran en mayor cantidad en la parte del talón que en la corona y al nivel del haz vascular y de la médula más que en la periferia del tubérculo, son

esencialmente la sacarosa. Asimismo, se encuentran trazas de maltosa, xilosa, rafinosa, melibiosa y melecitosa.

- Los azúcares totales incluyen los no reductores (disacáridos como sacarosa)
- Los azúcares reductores (monosacáridos como glucosa y fructosa); mientras que los azúcares libres son los mismos reductores. Estos dos tipos de azúcares son los que están presentes en el tubérculo cosechado junto con el almidón

Los azúcares reductores pueden reaccionar con los aminoácidos durante la deshidratación, la esterilización o la fritura dando alteraciones de color perjudicial para la presentación de los productos terminados. Ese fenómeno se conoce como reacción de Maillard. Si el contenido en azúcares reductores es alto, aparece un producto con color marrón oscuro y sabor amargo. Por eso, la industria requiere de variedades con bajos contenidos en azúcares reductores: inferiores al 0.1% del peso fresco es ideal para la producción de hojuelas y más alto de 0.33% es inaceptable. Moreno, (2000)

CALIDAD CULINARIA Y TECNOLÓGICA DE LA PAPA

La calidad de la papa es un conjunto de características percibidas como favorables por el consumidor. Solamente puede ser definida en relación con el destino y utilización de la cosecha.

Las principales características incluidas con el termino calidad son; las propiedades sensoriales, es decir, por orden cronológico de juicio, la apariencia (forma, color, presencia de defectos) destacada visualmente, la fragancia (aroma, sabor) destacada por el olfato y el gusto y la textura (resistencia, consistencia a la

masticación, etc.). Dichos factores juegan un papel en lo que se refiere a la adquisición o a la apetencia del producto.

Así mismo la calidad supone la sanidad, es decir la ausencia de cualquier acción tóxica como limitación en los contenidos de sustancias naturales indeseables (nitratos y glicoalcaloides), respecto de los límites máximos de residuos de productos farmacéuticos, así, como el valor nutritivo, es decir la composición en términos de contenido en calorías, proteínas, aminoácidos indispensables, vitaminas, sales minerales, oligoelementos, Esos diferentes aspectos están en estrecha relación con la composición química del tubérculo, determinada por la variedad, las condiciones climáticas y las técnicas de producción y de conservación (Crosnier y Montigny, 1981).

Cualquiera que sea el tipo de utilización, los tubérculos deben ser de forma regular, de calibre y madurez homogénea, libre de enverdecimiento, de grietas, de daños mecánicos y defectos internos (corazón hueco, manchas de roya, haces vasculares colorados y ennegrecimiento interno). Para consumir en condiciones satisfactorias, los consumidores así como los comerciantes y distribuidores buscan cada vez más papas de piel y de color claro, libres de alteraciones superficiales (sarna, etc.) PINEDA, Ramón (2000).

Hay que distinguir entre la calidad interna y externa en la papa para la elaboración de los productos de mayor consumo. Ambos factores van a tener una influencia decisiva en la capacidad de elaboración de un producto y en la economía de la producción.

La calidad externa de la papa viene determinada por el tipo de variedad y por las influencias del ambiente. Principalmente, las características influidas por las condiciones ambientales son: verdeamiento del tubérculo (color verde de la piel), tubérculos deformados, deterioro, agujeros y corazón hueco de los tubérculos, pudriciones y rajaduras por sequía. Las características influidas por la variedad entre otras son: profundidad de los ojos, color de la piel y carne, forma y tamaño del tubérculo y producción. Otro factor importante en la calidad externa es la clasificación de tubérculos en función del producto que se vaya elaborar con la papa.

La calidad interna esta determinada por la composición química de la papa, que es uno de los factores más utilizados para la clasificación y compra de variedades para la elaboración de diferentes productos de papa.

Los componentes más significativos para la industria de procesamiento son los altos contenidos de almidón y materia seca. Otros componentes que influyen directamente en la calidad y clasificación de variedades para diferentes procesos industriales son: glucosa, fructosa y sacarosa. Son los azúcares más importantes y los que se encuentran en mayor cantidad en la carne del tubérculo. Moreno (2000)

¿QUE ES UN LÁSER?

El término LASER es acrónimo de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificación de Luz por medio de emisión estimulada de radiación). Un láser es un dispositivo que produce un haz coherente de radiación óptica por medio de la transición energética de electrones, iones o moléculas hacia estados metaestables utilizando luz, descargas eléctricas u otros estímulos. La transición del estado metaestable hacia el estado basal normal es acompañada por la emisión de

fotones que forman un haz coherente. La aplicación de láseres de alta intensidad es común en la electrónica, comunicaciones y cirugía.

Los láseres tienen además una apertura de haz muy pequeña que hace que se lo pueda utilizar como un "pincel" a la distancia. Moviéndolo convenientemente mediante espejos.

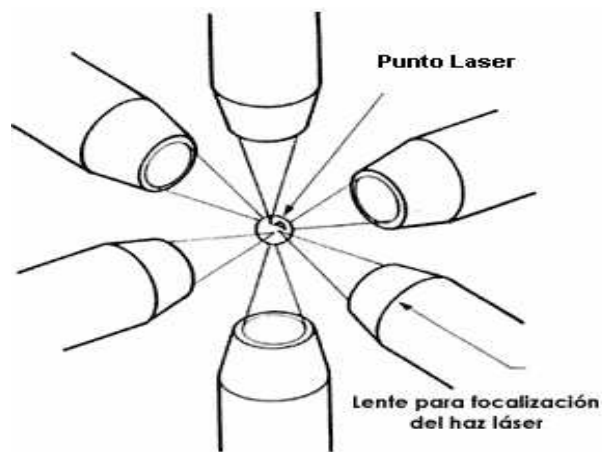


Figura 3. Rayo Laser

Clasificación de los láseres

Los láseres se ordenan de varias maneras según la frecuencia:

- El rango infrarrojo.
- El rango ultravioleta.
- Rango de luz visible.
- Rayos X de los láseres.
- Los láseres del microondas (MASER)

Según la apariencia del haz:

- Pulsos
- Los láseres de ondas continuas

Los más utilizados son:

- El de baja potencia de Helio Neón.
- El de alta potencia: Argón (Verde; azul y cian), Kriptón (Rojo), Argón Kriptón (Full-color), Nd-Yg doblado (Verde), Vapor de Cobre (verde, amarillo).

Para la presente investigación nos interesa el Láser de baja intensidad o baja potencia el Láser Helio Neón.

LÁSER DE HELIO-NEÓN

El láser de helio-neón fue el primer láser de gas que se construyó. Actualmente sigue siendo muy útil y se emplea con mucha frecuencia. Los centros activos de este láser son los átomos de neón, pero la excitación de éstos se realiza a través de los átomos de helio. Una mezcla típica de He-Ne para estos láseres contiene siete partes de helio por una parte de neón.

El **láser** de **helio-neón** es conocido por su estabilidad de frecuencia alta, de pureza de color, y haz de propagación mínimo.

Características espectrales del helio-neón

Generalmente estos láseres operan a una longitud de onda de $0.6328\mu\text{m}$, y las potencias típicas de salida son de 1 a 50 mW de potencia continua.

Cuadro 5. Características del Laser He-Ne					
Sistema	Elemento activo	Región espectral o color	Forma de operación	Potencia típica	Longitud de onda
He-Ne	neón	rojo	continua	10 – 35 mW	<u>1.523μ</u> , 3.39μ, <u>632.8 nm</u> , 611.9 nm , 594.1 nm, 543.5 nm

Estos láseres se construyen con un tubo de vidrio con dos electrodos internos para mantener una descarga eléctrica a través del gas.

ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

(G. Vasilevski, D. Bosev.) Demostraron que al aplicar rayos láseres aumentan la producción y peso del tubérculo. Sin embargo se desconoce los efectos en el tejido vegetal particularmente en la calidad nutricional que esta determinada por la composición química de la papa, componentes más significativos para la elaboración de diferentes productos en la industria de procesamiento los altos contenidos de almidón, azúcares y materia seca.

Debido a las exigencias del consumidor y de la industria han sido determinantes para investigar los requerimientos de la población respecto a las características, tipo y calidad de la papa. Otro factor es la necesidad de crear una estructura capaz de competir en calidad, precios y presentación con los mercados internacionales.

Por otra parte, el uso de láseres de baja intensidad (o láseres “fríos”) es una técnica aplicada para modificar el comportamiento celular y molecular de diferentes tejidos vivos. Su aplicación más amplia es de carácter médico (Giavelli *et al.*, 1998;

Harazaki, Y. Isshiki, 1997) aunque algunos reportes indican que su aplicación en plantas y plántulas aumenta el crecimiento y la tolerancia a ciertas enfermedades (Ouf y Abdel-Hady, 1999). Otros trabajos realizados reportan que aplicación de laceres de He-Ne aumenta la germinación de todas las especies vegetales probadas (Ouf y Abdel-Hady, 1999; Koper *et al.*, 1999; Gladyszewska *et al.*, 1998^a y 1998^b; Podlesny y Koper, 1998). Asimismo Qi *et al.*, (2000) reporta que las células del epicótilo de *Vicia faba* presentaron mayor tolerancia a la exposición a radiación UV después de la irradiación con un láser de baja intensidad de He-Ne.

La irradiación de semillas con láseres de baja intensidad da lugar a incremento

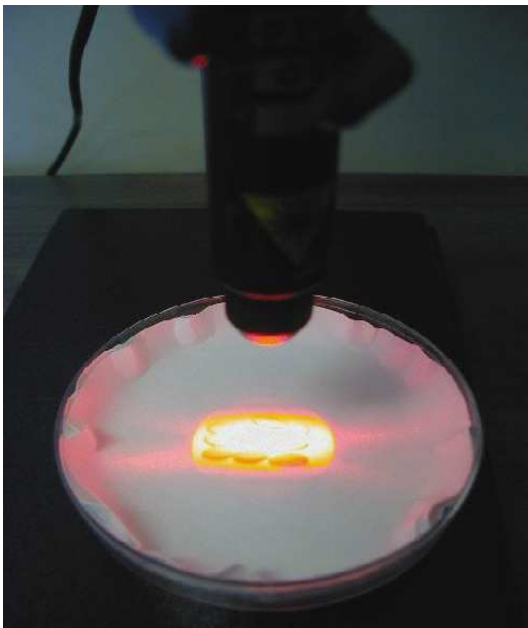


Fig.4 Aplicación de rayos láser He-Ne a semillas de Maíz.

en la biomasa de las plantas (Ouf y Abdel-Hady, 1999; Ivanova y Stoyanova, 2000), en la producción de frutos (Gladyszewska *et al.*, 1998) en las propiedades mecánicas de las semillas de la siguiente generación (Koper *et al.*, 1999) o bien en la tolerancia a bajas temperaturas de las plántulas después de la germinación de las semillas irradiadas (Podlesny, 1998).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero de vidrio del departamento de horticultura, y Laboratorio de Nutrición y Alimentos del departamento del mismo nombre, de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son: 25°22′ latitud norte y 100°00′ longitud oeste del meridiano de Greenwich a una altura de 1742 msnm.

Material vegetativo

Se emplearon semillas de papa (*Solanum tuberosum* L.) del cultivar Gigant proporcionadas por el Ingeniero Enrique Charles. Estado fisiológico maduro con crecimiento de brotes.

Material de campo

Se utilizó rayos Laser de Helio-Neon de baja intensidad para darles tratamiento a las semillas de papa antes de sembrar irradiando en interyemas y en yema a 0, 30 45, 60, 90, 120 segundos, después se procedió a la siembra.

Se utilizaron bolsas como macetas, (plástico negro, con una capacidad de 12 Kg), el sustrato que se utilizó para el llenado de las bolsas fue suelo del Campo Experimental de Miyamonte Méx., S.A. de C.V., ubicado en Escobedo, Arteaga.

Cada tratamiento y repetición se identificó con abatelenguas.

Además se utilizaron azadones, rastrillos, machetes, tambo de 200 litros para el momento de los riegos, y una bomba aspersora de mochila para la aplicación de productos químicos.

Material y Equipo de Laboratorio

Cuadro 6. Material y equipo de laboratorio utilizado.

Equipos	Marca
Balanza Analítica	Explorer OHAUS, modelo E02140
Espectrofotómetro (fotocolorímetro)	Helios Epsilon Modelo 35GF351002
Espectrofotómetro de Absorción Atómica	Varian AA-1275 series
Estufa	Telco, modelo 27
Licuada	Osterizer, modelo ADO-M
Mufla	Lindberg, modelo FURNACE 1500
Balanza granataria	Sauer
Parrillas de Calentamiento y agitación	Thermoline Nuova II Stir Plate
Sistema Kjeldahl	Labconco
Sistema Soxhlet	Kimax
Refrigerador	Hotpoin
Material de laboratorio	

Reactivos

Cuadro 7. Reactivos utilizados para el análisis bromatológico.

• Yodo	• Yoduro de potasio
• Tartrato de sodio y potasio	• Hexano
• Tolueno	• Hidróxido de sodio 45%
• Agua destilada	• Acido Clorhídrico 0.1N
• Acido sulfúrico 93-98%	• Zinc granular (lentejas)
• Acido bórico 4%	• Rojo de metilo
• Sulfato de potasio	• Sulfato de cobre
• Alcohol etílico al 80%	• Perlas de vidrio

Diseño Experimental

En el trabajo se utilizara un Diseño Completamente al Azar sin arreglo factorial, utilizando el programa estadístico Statiscal, con una comparación de medias de la prueba de Fisher $P \leq 0.05$ y el ANVA para las diferentes variables (Humedad, Ceniza, Grasa, Proteína, Fibra Cruda, Materia Orgánica, Azúcares Totales, y Almidón), cada muestra se trabajo por triplicado, excepto el almidón, azúcares Totales y Minerales.

Descripción de tratamientos

- La fuente de irradiación fue de Diodo Láser potencia de salida de 27.4mW y una intensidad de 650nm.
 - Intensidad (mW/cm^2)
 - Dosis (mJ/cm^2)

- Dos tratamientos
 - irradiación en Yemas (solo se irradiaron los brotes)
 - irradiación Interyema (se uso un lente óptico para divergir la imagen y ampliar el área es decir se irradio todo el tubérculo-semilla)

- Se propusieron 6 Tiempos; 0, 30, 45, 60, 90, 120 segundos.

Cuadro 8. Descripción de Tratamientos.

Tratamiento	Intensidad del la irradiación (Helio- Neon)	Tiempo de irradiación en Segundos	Área de irradiación
T1	650 nm, 27.4 mW de potencia	Testigo	Yema
T2	650 nm, 27.4 mW de potencia	30	Yema
T3	650 nm, 27.4 mW de potencia	45	Yema
T4	650 nm, 27.4 mW de potencia	60	Yema
T5	650 nm, 27.4 mW de potencia	90	Yema
T6	650 nm, 27.4 mW de potencia	120	Yema
T7	650 nm, 27.4 mW de potencia	30	Ínteryema
T8	650 nm, 27.4 mW de potencia	45	Ínteryema
T9	650 nm, 27.4 mW de potencia	60	Ínteryema
T10	650 nm, 27.4 mW de potencia	90	Ínteryema
T11	650 nm, 27.4 mW de potencia	120	Ínteryema

Siembra

El 17 de junio de 2005 se realizo la siembra en el invernadero del Dpto. de Horticultura. Se sembró un tubérculo por Macetas en hileras de 20 x 4 con una distribución completamente al azar, sembrándose a una profundidad de 10 cm, se cubrieron y se dio el primer riego (pesado).

VARIABLES A EVALUAR

Biomasa

Se realizo el primer muestreo tomándose 3 plantas por cada tratamiento el día 13 de agosto del 2005.

Se cortó la parte aérea, y la raíz para pesarla después se pasaron las plantas a una bolsa de papel posteriormente se pasó a la estufa a 60°C para secarse durante dos a tres días, según el contenido de agua.

Cuando las plantas estuvieron totalmente secas, se pesaron con la bolsa de papel, después se hizo una diferencia con el peso de papel, se determinó el contenido de peso seco aéreo y peso seco de la raíz.

Peso Fresco de Tubérculos

Después de haber cosechado, las papas de cada tratamiento se pusieron en una tina, se lavaron para eliminar la tierra, se secaron y posteriormente se pesaron en una balanza analítica.

Numero de tubérculos por tratamiento

Para esta variable se tomaron varios tamaños (grande, mediano y chico) de los tubérculos y se hizo el conteo total de tubérculos por tratamiento.

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Posteriormente se procedió al Análisis Bromatológico del tubérculo en fresco, sugeridos por la A.O.A.C. 1980. Realizando las siguientes determinaciones; humedad, ceniza, grasa, fibra, proteína, azúcares totales, almidón y minerales

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Se determinó por el método Destilación azeotrópica por arrastre de tolueno. Consiste en lavar la papa, pelarla y cortarla en pequeños trozos, pesar 10 gramos, colocarlos en un matraz bola, agregar tolueno hasta cubrir la muestra. Colocar la trampa de tolueno sobre el matraz y unirla al refrigerante, llenar el codo colector de la trampa con tolueno. Colocar la parrilla de calentamiento y graduarla a la máxima temperatura. Conectar el refrigerante a la llave del agua y permitir que el flujo sea constante. Destilar hasta que el menisco convexo de la interfase de separación entre

el agua y el tolueno permanezca constante en una de las divisiones de la escala del codo colector de la trampa, con un tiempo de aproximadamente 40 minutos a 1 hora. Esperar a que se desenturbie el tolueno y tomar lectura. Para los cálculos se multiplica la lectura del codo colector o tubo de Bidwell por 10. (Goering, *et.al*, 1975).

DETERMINACION DE CENIZAS

Se determino ceniza por el método general de incineración seca (combustión). (AOAC, 1980)

El porcentaje de cenizas se calculo con la formula:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso del crisol con ceniza} - \text{Peso del crisol solo}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

DETERMINACIÓN DE PROTEINA (Método Kjeldhal)

Se determinó proteína por el método Kjeldhal. (Sistema Kjeldhal, marca Labconco). (AOAC, 1980).

El calculo para determinar el porcentaje de proteína se realiza siguiendo la siguiente formula.

$$\% \text{ P} = \frac{\text{ml gastados } \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{Blanco } 0.3 \text{ (N ácido)} (0.014)}{\text{g de muestra}} \times 100 \times 6.25$$

DETERMINACION DE GRASA TOTAL (Método de extracción continuo Soxhlet)

Se determinó de acuerdo al método de Soxhlet, que consiste en la extracción de compuestos no polares por medio de calor. (AOAC, 1980)

El por ciento de grasa se determino con la formula:

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{(\text{Peso del matraz} + \text{Extracto Etéreo}) - (\text{Peso del matraz solo})}{\text{g de muestra}} \times 100$$

DETERMINACION DE FIBRA CRUDA

Para la determinación de esta variable se utilizo el digestor Labconco. (AOAC, 1980)

El por ciento de fibra cruda se calculo con al formula:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(\text{Peso del crisol con muestra seca}) - (\text{Peso del crisol con ceniza})}{\text{g de muestra}} \times 100$$

DETERMINACION DE MINERALES EN TUBÉRCULO DE PAPA

Empleado métodos oficiales de A.O.A.C. para determinación de Mn, Fe, Mg, Ca, K, Cu, Zn, mediante Absorción Atómica, Espectrofotómetro de P.E. Mod. 305.

Para Fósforo por el método calorimétrico, posteriormente se leyó en el fotocolorímetro a una longitud de onda de 640nm, dando la lectura en concentración en ppm.

DETERMINACION DE ALMIDÓN

Se utilizo el método de Fernández-Reyes, J. F. 2000. por colorimetría, la cual se lee en el espectrofotómetro a 620nm.

DETERMINACION DE AZÚCARES TOTALES

Por el método de “Colorimetric Method for Determination of sugar and Related substances”. A.O:A.C. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 13th. Washington D.C., U.S.A. pp. 46

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los siguientes cuadros se presentan las variables evaluadas tales como: Biomasa (peso seco aéreo), Peso Fresco de Tubérculos y Número de Tubérculos los cuales no mostraron diferencia significativa.

Del mismo modo se presenta el análisis bromatológico del tubérculo en fresco cosechado después de aplicarle los tratamientos de irradiación, se presentan las variables evaluadas tales como; proteína, grasa, humedad, fibra, minerales y almidón las cuales no mostraron diferencia significativa, excepto por la variable ceniza y azúcares totales las cuales mostraron diferencia significativa.

Biomasa

En el primer muestreo el análisis de varianza y la prueba de medias de Fisher indicaron diferencias significativas entre los tratamientos irradiados a diferentes tiempos.

En el Cuadro 9 se observa que el tratamiento de 30 segundos fue el que mostró mejor resultado con respecto al peso de las demás plantas, podemos ver que el testigo fue el que mostró un peso mas bajo con respecto a los tratamientos irradiados a 90 y 120 segundos.

Cuadro 9. Concentración de medias por tratamientos para el primer muestreo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	BIOMASA1	
0	13	b \neq
30	47	a
45	32.2	ab
60	28.4	ab
90	22.2	b
120	24	b

AREA	BIOMASA1	
IY	26	a
Y	32.2	a

\neq Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$)

Resultados análogos fueron obtenidos por Ivanova y Stoyanova, (2000) describieron un aumento en la biomasa aérea de las plantas al irradiar las semillas de lechuga con un láser HeNe.

En el segundo muestreo no se detectaron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 9.1). A pesar de ello se mantuvo la tendencia de presentar mayor biomasa en las plantas irradiadas. En cuanto al área tratada con láser no se presento diferencia significativa entre irradiar la yema o el resto de la superficie del tubérculo.

Cuadro 9.1 Concentración de medias por tratamientos para el segundo muestreo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	BIOMASA2	
0	28.	a
30	41.3	a
45	39	a
60	41	a
90	42	a
120	33.3	a

AREA	BIOMASA2	
IY	35	a
Y	41	a

¥ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$)

Es probable que las diferencias entre muestreos indiquen que el tiempo transcurrido después de la irradiación determina un cambio en la respuesta de las plantas. Aunque es difícil afirmarlo con datos obtenidos, una posibilidad es que esta aparente disminución del estímulo dependa de una respuesta a corto plazo inducida por un fotorreceptor de la clase de los fitocromos.

Peso Fresco de Tubérculos

De acuerdo a los resultados (Cuadro 10) no hubo diferencia significativa entre los tratamientos de irradiación y el testigo. Sin embargo si se presentó un contraste entre el tiempo de 60 segundos y el de 30 segundos presentando este último el peso mas bajo.

También podemos observar que si hubo diferencia significativa entre la irradiación en las yema y en la superficie entre yemas, siendo las yemas el sector mas sensible a la irradiación. Este hecho sugiere de nuevo que se involucran en la respuesta fotorreceptora del tiempo de los fitocromos.

Cuadro 10. Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	Peso Fresco de tubérculo(gramos)	
0	105	ab
30	65,3	¥b
45	84	ab
60	123,	a
90	72	ab
120	89	ab

AREA	Peso Fresco de tubérculo(gramos)	
IY	70	b
Y	107	a

¥ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$)

Los resultados obtenidos confirman lo observado por Vasilevski, and Bosev (1997) quienes aplicaron tratamiento de irradiación en tubérculo semilla antes de plantar, resultando un aumento de peso del tubérculo de un 21.4%.

Número de Tubérculos

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza y la prueba de medias de Fisher, no mostraron una diferencia significativa en los tratamientos, podemos

observar en el Cuadro 10.1 se observa una similitud en cuanto al número de tubérculos, sin embargo el tratamiento de 120 segundos mostró el mejor resultado, seguido del testigo.

En cuanto al área irradiada no se presentó diferencia significativa entre la yema y la superficie de la yema.

Cuadro 10.1 Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	Numero de Tubérculos por planta	
0	9	a
30	9	a
45	8	a
60	8	a
90	8	a
120	9	a

AREA	Numero de Tubérculos por planta	
IY	8	a
Y	9	a

‡ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$)

Los resultados observados en este trabajo no coinciden con los de Vasilevski, and Bosev, (1997). Después de irradiar el tubérculo semilla ellos obtuvieron un aumento de 17.8% en el número de tubérculos. Este carácter del número de tubérculos (dependiente de la inducción de la tuberización) es muy sensible al

ambiente, no solo a los estímulos de luz sino a la fertilización mineral y la temperatura, entre otros (Jackson, 1999).

ANÁLISIS BROMATÓLOGICO

Las tablas que se presentan a continuación incluyen los resultados obtenidos sobre la composición química en el tubérculo de papa fresco sin cáscara proveniente de la semilla tubérculo tratada.

CENIZA

El ANVA indicó ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, la prueba de medias de Fisher ($\alpha=0.05$) indicó una diferencia significativa (Cuadro 11) entre el testigo y el tiempo de irradiación de 90 segundos, no encontrándose diferencia entre la irradiación en la yema o en la superficie entre yemas.

Cuadro 11. Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	% CENIZA	
0	0.7	b \neq
30	1.0	ab
45	1.0	ab
60	1.0	ab
90	1.0	a
120	1.0	ab

AREA	%CENIZA	
Y	1.0	a
IY	1.0	a

\neq Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$)

HUMEDAD

No se detectaron diferencias significativas (Cuadro 11.1). Sin embargo podemos observar que en el tratamiento de 50 segundos disminuyó el porcentaje de humedad, en tanto que el testigo sin irradiar ocurrió lo contrario. Por otra parte no se encontró diferencias entre la irradiación en la yema o en la superficie entre yemas.

Cuadro 11.1 Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	% HUMEDAD	
0	86	a [¥]
30	80	a
45	82	a
60	77	a
90	80	a
120	83	a

AREA	% HUMEDAD	
Y	80.67	a
IY	81.20	a

¥ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$)

PROTEÍNA

Tanto el ANVA como la prueba de fisher no marcaron diferencias significativas (Cuadro 11.2). Sin embargo el tiempo de irradiación de 60 segundos es quien supera a los demás tratamientos con un porcentaje de 2.866% de proteína

Al realizar el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de medias de fisher ($\alpha=0.05$), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, podemos

observar (Cuadro 11.2) sin embargo el tiempo de irradiación de 90 segundos es quien supera a los demás tratamientos con un porcentaje de 2.866% de proteína.

Cuadro 11.2. Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	% PROTÉINA	
0	2.51	a [¥]
30	2.58	a
45	2.47	a
60	2.87	a
90	2.23	a
120	2.33	a

AREA	% PROTÉINA	
IY	2.37	a
Y	2.60	a

[¥] Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$).

Los resultados obtenidos son comparados con los de Requejo y Ortega, (1996) y se encuentran dentro de los rangos normales de valor nutricional.

Sin embargo González (2003) reporto un 1.4% de proteína, mientras que Smith (1975) reporto 1.5%.

GRASA

No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para esta variable. Sin embargo, se puede observar que los tiempos irradiados de 30 segundos fue el mas bajo en cuanto a % de grasa de 0.6736 (Cuadro 11.3).

Cuadro 11.3. Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	% GRASA	
0	0.53	a [‡]
30	0.32	a
45	0.48	a
60	0.52	a
90	0.67	a
120	0.59	a

AREA	% GRASA	
IY	0.44	a
Y	0.58	a

[‡] Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$).

Los resultados obtenidos son menores al 0.83% reportado por Gonzáles (2003), quien nos menciona que el porcentaje de lípidos o gasa cruda en la papa en fresco es muy bajo.

Mientras que si comparamos con Requejo y Ortega (1996) reporta unos rangos entre 0.2 – 0.20 % y una media de los resultados son bajos.

FIBRA CRUDA

No se detectaron diferencias estadísticas significativas al efectuar el ANVA o al aplicar la prueba de medias de Fisher. Sin embargo es notable el tratamiento irradiado durante 120 segundos que presento un valor muy alto de 5.8% de fibra cruda.

Los resultados obtenidos son altos en comparación con los que obtuvo Gonzáles (2003) quien reporto 1.8 % de fibra, mientras que Woolfe (1987) reporta un 2.1% de fibra cruda.

Cuadro 11.4 Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	% FIBRA CRUDA	
0	3.38	a \forall
30	4.17	a
45	3.55	a
60	2.59	a
90	2.46	a
120	5.78	a

AREA	% FIBRA CRUDA	
Y	3.14	a
IY	4.33	a

\forall Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$).

ALMIDÓN

No se encontraron diferencias significativas para los diferentes tiempos de irradiación. (Cuadro 11.5)

Cuadro 11.5. Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	% ALMIDÓN	
0	0.47	a \forall
30	0.53	a
45	0.95	a
60	0.68	a
90	0.71	a
120	0.95	a

AREA	% ALMIDÓN	
Y	0.61	a
IY	0.89	a

\forall Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$).

AZÚCARES TOTALES

Para esta variable si existe diferencia significativa entre los tiempos de irradiación.

Los resultados obtenidos son inferiores a los que reporto Gonzáles (2003) donde obtuvo un 5.6% de azúcares. Estos valores pueden depender de la variedad de papa que se analizó, además del almacenamiento que se les da después de la cosecha. Mientras que García B, *et al* (2002) analizo en diferentes variedades y reportó rangos de 0.11 - 0.35 %.

Cuadro 11.6. Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	% AZUCARES TOTALES	
0	0.76	a \forall
30	0.22	ed
45	0.34	c
60	0.45	b
90	0.17	e
120	0.31	cd

AREA	% AZUCARES TOTALES	
IY	0.33	a
Y	0.35	a

\forall Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$).

En el Cuadro 11.6 observamos que el testigo fue el que mostró un mayor porcentaje superando al resto de los tratamientos mientras que el tratamiento irradiado a 90 segundos fue mas bajo.

La literatura señala que la concentración de azucares es baja. Es importante controlar la concentración de azucares de la papa con el objeto de prevenir las reacciones de pardeamiento no enzimático o de Maillard (Badui, 1986).

La industria requiere de variedades con bajo contenido en azucares inferiores al 0.1% del peso fresco es ideal para la producción de hojuelas y mas alto del 0.33 % es inaceptable Moreno (2000).

De acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro 11.6) observamos que la irradiación mostró un efecto positivo.

DETERMINACION DE MINERALES

El análisis de varianza y la prueba de medias de Fisher no mostraron diferencias significativas.

En cuanto a la concentración de minerales, los resultados obtenidos (Cuadro 11.7.) en este trabajo no coinciden con los de Moreno (2000) y J. Agustín, *et al* (1977) quienes analizaron diferentes variedades de papa.

Cuadro 11.7. Concentración de medias por tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) irradiadas con láser de baja intensidad.

TIEMPO	Mg	Fe	Cu	Mn	P	Zn	Ca	K
0	187.0 a	5.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a	18.0 a	258.0 a	6.0 a [¥]
30	268.5 a	9.0 a	3.5 a	2.0 a	2.0 a	24.5 a	198.0 a	16.5 a
45	259.0 a	7.0 a	3.0 a	2.0 a	2.0 a	30.0 a	175.5 a	16.5 a
60	143.5 a	6.0 a	2.0 a	2.0 a	2.0 a	19.0 a	160.5 a	15.0 a
90	735.0 a	9.5 a	1.5 a	1.5 a	1.5 a	18.0 a	166.5 a	7.5 a
120	228.5 a	5.5 a	2.0 a	2.0 a	2.0 a	21.0 a	188.0 a	279.0 a

AREA	Mg	Fe	Cu	Mn	P	Zn	Ca	K
Y	186.2 a	7.2 a	1.8 a	1.7 a	1.7 a	21.8 a	172.2 a	13.8 a
IY	467.8 a	7.2 a	2.8 a	2.0 a	2.0 a	22.4 a	195.7 a	118.4 a

[¥] Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($\alpha=0.05$).

CONCLUSIONES

- No se observó una modificación en el crecimiento de la planta pero sí dio lugar a cambios en cuanto a la calidad de la cosecha.
- Se determinó que la irradiación con un láser de baja intensidad sí tiene un efecto positivo en la calidad nutricional del tubérculo.
- Se estableció que el tiempo de exposición y la potencia del láser sí influye sobre el crecimiento del tubérculo, ya que hubo un aumento en peso.
- Se comprobó que sí influye en la calidad nutricional, modificando el contenido de azúcares totales en el tubérculo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.O.A.C. (1980)** METODOS OFICIALES DE ANALISIS. Association of Oficial Agricultural Chemists. Washington, D.C.U.S.A.
- Badui Jergal, Salvador. 1986.** Química de los alimentos. Ed Alambra. Universidad de México.
- Baez, P. M. 1983.** Monografía de la papa (*Solanum tuberosum*).Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pag 116.
- Burton, W.G. 1996.** The potato. Wageningen Veenamn and zonen, 362 p.
- Cepeda, S. M. Gallegos, M. G. 2003.** La papa. El fruto de la tierra. Editorial Trillas. Primera edición: Octubre. México. Pág. 9-38.
- Claridades Agropecuarias. Noviembre de 2003.** Servicio de información estadística y agroalimentaria y pesquera con información de las delegaciones de la SAGARPA en los estados. 223 pag.
- CONAPAPA. VI** Congreso Nacional de Productores de Papa, Memorias 20-23 sep. 1995.
- CONAPAPA. VI** Congreso Nacional de Productores de Papa, 1995.
- Crosnier J.C; Montigny, C., 1981:** Agronomic et qualite de la pomme de terre. Proc 8th EAPR trien. Conf. Munich, 55-79
- GARCIA, B. Hugo, R. 2002.;** Gómez E., Clemente; Robles, Sonia; Delgado, Cecilia; INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA SOBRE CALIDAD DE ALMIDONES, AZUCARES Y VALORACIÓN ENERGÉTICA DE MATERIALES DE PAPA, Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha, BOGOTÁ, JUNIO 2002
- Giavelli, S., G. Fava, G. Castronuovo, L. Spinoglio, A. Galanti. 1998.** LLLT in osteoarticular disuades in geriatric patients. Radiol. Med. 95:303-309.
- Gladyszewska, B., R. Kopper, K. Kornarzynsky. 1998a.** Application and results of pre-sowing laser biostimulation of tomato seeds. Inzynieria Rolnicza 2:37-44.

Gladyszewska, B., B. Kornas-Cruczwar, R. Koper, S. Ćipski. 1998b. Teoretical and practical aspects of pre-sowing laser bioestimulation of seeds. *Inzynieria Rolnicza* 2: 21-29.

Goering H.K., P.J. Van So est, 1975, Forage fiber analysis. Agriculture Handbook N° 379, Agriculture Research Service Unite States Department of Agriculture.

González Sanchez Hugo J. Tesis. Estudio de variables en la elaboración de frituras de papa (*solanum tuberosum*) variedad atlantic y tratamientos de aguas alminodosas generadas.

G. Vasilevski, D. Bosev.)2000, *LASER LIGHT AS A BIOSTIMULATOR INTO THE POTATO PRODUCTION, Solanum tuberosum L., He-Ne laser, yield. ISHS Acta Horticulturae 462: I Balkan Symposium On Vegetables and Potatoes.*

Douglas Horton. La papa, producción, comercializacion y programas. Cip, Lima, Editorial agropecuaria Hemisferio sur S.R.L. 1992

Hardenburg, E. y Wand, 1990. Potato producción EE. UU.

Harris, Loring. Estudio y análisis de la producción de alimentos,1970, México.

Harasaki, M. and Y Isshiki. 1997. Soft laser irradiation effects on pain reduction in orthodontic treatment. *Bull. Tokio Dent. Coll.* 38:291-295

Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio de Instrumentación, SEPI, ESIME-Zacatenco, México, D.F.

Ivanova, R. and S. Stoyanova, 2000. Effect of presowing irradiation of seed from winter rapeseed by helium-neon laser on the grow, yield and quality of the green mass. *Biotehnologija-ustocarstvu* 16:75-83.

Jackson, S.D. 1999. Multiple Signaling Pathways Control Tuber Induction in Potato. *Plant Physiol.* 119:1-8.

J. Agustin; J. De Moura; M. Fereday; S. Jouhson; J. M. Hogan; R. H. Trae; R. L. Shaw, and P. Orr (1977). Nutrient Composition of the Irish Potato. Final Proyect Report to Potato Board, Denver, Colorado, USA.

Koper, R., B. Kornas-Czuczuwar, T. Procnia, J. Podlesny. 1999. Effect of presowing laser bioestimulation of white lupine sedes on mechanical properties of crop yield. *Inzynieria Rolnicza* 2:21-28

Lampitt L. H. Goldenberg, N. 1940. The composition of the potato Chem. Lang, K, biochimie der Ernahrungl. Dietrich steinkopff. 1957. 441p.

La patata, 1976. Fabian L.T. Editorial Aedos, Barcelona, España.

MORENO, Jose Dilmer. 2000. CALIDAD DE LA PAPA PARA USOS INDUSTRIALES. Revista Papas Colombianas 2000, 2ª. Edición. pp.44-47.

Ouf, S.A., N.F. Abdel-Hady, 1999. Influence of He-Ne laser irradiation of soybean seeds on seed mycoflora, growth, nodulation, and resistance to *Fusarium solani*. Folia-Microbiol. 44: 388-396.

PINEDA, Ramón. 2000. PERSPECTIVAS PARA EL DESARROLLO AGROINDUSTRIAL DEL CULTIVO DE LA PAPA EN COLOMBIA. Revista, Papas Colombianas 2000, pp. 70 –77

Podlesny, J. and R. Koper. 1998. Effectiveness of presowing treatment of white lupine seeds with laser radiation. Zeszyty-Problemy – Postepow- Nauk-Rolniczych. 454:255-262.

Qi, Z., M. Yue, X. L. Wang. 2000. Laser pre-treatment protect cells of broad bean from UV-B radiation damage. J. Photochem. Photobiol. B 59:33-37

Requejo y Ortega, 1996

Santos, Moreno Armando 1995. “Química y Bioquímica de Alimentos”. Universidad Autónoma de Chapingo. México

Smith, O; Nash, L.B. 1987. Potato quality

Talburt W.F. y Smith, O. Potatoes processing. Westport, Avi. Publishing Co; 1959. 475p.

Vasilevski, G. and Bosev, D. 1997. LASER LIGHT AS A BIOSTIMULATOR INTO THE POTATO PRODUCTION. Acta Hort. (ISHS) 462:325-328
http://www.actahort.org/books/462/462_47.htm