

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“CULTIVO DE CHAMPIÑÓN OSTRA (*Pleurotus ostreatus*) SOBRE RESIDUOS DE
QUINUA Y CEBADA, Y EFECTO DEL ALMACENAMIENTO A BAJAS TEMPERATURAS
CON SOLUCIÓN CONSERVANTE”**

TESIS

PRESENTADA POR:

CATHIA ADRIANA CÁCERES CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PROMOCIÓN: 2014-I

PUNO - PERÚ

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“CULTIVO DE CHAMPIÑÓN OSTRA (*Pleurotus ostreatus*) SOBRE RESIDUOS DE
QUINUA Y CEBADA, Y EFECTO DEL ALMACENAMIENTO A BAJAS
TEMPERATURAS CON SOLUCIÓN CONSERVANTE”**

**TESIS
PRESENTADA POR:
CATHIA ADRIANA CÁCERES CHOQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**



FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 DE DICIEMBRE DEL 2017

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :
Ing. M. Sc. Pablo PARI HUARCAYA

PRIMER MIEMBRO :
Ing. M. Sc. Florentino Victor CHOQUEHUANCA CÁCERES

SEGUNDO MIEMBRO :
Ing. Whany QUISPE CHAMBI

DIRECTOR DE TESIS :
Ing. M.Sc. Saire Roenfi GUERRA LIMA

ASESOR DE TESIS :
D. Sc. Rosario Edely ORTEGA BARRIGA

**PUNO - PERÚ
2017**

**Área: Ingeniería y tecnología
Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles
y eficientes**

DEDICATORIA

*A Dios por darme vida, iluminar mi camino,
por las bendiciones y la oportunidad de crecer
como persona permitiéndome seguir adelante.*

*A mis amados padres Víctor y Adriana por
su apoyo incondicional en todo momento de mi
vida para que logre mis metas, porque día a día
me apoyan para que siga mejorando y creciendo
en la vida.*

*A mis queridos hermanos Thalía y Alan, por
su amor, compañía y apoyo incondicional.*

Cathia Adriana

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias E.P. de Ingeniería Agroindustrial a los docentes por haber compartido sus conocimientos y contribuir en la formación profesional.
- Al Ing. D. Sc. Rosario Edely Ortega Barriga por contribuir con la dirección y asesoramiento durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Victor Choquehuanca Cáceres, por su constante apoyo durante la trabajo de investigación y ejecución de la tesis.
- Al Señor Oswaldo Encargado del Laboratorio de Evaluación Nutricional de alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por las facilidades brindadas durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	5
INDICE DE FIGURAS	9
INDICE DE TABLAS	10
RESUMEN	11
I. INTRODUCCION.....	12
II.-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. HONGO OSTRA.....	15
2.1.1. Clasificación Taxonómica.....	15
2.1.2. Principales formas de vida de los hongos.....	16
2.1.3. Características Morfológicas	17
2.1.4. Reproducción y ciclo de vida	18
2.1.5. Características nutricionales del hongo ostra	20
2.2. CULTIVO DE HONGO OSTRA.....	21
2.2.1. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL HONGO OSTRA.....	21
a) Requerimientos físicos	22
b) Requerimientos químicos.....	23
2.2.2. CULTIVO EN SUSTRATO SÓLIDO	25
a) Tratamiento térmico.....	25
b) Siembra.....	25
c) Incubación.....	26
d) Riego por aspersión	26
e) Fructificación	27
f) Cosecha	27
2.2.3. RESIDUOS DE QUINUA Y CEBADA.....	28
a) Tallo de cebada.....	29

b) Tallo de Quinoa.....	30
2.3. FACTORES INTRÍNSECOS QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DE LOS HONGOS COMESTIBLES	32
pH.....	33
Textura.....	33
Actividad de agua	33
Color.....	34
2.4. METODOS DE CONSERVACION DE HONGOS COMESTIBLES	37
2.4.1. Refrigeración.....	37
2.4.2. Conservante	37
2.4.3. Envases.....	39
III.- MATERIALES Y METODOS.....	40
3.1. LUGAR DEL EXPERIMENTO	40
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	40
3.2.1. Materia prima y aditivos alimentarios	40
3.2.2. Materiales y equipos	40
3.2.3. Ambientes.....	41
3.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	42
3.3.1. Cultivo de Champiñón ostra sobre residuos de quinua y cebada	43
3.3.2. Almacenamiento de Champiñón ostra con adición de solución conservante	45
3.4. FACTORES DE ESTUDIO	45
3.4.1. Evaluación de características químicas en los residuos de quinua y cebada para obtener el cultivo con mayor rendimiento.....	45
Variables independientes	45
Variables dependientes	46

3.4.2. Conservación de champiñón ostra a bajas temperaturas con solución conservante	46
Variables independientes	46
Variables dependientes:	46
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.....	46
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
4.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS (CELULOSA, HEMICELULOSA, LIGNINA, NITRÓGENO) DE LOS RESIDUOS DE QUINUA Y CEBADA PARA OBTENER EL CULTIVO DE CHAMPIÑÓN OSTRA CON MAYOR RENDIMIENTO.	49
a. Caracterización de residuos de quinua y cebada.....	49
b. Rendimiento del cultivo de Champiñón ostra sobre tallos de cebada y tallos de quinua	52
4.2. Conservación de champiñón ostra a bajas temperaturas con solución conservante.....	54
4.2.1. Efecto de la temperatura y solución conservante de cloruro de calcio en el pH de champiñón ostra	54
4.2.2. Efecto de la temperatura y solución conservante de cloruro de calcio en la aw de champiñón ostra	57
4.2.3. Efecto de la temperatura y solución conservante de cloruro de calcio en la variación total de color (ΔE) de champiñón ostra	59
4.2.4. Efecto de la temperatura y solución conservante de cloruro de calcio en la textura de champiñón ostra	61
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	73
ANEXO 1: FOTOS DE CULTIVO DE CHAMPIÑÓN OSTRA	73
ANEXO 2: FOTOS DE CONSERVACIÓN DE CHAMPIÑÓN OSTRA	75

ANEXO 3: CULTIVO DE CHAMPIÑÓN OSTRA SOBRE RESIDUOS DE QUINUA Y CEBADA	77
ANEXO 4: CONSERVACION DE CHAMPIÑÓN OSTRA A BAJAS TEMPERATURAS CON SOLUCION CONSERVANTE.....	78
ANEXO 5: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE CHAMPIÑÓN OSTRA ENVASADO EN POLIESTIRENO EXPANDIDO Y CLORURO DE POLIVINILO.	81

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	18
Figura 2. Ciclo de vida de un macro hongo.	19
Figura 3. Planta de cebada.	30
Figura 4. Planta de quinua.....	31
Figura 5. Circulo cromático: a) Tono, b) Saturación y c) Claridad.	35
Figura 6. a) Grafica del color CIELAB, b) el valor de L* se representa en el eje central. Los ejes a* y b* aparecen sobre el plano horizontal.	36
Figura 7. Cultivo de champiñón ostra y conservación.....	42
Figura 8. Grafica de efectos principales para pH.....	55
Figura 9. Estimación de superficie de respuesta para pH	56
Figura 10. Gráfica de efectos principales para aw.	58
Figura 11. Estimación de superficie de respuesta para aw	59
Figura 12. Gráfica de efectos principales para color.	60
Figura 13. Estimación de superficie de respuesta para color.....	60
Figura 14. Gráfica de efectos principales para textura	62
Figura 15. Estimación de superficie de respuesta para textura.	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido nutricional del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	20
Tabla 2. Rendimiento de sustratos utilizados para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	28
Tabla 3. Composición química proximal de la tallo de cebada en base seca.....	29
Tabla 4. Composición química del Tallo de quinua.	31
Tabla 6. Análisis químico de tallo de quinua y tallo de cebada.....	49
Tabla 7. Pruebas significativas de Duncan para el rendimiento de sustrato en el cultivo de Champiñón ostra.	52
Tabla 8. Media y desviación estándar de los rendimientos de residuos de quinua y cebada en el cultivo de champiñón ostra.....	77
Tabla 9. ANOVA de los rendimientos de residuos de quinua y cebada en el cultivo de champiñón ostra.	77
Tabla 10. Análisis de varianza para el pH	78
Tabla 11. Análisis de varianza para aw.....	78
Tabla 12. Análisis de varianza para el color	79
Tabla 13. Análisis de varianza para Textura	80
Tabla 14. Resultados de pH en champiñón ostra.....	81
Tabla 15. Resultados de aw en champiñón ostra.	82
Tabla 16. Resultados de variación total del color (ΔE) en champiñón ostra.	83
Tabla 17. Resultados de Textura en champiñón ostra.....	84

RESUMEN

El champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) es un hongo comestible con alto valor nutricional y muy perecedero. Por tal razón, el objetivo de esta investigación fue cultivar champiñón ostra sobre tallos de quinua y tallos de cebada combinados en cinco tratamientos: (T1: 100% quinua, T2: 100% cebada, T3: 50% quinua + 50% cebada, T4: 70% cebada+ 30 %quinua y T5: 30% cebada+70% quinua) en los cuales evaluar el contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y nitrógeno y para su conservación aplicar soluciones de cloruro de calcio almacenándose a temperatura ambiente y en refrigeración. El cultivo se realizó en condiciones semicontroladas, en dos fases: (1) un cuarto de incubación a 22°C, con humedad relativa de 60-65%, en ausencia de luz; (2) en invernadero a 18°C±5, humedad relativa de 85-90% y luz indirecta de 8-12 horas diarias en un tiempo de 55 días; cultivo para el que se evaluó el contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y nitrógeno en cada tratamiento (sustrato). En la segunda parte de la investigación se almacenó champiñón ostra a 4°C, 9°C y 14°C, con cloruro de calcio al 0%, 1.25% y 2.5%, donde se optimizó el almacenamiento con diseño de superficie de respuesta y ajuste central compuesto. Haciendo un análisis de la composición química del T4 (70%cebada+30%quinua) se tiene: 61% celulosa, 16.91% hemicelulosa, 37.80% lignina y 0.73 nitrógeno, donde se obtuvo el mayor rendimiento 53.13% con una desviación estándar de ±1.61. Para la conservación de champiñón ostra las mejores condiciones fueron: 2.5% de cloruro de calcio y 4°C, y presenta las siguientes características fisicoquímicas hasta el día 11 de su almacenamiento: pH 6.582, actividad de agua 0.9943, color 58.5 (ΔE), textura 80.32 gf.

Palabras clave: Champiñón ostra, celulosa, hemicelulosa, lignina, cloruro de calcio, refrigeración.

I. INTRODUCCION

Pleurotus ostreatus es un hongo comestible, de agradable sabor y alto valor nutricional, ya que cuenta con gran cantidad de vitaminas y minerales, así como gran cantidad de fibra, no contienen azúcar, ni colesterol; y cuenta con varios de los aminoácidos esenciales para la construcción de proteínas (Sánchez & Royse, 2002).

El desarrollo de este tipo de cultivo es absolutamente recomendable, ya que requiere de una baja inversión y es más fácil de cultivar que otros hongos; el interés por el problema de la contaminación del ambiente y la aplicación de las tecnologías limpias ha alcanzado importancia en los últimos años, especialmente por la falta de conocimiento en el manejo y/o aprovechamiento sobre estos residuos (Toledo, 2008). En nuestra región de Puno se cultivan diversos cereales andinos como la quinua, cañihua, kiwicha, cebada, trigo, avena, de los cuales sus residuos pueden ser aprovechados para convertirlos en sustratos y cultivar hongos comestibles.

Se han realizado investigaciones con el fin de encontrar el mejor sustrato para el cultivo de hongos comestibles, tal es el caso del estudio de residuos de maíz y quinua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, tuvo como objetivo demostrar que los residuales de maíz y quinua pueden ser potenciales sustratos para el cultivo de hongo comestible *Pleurotus ostreatus* var florida, donde se observó que el tratamiento 70:30 (tuza-quinua), dio el mejor rendimiento (51.52%) (Toledo, 2008), es así que se puede afirmar que el sustrato a base de quinua puede ser utilizado como sustrato teniendo buenos rendimientos.

La tecnología de transformación de los hongos comestibles es influenciada por diferentes parámetros como su estado de desarrollo, las condiciones pre cosecha y pos cosecha y el tipo de sustrato en el que son cultivados. El champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) presenta un alto contenido de humedad, es susceptible al daño mecánico y a las reacciones de pardeamiento enzimático, su vida útil es menor de 3 días en condiciones normales de transporte y comercialización, por lo cual necesitan condiciones especiales de manipulación y almacenamiento para conservar su estado en fresco (Sapata, 2009).

Dentro de las técnicas más utilizadas para la conservación de frutas y hortalizas encontramos la refrigeración, el uso de atmosferas controladas, uso de absorbentes de etileno, aplicación de películas cubrientes y aplicación exógena de fitorreguladores. (Parikh, Nair, & Modi, 1990). Combinar tecnologías nos ayudan a conservar mejor las características físico - sensoriales de las frutas, los recubrimientos comestibles tienen una gran acogida en la conservación de alimentos, y las tendencias ecológicas de la actualidad han llevado a la revaloración de materias primas naturales amigables con el ambiente como ser geles en agua, aceites esenciales, etc. (Quintero, Falguera, Muñoz, & Aldemar, 2010).

Se han realizado varios estudios para encontrar las técnicas adecuadas para la conservación de los alimentos, tal es el caso de las sales de calcio que forman parte del gran conjunto de agentes mejoradores y/o conservantes de las características nutricionales y de calidad de las frutas y vegetales mínimamente procesados. Son comúnmente usados en la industria como agentes reafirmantes para los tomates en conserva, pepino y otros vegetales, y han reportado un beneficio en la reducción del oscurecimiento en manzanas, pimientos, fresas, tomates y melocotones. Cabe resaltar su gran importancia tanto en el ámbito sensorial como agente mejorador de textura y como antipardeante (Martin, *et al.*, 2007).

Por lo tanto los objetivos de esta investigación fueron:

Objetivo general:

- Cultivar champiñón ostra (*pleurotus ostreatus*) sobre residuos de quinua y cebada, y determinar el efecto del almacenamiento a bajas temperaturas con solución conservante.

Objetivos específicos:

- Evaluar las características químicas (celulosa, hemicelulosa, lignina, nitrógeno) de los residuos de quinua y cebada para obtener el cultivo de Champiñón ostra con mayor rendimiento.
- Determinar el efecto de la solución conservante de cloruro de calcio sobre las características fisicoquímicas (pH, textura, color, aw) de champiñón ostra fresco almacenado a temperatura ambiente y de refrigeración.

II.-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. HONGO OSTRA

Los hongos se han adscrito tradicionalmente al reino vegetal, a pesar de que no tienen clorofila, tejidos especializados, ni flores. Son organismos independientes de las plantas y que aunque químicamente están muy relacionadas con los animales, forman un grupo aparte el llamado Reino de los hongos o Reino fungi (Whittaker, 1969). La pared celular de los hongos generalmente está compuesta de quitina, además almacenan glucógeno (Herrera & Ulloa, 1990).

La palabra *Pleurotus* viene del griego “pleuro”, que significa formado lateralmente o en posición lateral, la palabra “ostreatus” del latín que quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Stamets P. , 2000).

Comúnmente *Pleurotus ostreatus* es conocido como hongo ostra, aunque también suele llamársele: Champiñón ostra, Gírgola, Orellana, Seta de chopo o simplemente Seta. Para su desarrollo, el hongo ostra requiere de condiciones ambientales como temperatura, humedad, oxígeno y cierta cantidad de luz. Todos estos factores tienen que satisfacer las necesidades de este hongo y el conocimiento de los mismos permitirá manipularlo y producirlo en condiciones artificiales (Ardón, 2007).

2.1.1. Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus* según (Guzmán, 1980) se muestra a continuación:

Nombre Científico *Pleurotus ostreatus*

Nombre común Hongo ostra, Champiñón ostra, Gírgola, Orellana,
Seta de chopo o Seta.

Reino Fungi

División Eumycota

Subdivisión Basidiomycotina

Clase Holobasidimycetes

Subclase Himenomycetidae

Orden Agaricales

Familia Tricholomataceae

Género *Pleurotus*

Especie *Ostreatus*

2.1.2. Principales formas de vida de los hongos

Hongos saprófitos

Son aquellos que crecen sobre la materia vegetal muerta y ayudan a su descomposición, son los más abundantes en la naturaleza y que si en algunos casos provocan grandes trastornos en general son muy beneficiosos, ya que al desintegrar estos materiales muertos, los productos resultantes son fácilmente asimilados por los animales microscópicos y las plantas (Agreda, 2006).

Hongos simbióticos

Viven asociados con animales y plantas, en este último caso forman una verdadera unidad o entidad viviente con mutuo aprovechamiento para los dos participantes que establecen contacto con plantas superiores, formadores de micorrizas con las plantas superiores y de líquenes en compañía de algas microscópicas, el hongo obtiene nutrientes de la planta y de la planta obtiene agua y defensa contra patógenos gracias a la asociación simbiótica (Agreda, 2006).

Hongos parásitos

Obtienen los nutrientes de plantas vivas, creciendo sobre sus hojas, ramas, troncos o incluso tejidos internos; a veces causan la muerte al vegetal parasitado (Agreda, 2006).

2.1.3. Características Morfológicas

El cuerpo de las setas se constituye principalmente de sombrero (pileo), pie reducido (estípite) y láminas (himenio) como se muestra en la Figura 1.

Sombrero: El sombrero de esta seta es redondeada. Su superficie es lisa, abombada y convexa cuando es joven y va aplanándose luego poco a poco. El borde esta algo enrollado al principio. Su diámetro oscila entre 5 y 15 cm según la edad del hongo. El color es variable desde gris a claro o gris pizarra hasta pardo, aunque va alcanzando una coloración más amarillenta con el tiempo (Barbado, 2003).

Laminas: en la parte inferior del sombrero posee unas laminillas dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene hasta el borde. Con anchas, espaciadas unas de otras, blancas de color crema (Barbado, 2003).

Pie: el pie puede ser corto, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base (Barbado, 2003).



Figura 1. Hongo *Pleurotus ostreatus*.

Fuente: Alder & Zubillaga (2014).

2.1.4. Reproducción y ciclo de vida

Los hongos se reproducen por esporas (similar a las semillas en plantas). Bajo condiciones propicias, las esporas germinan y forman hifas (colectivamente llamadas micelio). El micelio es filamentososo y generalmente no puede ser visto a simple vista. La espora germinada forma el micelio primario, y más tarde el micelio secundario, el micelio acumula nutrientes del sustrato (equivalentes al suelo para las plantas) y lo coloniza. Cuando la masa micelial es estimulada por cierta temperatura, humedad, etc., forman primordios que desarrollan en cuerpos fructíferos (Fig. 2). Los cuerpos fructíferos en las primeras etapas de desarrollo son llamados primordios (yemas en plantas) (Baek, 2005).

El ciclo de vida de los hongos está dividido en dos fases: crecimiento vegetativo y reproductivo. El crecimiento vegetativo involucra un crecimiento lineal del micelio que ocurre disolviendo componentes complejos del sustrato en moléculas más simples y absorbiéndolas como nutrientes. Cuando se dan condiciones de baja temperatura, humedad alta, mucho oxígeno, y en algunos casos luz, el micelio cesa su crecimiento vegetativo y comienza a producir cuerpos fructíferos (crecimiento reproductivo), los cuales conocemos como “hongos” (Baek, 2005).

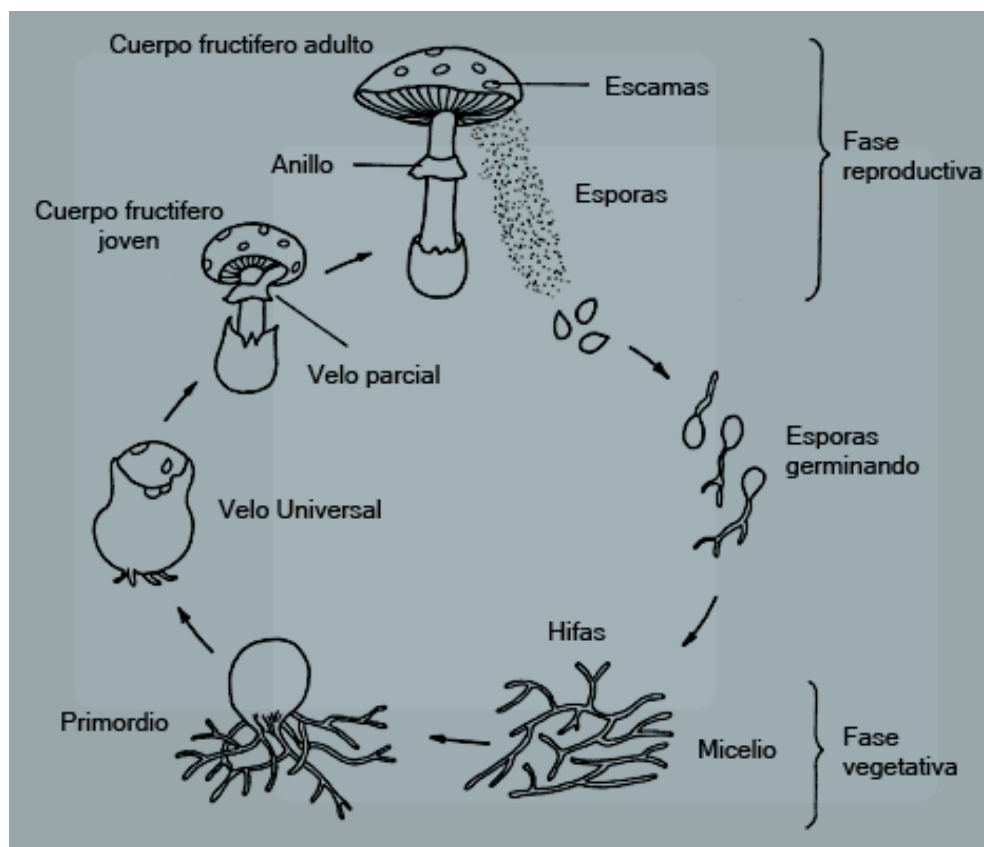


Figura 2. Ciclo de vida de un macrohongo.

Fuente: INB (2015).

2.1.5. Características nutricionales del hongo ostra

Existe un gran interés en la producción de este hongo debido a su alto valor nutricional ya que contiene una gran cantidad de carbohidratos, su contenido de fibra dietética es también alto, principalmente de quitina. Contiene una moderada cantidad de proteína de alta calidad y aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales (Ciappini, Lopez, & Gatti, 2004). El valor nutritivo de *Pleurotus ostreatus* ha sido reconocido desde hace mucho tiempo y se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenido nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus*

Componentes (%)	Romero, Rodríguez & Pérez (2000).	Steineck (2007).
Agua	92	86- 88
Materia seca/ Hidratos de carbono	7.8	3- 5
Grasa	1	0.2- 0.3
Proteína bruta/ Proteína seca	39	2- 5
Ceniza	9.5	
Fibra	7.5	
Fibra cruda	1.4	
Minerales	3.8	0.8- 1
Calcio	33mg/100g	
Fosforo	1.34mg/100g	
Potasio	3793mg/100g	
Hierro	15.2mg/ 100g	
Ácido ascórbico (Vit. C)	90.144mg/100g	
Tiamina (Vit. B1)	1.16 – 4.8mg/100g	
Niancina (Vit. B5)	46-108mg/100g	
Ácido fólico	65mg/100g	

Los cuerpos fructíferos de los hongos ostra, que son las partes comestibles, son una excelente fuente de proteína de buena calidad, esto debido a que en su contenido, están presentes todos los aminoácidos esenciales donde los que predominan son la alanina, el ácido glutámico y la glutamina. El porcentaje de proteína en peso seco puede variar entre 10 y 30% aunque puede llegar a ser hasta del 40% (Breene, 1990).

En particular el *Pleurotus ostreatus* tiene un contenido elevado de carbohidratos de 57% y 14% de fibra cruda (parte orgánica del alimento que es insoluble y no digestible formada en la inmensa mayoría por celulosas y lignocelulosas), de los cuales el 47% es fibra dietética (hidratos de carbono o derivados de los mismos que resisten la hidrólisis por los enzimas digestivos humanos) como la quitina (polisacárido altamente insoluble en agua) (Breene, 1990).

Pleurotus ostreatus contiene del 3 al 5% de lípidos en peso seco. El ácido linoléico es el que más abunda (hasta en un 80% del total de ácidos grasos) (Breene, 1990).

2.2.CULTIVO DE HONGO OSTRA

2.2.1. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL HONGO OSTRA

Los hongos del género *Pleurotus* son organismos saprófitos, los cuales tienen hifas con capacidad de penetración tal que les permite degradar incluso materias primas estructuralmente complejas como madera y cutícula de insectos. Estos hongos producen enzimas que intervienen en la degradación de celulosa y lignina, obteniendo así su fuente de carbono y los nutrientes minerales necesarios para su desarrollo (Fazenda, Serviour, Mcneil, & Harvey, 2008) El carbono es necesario para los hongos por ser la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares, por lo

que se deduce, que para inducir la formación de cuerpos fructíferos es importante mantener un balance entre las fuentes de carbono y nitrógeno (relación C/N).

a) **Requerimientos físicos**

Temperatura

La temperatura para el desarrollo del micelio o semilla debe ser 24°C esto durante 21 días hasta que se formen los primordios, para la formación de primordios se requiere de una temperatura de 10-15.6°C durante 5 días y para la etapa del desarrollo del cuerpo fructífero 10-21°C (Stamets, 2005).

Humedad relativa

La humedad relativa es un factor sumamente importante en el desarrollo de un hongo. La literatura reporta valores entre 60 y 95% para la mayoría de las especies de *Pleurotus* (Chang & Hayes, 1987). Los mismos autores mencionan que para *Pleurotus ostreatus* se ha observado que una humedad de 85-90% es la más adecuada ya que una inferior al 80% resulta negativa para la formación de los carpóforos.

Luz

Se han observado que la iluminación produce variaciones en la pigmentación de los carpóforos y sustentan que mientras más luz incida sobre el pileo, más oscuro será este. Finalmente, sugieren que la luz del día suele ser suficiente para obtener buenas fructificaciones y no se ha demostrado que iluminar más tiempo permita un mejor rendimiento (Arjona, Aragón, Aguilera, Ramirez, & Pisabarro, 2008).

Durante la etapa de colonización del sustrato se debe trabajar bajo completa oscuridad, sin embargo durante la fructificación la luz es necesaria de 8- 12 horas diarias, ya que sin ella las

setas salen deformadas con pequeños sombreros pálidos y pies largos. Es suficiente una luz que permita ver durante las horas diurnas para la formación de botones (García, 1991).

pH

Por naturaleza los hongos crecen bien en medios ligeramente ácidos, es decir del 5.5 al 6.6 en el caso de *Pleurotus*, la adición de carbonato de calcio sirve para evitar que el pH baje mucho debido a la acción acidificante del micelio. Si el sustrato es muy ácido el hongo crecerá poco, no se alcanzaran las temperaturas ni el nivel de CO₂ recomendable y crecerán competidores (Pérez, 1996).

El valor óptimo de pH del sustrato para el crecimiento micelial es 5.0 a 6.5, aunque el micelio puede sobrevivir entre pH 4.2 y 7.5. El micelio crece despacio a medida que el pH baja y deja de crecer a pH 4. Si el pH es más alto que el valor óptimo, el crecimiento micelial se acelera, pero produce una estructura anormal. El pH óptimo para la inducción de primordios y la fructificación es de 5.0 a 5.5, el pH se puede ajustar mediante el agregado de yeso o cal (Viziteu, 2005).

b) Requerimientos químicos

Celulosa:

Es el compuesto más simple encontrado en el material lignocelulolítico de las plantas, es el polímero más abundante en la biosfera, está compuesto por un polímero de residuos de D-glucosa unidos por enlaces β -1,4. La celulosa es una molécula que da estructura y soporte a la planta y forma un cristal empaquetado que es impermeable al agua, por lo cual es impermeable al agua, por lo cual es insoluble al agua y resistente a la hidrólisis (Atlas & Bartha, 2002). Los

hongos Macromycetes pueden degradar la celulosa por medio de la producción de enzimas como son endo- β -1,4-gluacanasas, el complejo Cx y endo- β -1,4-glucosidasa (Martin, 1981).

Hemicelulosa:

La hemicelulosa está formada por cadenas cortas y son polímeros heterogéneos que contienen tanto hexosas como pentosas. Dependiendo de la especie de la planta estos azúcares se asocian con ácidos urónicos formando estructuras poliméricas diversas. Los tres polímeros principales son los xilanos, mananos y arabinogalactanos (Atlas & Bartha, 2002).

Las hemicelulosas son responsables de diversas propiedades importantes de las pastas celulósicas. Debido a la ausencia de la cristalinidad y su configuración regular-ramificada, las hemicelulosas absorben agua fácilmente. Este hecho contribuye en propiedades tales como: el hinchamiento, movilidad interna y aumento de la flexibilidad de las fibras, así como también influye en la reducción del tiempo y la energía requerida para refinar las pastas celulósicas (Otero, 1988).

Los hongos Macromycetes tienen la capacidad de degradar la hemicelulosa por medio de la producción de enzimas como son xilanasas, galactanasas, mananas, arabinasas y glucanasas (Martin, 1981).

Lignina:

Es un polímero complejo tridimensional, globular, insoluble y de alto peso molecular, formado por unidades de fenilpropano cuyos enlaces son relativamente fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática, en las plantas la lignina se encuentra químicamente unida a la hemicelulosa y rodeado de fibras compuestas por celulosa (Atlas & Bartha, 2002). La lignina es la sustancia que le confiere rigidez a las paredes celulares y en algunas partes de la madera,

se presenta como un agente de unión entre las células, generando con ello una estructura resistente al impacto, compresión y doblado (Otero, 1988).

Los hongos Macromycetes pueden degradar la lignina por medio de la producción de enzimas como son la lacasa y manganeso peroxidasa (Martin, 1981).

2.2.2. CULTIVO EN SUSTRATO SÓLIDO

El sustrato es el medio en el cual se desarrollara el micelio del hongo que se desee cultivar.

a) Tratamiento térmico

Es un proceso que tiene por función disminuir la cantidad de organismos nocivos que pueden competir con el hongo en la utilización del espacio y de los nutrientes. Este proceso, prepara al sustrato para una eficaz colonización por el hongo (Garcia, 2007).

Tratamiento térmico con agua caliente: este método consiste en sumergir el sustrato en agua a 85°C durante un mínimo de 40 minutos (Guzmán, Salmones, Soto-Velazco, & Guzmán, 1995) y es el más utilizado, por su bajo costo de inversión, se debe sumergir el sustrato únicamente cuando el agua haya alcanzado la temperatura para provocar un choque térmico que difícilmente soportaran los organismos que se encuentren en el sustrato (Ficior, Apahidean, Apahidean, Moldovan, Maniuniu, & Paven, 2006).

b) Siembra

La siembra se refiere a la mezcla homogénea del inóculo con el sustrato en condiciones de asepsia. Para una siembra eficiente debe tomarse en cuenta, además de la cepa y del sustrato, el estado fisiológico del organismo, la tasa de inoculación y una higiene rigurosa. (Fazenda, Serviour, Mcneil, & Harvey, 2008).

La tasa de inoculación es la cantidad de inoculo (semilla) que se usa en función de la cantidad de sustrato que se pretende inocular, aunque su concentración afecta su biomasa micelial (Fazenda, Serviour, Mcneil, & Harvey, 2008). En el caso de especies de *Pleurotus* se usan tasas de inoculación que varían 3 al 5% del peso húmedo del sustrato.

c) Incubación

La incubación es la etapa que permite la colonización del sustrato por el hongo, de preferencia a temperatura y humedad óptimas. Durante esta etapa se debe proporcionar al hongo una temperatura constante acorde con sus requerimientos, para que la colonización se lleve a cabo con la tasa de crecimiento más alta posible (Garcia, 2007).

La temperatura del micelio durante la incubación debe mantenerse a 24-27°C pues es la que favorece más a su crecimiento. Se puede comprobar introduciendo un termómetro en el interior del sustrato y en caso de que suba demasiado, se airea o se baja la del local, se ha comprobado que a menos de 5°C no crece, a 10°C bajo cero muere y por encima de 35-40°C suele morir, el local de incubación puede ser cualquier nave, habitación o invernadero que pueda mantenerse a unos 20°C (de 18 a 25°C) y pueda ventilarse. Se tendrá a oscuras sobre todo si los sacos son transparentes (García, 1991).

d) Riego por aspersión

Generalmente es necesario aplicar riegos en la época de fructificación, en algunas horas del día para aumentar la humedad y evitar que el sustrato se deshidrate. Los riegos pueden hacerse, según la necesidad, como pulverizaciones hacia el ambiente o directamente hacia el sustrato. Cuando las condiciones de humedad son satisfactorias, los botones deberán presentar un

aspecto suave, terso carnosos, limpio y brillante, de lo contrario probablemente se requiera un riego. Cuando se mojan demasiado, los cuerpos fructíferos presentan un aspecto blando, aguado amarillento, generalmente producido por contaminaciones bacterianas (García, 2007).

e) Fructificación

Después de la incubación, cuando el micelio ha colonizado el sustrato totalmente, se deben mantener los rangos óptimos ambientales de temperatura, humedad y luz para inducir al micelio a formar cuerpos fructíferos. Una vez desarrollados los primordios, cubren la totalidad de la superficie del “pastel”, llegando a su madurez comercial, listos para ser cosechados (García, 2007).

f) Cosecha

Índices de cosecha en el caso de hongos se realiza tomando en consideración su tamaño y la convexidad del pileo, es decir antes de que sus bordes sean planos (Gaitán-Hernández, Salmones, Pérez, & Mata, 2006), ya que los hongos jóvenes se conservan más tiempo después de cosechados con relación a los más viejos (Álvarez, 2000).

La cosecha se realiza a partir del día 25 al 60 dependiendo de las condiciones climáticas, cuando los frutos han alcanzado la madurez fisiológica que se caracteriza por un diámetro de 10 cm. Y de largo de 8 a 12 cm y con un peso variable de 50 a 80 gramos, producto succulento y bien definido, esta etapa en la cual contiene todos los elementos básicos que conforman el estado nutricional del producto. La cosecha se debe realizar en el momento preciso para evitar que las setas se deshidraten rápidamente o se pudran y pierdan las características organolépticas deseadas (Mendoza, 2004).

Evaluación del Rendimiento de Champiñón ostra:

El rendimiento (% R) se calcula como la relación entre el peso fresco de los cuerpos fructíferos (g) y el peso húmedo del sustrato (g), expresado en porcentaje (Hurtado de Mendoza, Huaman, Bravo, Silva, & Silva, 2016), se determina con la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{peso de los cuerpos fructíferos}}{\text{peso húmedo del sustrato}} * 100$$

Las producciones se dan en tres oleadas y de obtendrán según el tipo de semilla o cepa, aunque es común que el 50% de la producción se de en la primera oleada, el 30-35% en la segunda oleada y el resto 20-15% en la última oleada (Fernandez, 2010).

Tabla 2. Rendimiento de sustratos utilizados para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

SUSTRATOS	% RENDIMIENTO	AUTOR
Mazorca de cacao	28,30 %	(Hurtado de Mendoza, Huaman, Bravo, Silva, Silva, 2016)
Cascara de arveja	35.18 %	(Hernandez & López, 2005)
Capacho de uchuva	39.03 %	(Hernandez & López, 2005)
Tuza de mazorca	29.08 %	(Hernandez & López, 2005)
Residuos de Quinua	16.51 %	(Toledo, 2008)

2.2.3. RESIDUOS DE QUINUA Y CEBADA

Mundialmente cada año se generan grandes cantidades de residuos de las cosechas agrícolas, esta biomasa residual se utiliza de diferentes maneras según el país y región; se estima que el 80 % de los residuos agrícolas de los países en vías de desarrollo son quemados, apenas el 15 % sirve como alimento para animales, el 4,5 % se reincorpora al

suelo sin haberse realizado una descomposición previa y el restante 0,5 % se usa como materia prima en industrias como la papelera, aglomerados, etc. (Vargas, Beltrán, & Rodríguez, 2001).

En la actualidad la biotecnología se ha convertido en una verdadera alternativa para la producción de alimentos, como es el caso de los hongos para el consumo humano, por la posibilidad de poder obtener grandes cantidades en pequeñas áreas, en cortos períodos de tiempo, mediante técnicas sencillas y a bajo costo, empleando como sustrato para su cultivo, residuos agroindustriales que son considerados desechos. Su eficiencia de conversión en proteína por unidad de área y de tiempo es muy superior, comparado con las fuentes de proteína animal (Escobedo, 2006).

a) Tallo de cebada

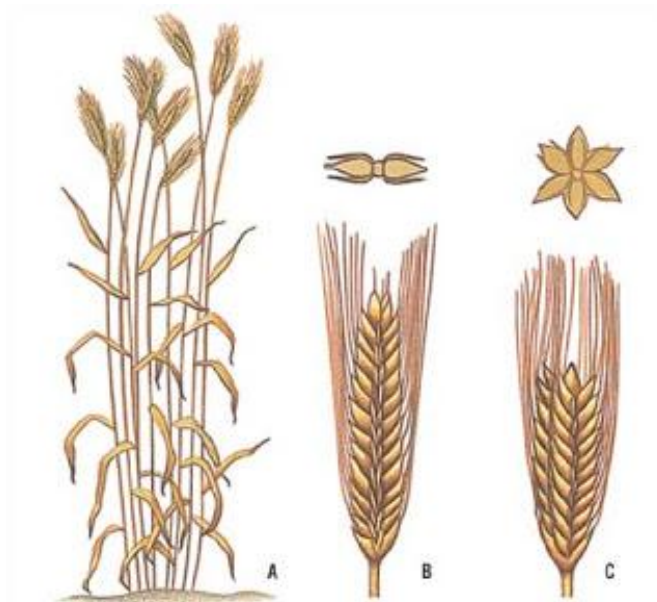
La composición química, así como el valor nutritivo de las pajas, dependen de varios factores. El grado de maduración de la planta es el primero pues, la mayoría de los nutrientes pasan a los frutos, mientras pocos nutrientes permanecen en las demás partes de la planta (Anderson & Anderson, 1980). La composición química proximal se muestra en la Tabla 2.

Tabla 3. Composición química proximal de la tallo de cebada en base seca.

Parámetro	Adapa, Tabil & Schoenau (2009).	Viziteu (2005)
Nitrógeno (%)	0.46	0.52
Lignina (%)	17.13	5.8
Celulosa (%)	33.25	44.4
Hemicelulosa (%)	20.36	31.3

La producción de cebada en el 2013 durante los meses de enero-abril fue de 12 211 toneladas (DRAP, 2013).

Figura 3. Planta de cebada.



Fuente: (Perez, 2010).

b) Tallo de Quinoa

El tallo es cilíndrico y herbáceo anual a la altura del cuello cerca a la raíz y de una forma angulosa a la altura donde se insertan las ramas y hojas, estando dispuestas en las cuatro caras del tallo, la altura es variable de acuerdo a las variedades y siempre terminan en una inflorescencia; cuando la planta es joven tiene una médula blanca y cuando va madurando se vuelve esponjosa, hueca sin fibra, sin embargo la corteza se lignifica, el color del tallo es variable, puede ser púrpura como la Pasankalla, blanco cremoso (Blanca de Juli) y con las axilas coloreadas como la blanca de Juli, en toda su longitud; colorada como la kancolla y otros colores según el eco tipo de cada zona (León, 2003). Los tallos de quinoa presentan 49.4-50.9

% de celulosa, 37.6% de Hemicelulosa como de muestra en la Tabla 4.

Figura 4. Planta de quinua



Fuente: (Lolas, 2015)

La producción de quinua en el 2013 durante los meses de enero-abril fue de 21 141 toneladas (DRAP, 2013).

Tabla 4. Composición química del Tallo de quinua.

Parámetro	%
Nitrógeno	1.1
Celulosa	49.4-50.9
Hemicelulosa	37.6

Fuente: (Cañas, 1998).

2.3.FACTORES INTRÍNSECOS QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DE LOS HONGOS COMESTIBLES

Durante el almacenamiento y distribución los alimentos son expuestos a una serie de factores que pueden afectar su vida útil, estos factores pueden ser clasificados en intrínsecos e extrínsecos.

Los factores intrínsecos son las propiedades del producto final, tales como la actividad de agua, pH, acidez total, potencial redox, nutrientes, entre otros.

Los factores extrínsecos son aquellos factores con los que el producto final se encuentra a lo largo de la cadena alimenticia, como: temperatura, humedad, oxígeno, sistemas de procesamiento, tipo de empaque y luz (Kilcast & Subramanian, 2000).

El pardeamiento enzimático está relacionado con la actividad de la enzima polifenol oxidasa que cataliza la oxidación a diferentes compuestos fenólicos, con la consecuente transformación a pigmentos oscuros no deseables para la calidad industrial (Friedman, 1997). Durante el procesado y almacenamiento de los alimentos se producen cambios que afectan a su aspecto, olor, sabor, textura entre otros. La mayor parte de estos cambios conllevan un efecto de pardeamiento, producido por el desarrollo de pigmentos, consecuencia de reacciones enzimáticas y no enzimáticas. Estos cambios están íntimamente ligados a la degradación de vitaminas y otros nutrientes, el pH óptimo para la actividad de la polifenol oxidasa se encuentra entre 5 a 7. Los enlaces que forma la enzima van siendo más débiles cuando aumenta la temperatura (Posada, 2011).

Las polifenol oxidasas son enzimas ubicuas en plantas que catalizan la reacción dependiente de oxígeno que transforma o-difenoles en o-quinonas. Estas quinonas son especies muy

reactivas capaces de modificar covalentemente un amplio abanico de especies nucleófilas del interior de las células que conduce a la formación de polímeros marrones o negros responsables de importantes pérdidas económicas en el mercado de frutos y vegetales (Whittaker, 1969).

pH

El pH es uno de los posibles métodos para medir la acidez de un producto. Se evalúa de acuerdo a una escala que va de 1 a 14 (Michelis & Rajchenberg, 2006).

El pH del hongo fresco conservado en bandeja de espuma de poliestireno (icopor) recubierta con película transparente de cloruro de polivinilo es de 6.19 con 15 días de almacenamiento (Cortéz, Ruiz, & Henriquez, 2011).

Textura

En los alimentos las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido en agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidos, confiriendo al alimento un aspecto arrugado (Fellows, 2000).

La fuerza máxima de deformación (gf) en hongo fresco, en dos atmosferas de conservación durante 12 días de almacenamiento no se apreciaron muchas diferencias ya que el día cero tenía 92 gf, el cual fue disminuyendo hasta el día 9 llegando a una fuerza de 75 gf, pero esto volvió a su estado normal el día 12 llegando a 92 gf (Ruiz., 2010).

Actividad de agua

El termino (a_w) determina el grado de interacción del agua con los demás constituyentes de un alimento y es una medida indirecta del agua disponible para realizar las diferentes reacciones químicas y bioquímicas que pueden suscitarse en dicho alimento, la (a_w) puede determinarse mediante la relación entre la presión de vapor de agua contenida en un alimento a una temperatura dada y la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura, como la presión está relacionado con la humedad relativa, la actividad de agua se define como la humedad relativa de equilibrio dividida por 100 (Colina, 2010), (Singh & Heldman, 2009).

Indica la fracción del contenido de humedad total de un producto que está libre, y en consecuencia, disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo diversas reacciones químicas que afectan a su estabilidad (LAB-FERRER, 2015). La a_w también está relacionada con la textura de los alimentos. Los alimentos con una a_w elevada tienen una textura más jugosa, tierna y masticable. Cuando la a_w de estos productos disminuye, aparecen atributos de textura indeseables como dureza, sequedad y endurecimiento (LAB-FERRER, 2015).

Color

El color es un atributo muy importante a la hora de medir la calidad de un alimento y en base a este se identifican muchas de las propiedades del mismo, de hecho, el color es el primer contacto que tiene el consumidor con los productos y posteriormente, los juzga por sus demás características sensoriales. Esto es contundente, ya que cuando el color de un alimento cambia, se obtiene una respuesta de rechazo de parte de los consumidores. Con el fin de promover una comunicación objetiva, en la industria de alimentos es imprescindible contar con un sistema de medición de color. Para llevar a cabo la evaluación del color, existen dos procedimientos:

medición sensorial, en la que interviene panelistas entrenados, y medición instrumental, que incluye equipos como el colorímetro. La aplicación de un colorímetro en la industria tiene como objetivo encontrar diferencias de color entre una muestra y un patrón, disminuyendo así la subjetividad que conlleva a la evaluación realizada por una persona (Cornejo, Chuchuca, & Dick, 2012).

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos de los cuales son el resultado del procesamiento y manejo del alimento. Otros son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Cuando se someten a tratamientos térmicos, los alimentos desarrollan tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un café intenso, debido a las reacciones de caramelización y de Maillard (Badui, 2006).

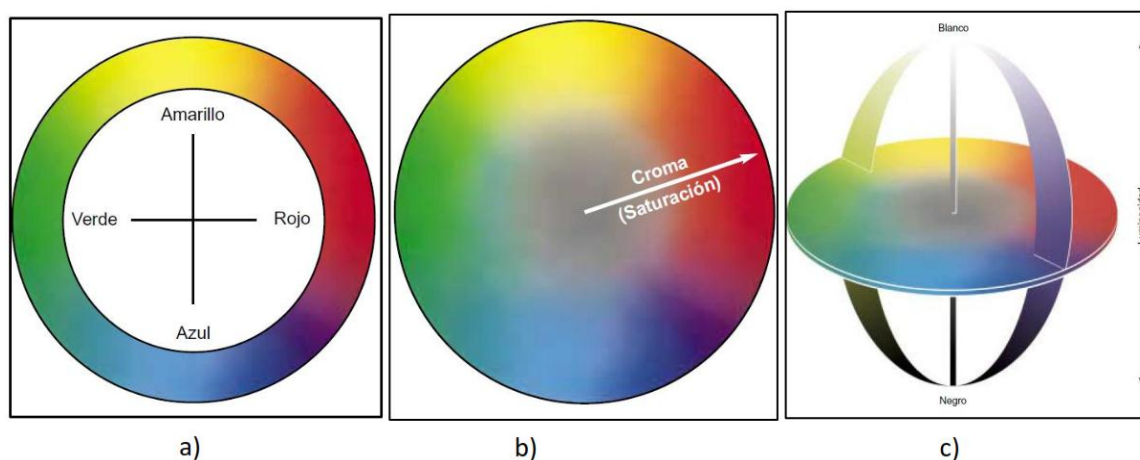


Figura 5. Circulo cromático: a) Tono, b) Saturación y c) Claridad.

Los valores obtenidos por el equipo se dan en las coordenadas del espacio CIELAB formado por un sistema cartesiano definido por tres coordenadas que describen el color de un objeto. Así L^* que indica luminosidad que va de negro a blanco tomando valores de 0 - 100, a^* significa un cambio de color rojo ($+a^*$) a verde ($-a^*$) y b^* un cambio de amarillo ($+b^*$) a azul ($-b^*$). Además de los parámetros anteriormente descritos se encuentran dos parámetros adicionales,

ángulo de matiz (H^*) y cromaticidad (C^*), cuya similitud está íntimamente relacionado con los parámetros a^* y b^* . El ángulo de matiz indica el tono o color predominante y la cromaticidad (C^*) indica la relación con la proporción del color puro (Mora, 2014).

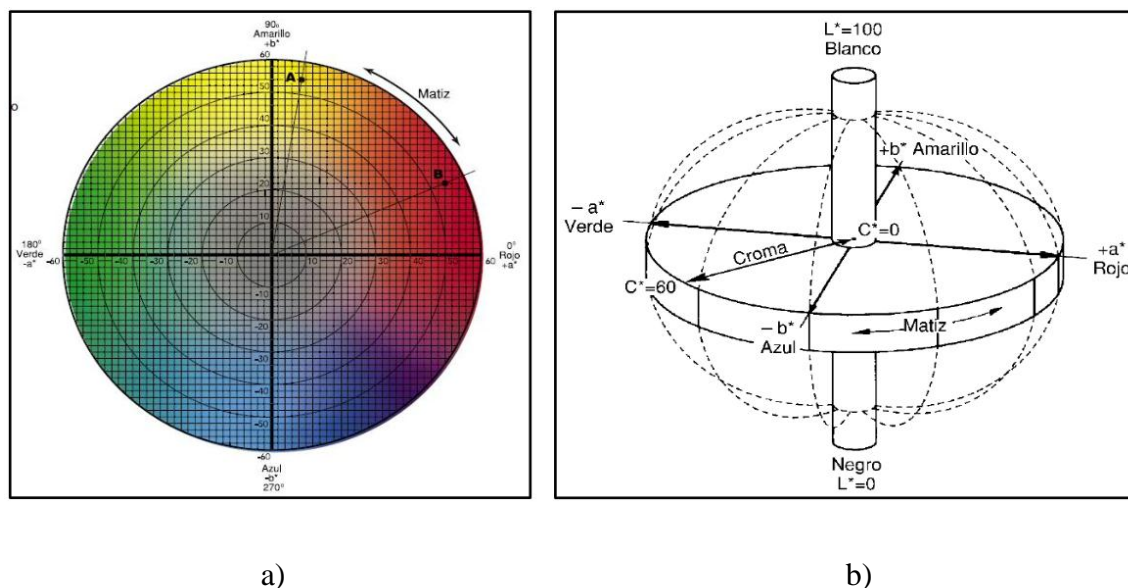


Figura 6. a) Grafica del color CIELAB, b) el valor de L^* se representa en el eje central.

Los ejes a^* y b^* aparecen sobre el plano horizontal.

Los cambios de color en hongos frescos son menores respecto a los que son conservados con impregnación al vacío, estudios efectuados en diferentes estructuras vegetales como la manzana, fresa y la papaya demuestra que una de las propiedades físicas más afectadas por la impregnación al vacío es el color, el comportamiento cromático de a^*b^* se ubica en la zona de escala de grises, los valores en a^* (cromaticidad) van desde -0.5 hasta 1, en b^* desde 15 hasta 26, en cambio en L^* (luminosidad) varía desde 60 hasta 90 ya que tendencia un ligero oscurecimiento durante el almacenamiento, debido a las reacciones de pardeamiento enzimático. Se considera que ya no es apto para su consumo cuando presenta manchas de coloración parda y presenta ennegrecimiento (Ruiz, 2009).

2.4. METODOS DE CONSERVACION DE HONGOS COMESTIBLES

2.4.1. Refrigeración

La refrigeración retarda los procesos químicos y biológicos en los alimentos y el subsecuente deterioro y pérdida de calidad y nutrientes, incrementa la vida en anaquel de los alimentos perecederos. Se considera que una temperatura de 4°C o menos es una temperatura de refrigeración segura (Cengel & Boles, 2002).

El almacenamiento en frío es la técnica más ampliamente utilizada para la conservación de frutas hortalizas. Esta se basa generalmente en la aplicación de ciertas temperaturas constantes a los frutos a conservar, siempre por encima del punto crítico para poder mantener cualidades organolépticas, nutritivas, etc.; durante un periodo de tiempo que dependerá de la especie y variedad que se trate (Artes, 2000).

La conservación refrigerada bajo condiciones óptimas permite reducir las pérdidas cualitativas y cuantitativas debidas a desordenes fisiológicos y pobredumbre retrasar la maduración y senescencia, así prolongar la vida comercial de los productos hortofrutícolas en general, con calidad idónea para consumo en fresco o industrial (Artes, 2000).

2.4.2. Conservante

Cloruro de calcio

Las sales de calcio forman parte del gran conjunto de agentes mejoradores y/o conservantes de las características nutricionales y de calidad de las frutas y vegetales mínimamente procesados. Son comúnmente usados en la industria como agentes reafirmantes para los tomates en conserva, pepino y otros vegetales, y han reportado un beneficio en la reducción del oscurecimiento en manzanas, pimientos, fresas, tomates y melocotones. Cabe resaltar su gran

importancia tanto en el ámbito sensorial como agente mejorador de textura y como antipardecante (Martin, et al., 2007).

El efecto de calcio sobre la textura puede ser explicado por diferentes mecanismos: 1) capacidad para servir como vínculo de unión a sustancias pecticas en la pared celular y lamina media, formándose pectato cálcico que aporta firmeza al tejido reduciendo el ablandamiento y la perdida de agua; y 2) el aumento de la turgencia celular (Luna & Aguilar, 2011).

La aplicación de calcio en los alimentos se realiza a través de sales, como el cloruro de calcio el cual tiene un papel importante en la transformación de las membranas de la pared celular, fortaleciendo su integridad y por ende la textura durante el tiempo de conservación ya que el calcio influye en la permeabilidad de la membrana, activación de enzimas específicas y en la evolución de la senescencia de los frutos, considerando que un aumento de su concentración en el tejido, altera los procesos de la respiración y senescencia (García & Praderas, 2010).

El calcio tiende a ser responsable de la rigidez de los tejidos, por estar ligados inter e intramolecularmente con las sustancias pécticas que forman la pared celular, permitiendo limitar la susceptibilidad de los trozos del fruto a la acción de las enzimas pectolíticas. Esta conclusión es resultado de un tratamiento correspondiente a la aplicación de 3% de cloruro de calcio y 0.8% de ácido láctico en frutas de piña y melón troceados y almacenados en refrigeración (5°C) permitió determinar que al quinto día la presencia de salida del jugo celular y tejido aguado con sobre- ablandamiento en algunas partes del fruto, dando estas respuestas, en otro ensayo se incrementó el nivel de cloruro de calcio al 6% y al 1% del ácido láctico, también se disminuyó el pH de 3.5 a 3.0 con el fin de minimizar la actividad de las enzimas

poligalacturonasa y pectinesterasa, lo cual ejerció un mejor control sobre el crecimiento de microorganismos sin la ocurrencia de salida del jugo celular y cambios indeseables sobre el tejido (García & Praderas, 2010) .

2.4.3. Envases

Cloruro de polivinilideno

La característica excepcional del PVDC es su baja permeabilidad al vapor de agua y gases, por lo que es ideal para el envasado de alimentos, aumenta las barrera de la película, reduce de la permeabilidad para el oxígeno y los sabores y por lo tanto extender la vida útil de los alimentos dentro del paquete (Mariano, 2012).

Bandejas de poliestireno expandido

El poliestireno es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno, el poliestireno expandido consiste en 95% de poliestireno y 5 % de un gas que reducen la densidad del material, su aplicación es para embalaje de productos frágiles, muy ligero; el poliestireno expandido garantiza higienicidad, limpieza, practicidad y comodidad para el consumidor (ECOPLAS, 2011).

Permeabilidad: se refiere en forma cuantitativa a la cantidad de alguna sustancia que pueda atravesar una película plástica. Al aumentar la temperatura cualquier reacción que se esté dando entre las sustancias (que de ahora en adelante serán llamados permeantes a la sustancia que se mueve y película plástica a la otra) se acelera. Además las moléculas de película plástica se dilatan y absolutamente todos los espacios se agrandan. Ocurrido esto se debilitan las fuerzas que mantienen unidos polímeros, moléculas y átomos, intensificándose el anterior efecto. A mayor temperatura, mayor permeabilidad (Cortez, 2004).

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se realizó en dos etapas: (1) CULTIVO: invernadero, en el departamento, provincia y distrito de Puno, C.P. Jayllihuaya. (2) ANÁLISIS DE SU CONSERVACIÓN: en Laboratorio de Evaluación Nutricional y Laboratorio de Pos cosecha de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA Puno.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.2.1. Materia prima y aditivos alimentarios

- Micelio de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*), procedentes de SETAS- PERÚ- Cusco.
- Tallo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Blanca de Juli, procedente del C.P. Jayllihuaya.
- Tallo de cebada (*Hordeum Vulgare*) var. Moronera INIA, procedente de C.P. Jayllihuaya.
- Cloruro de calcio grado alimentario 99% de pureza.
- Carbonato de calcio

3.2.2. Materiales y equipos

- Estantes de madera (3m x 0.3m x 1.5 m) largo-ancho-altura.
- Ollas metálicas (25 L) de acero inoxidable.
- Bandejas de poli estireno expandido (12x20x1.5cm).
- Película transparente de cloruro de polivinilo.
- Bolsas de PEBD, tamaño de 10 x 15 cm, Marca Alitecno.
- Colorímetro PCE L0 100/a SC20
- Balanza analítica METTLER TOLEDO PB3002-S, precisión de 0.01 g, Cap. 220g
- Termómetro: Cap. 0- 100°C, precisión: ± 1 ° C, Marca: Boeco

- Termo higrómetro portátil digital, Modelo: SA 7663, Marca: Eurolab
- Refrigeradora: marca ICECROWN modelo 456C.009 (capacidad 200 kg)
- pH metro digital: METTLER Toledo pH= 7, Cap. 0- 14
- Texturómetro BROOKFIELD CT3, exactitud $\pm 0.5\%$ FSR (Full Scale Range).
- Aparato de destilación kjeldahl: Digestor y destilador
- Molino de discos, marca CORONA, cap. 1 kg/ batch
- Cocina a gas, Marca Superior.
- Cuchillo de acero inoxidable y mango de madera.
- Crisol de Porcelana, diámetro 5 cm.
- Mortero (diámetro 10 cm) y pilón de porcelana.
- Cajas isotérmicas de Tecnopor.

3.2.3. Ambientes

Invernadero: las medidas del invernadero fueron: de 3x 4x 1.8 metros (L, A, H) respectivamente con 2 ventanas de iluminación una al este y otra al oeste.

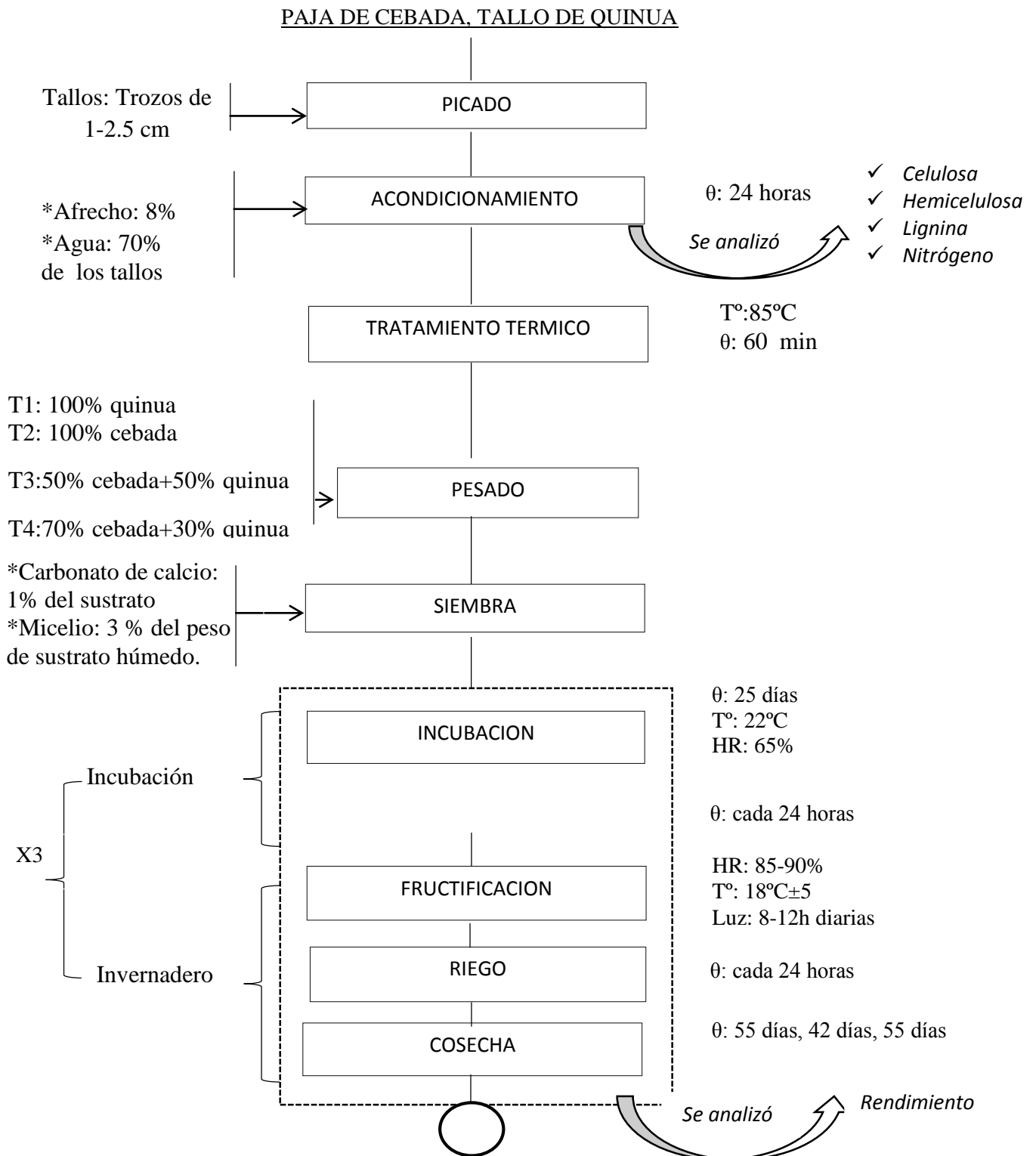
ETAPA DE INCUBACIÓN: se forró completo con un toldo negro para que se conserve el calor pero no haya contacto con los rayos solares, por las noches se mantuvo la temperatura con dos focos de 60 watts, se regulo la temperatura haciendo riegos cada 24 horas y se controló con un termo higrómetro.

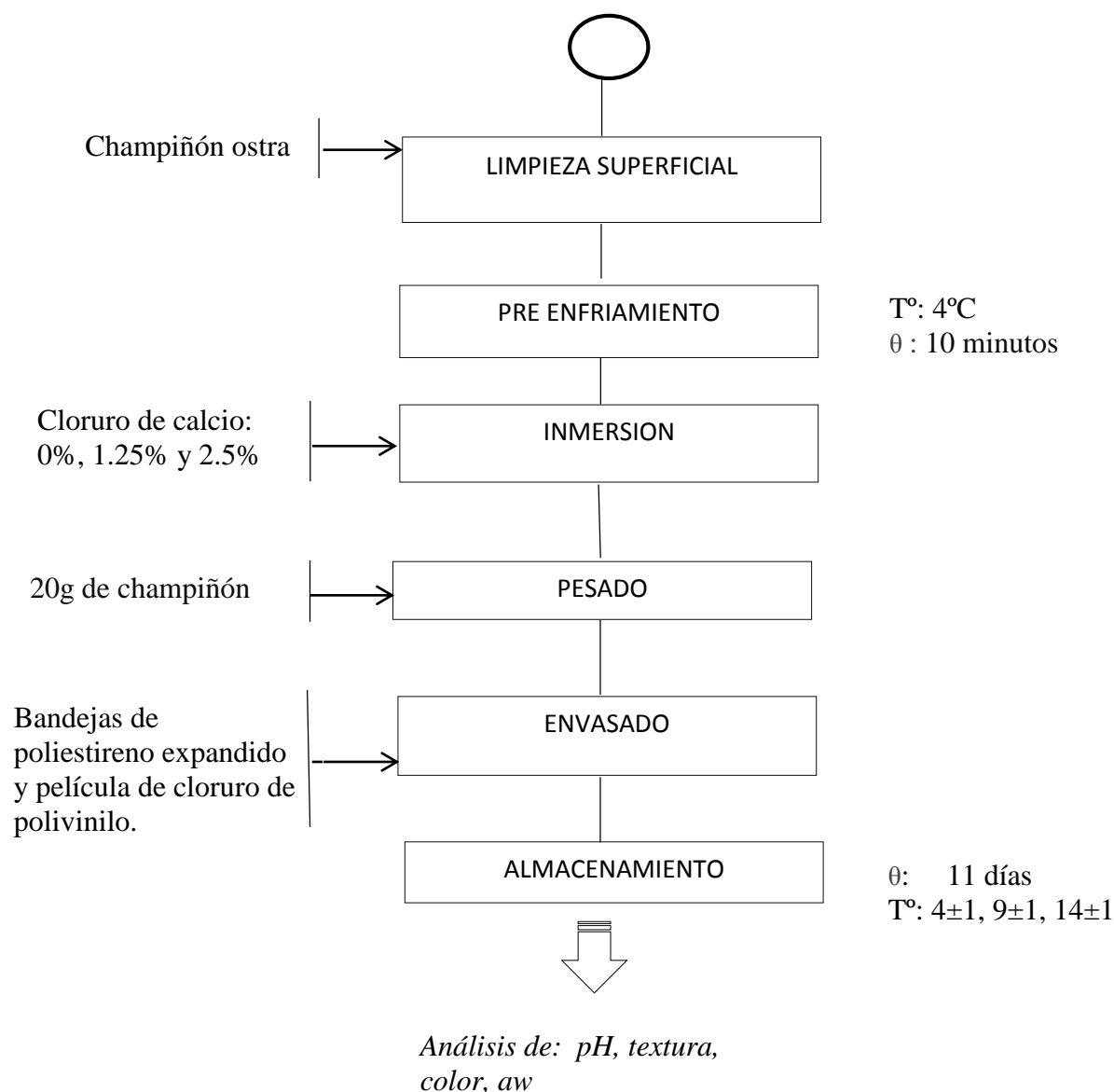
ETAPA DE FRUCTIFICACIÓN: se quitó el toldo para que haya presencia de sol durante el día, y fue en el mismo ambiente, y con las mismas características ambientales.

3.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El cultivo de champiñón ostra y su conservación se realizó de acuerdo a la Figura 7 que se muestra a continuación:

Figura 7. Cultivo de champiñón ostra y conservación





Fuente: Elaboración propia (2017).

3.3.1. Cultivo de Champiñón ostra sobre residuos de quinua y cebada

- Recepción de la materia prima: La recepción de micelio de Champiñón ostra se realizó de la empresa SETAS PERÚ de la ciudad de Cusco.
- Picado: Los tallos de cebada y tallos de quinua se cortaron transversalmente de un tamaño de 2 cm de largo, los cortes de hicieron manualmente.

- Acondicionamiento: Se pesó la cantidad de sustrato requerido y se remojaron los tallos picados en recipientes de plástico de 20 litros con 70% de agua agregando 8% de afrecho, durante un tiempo de 24 horas.
- Tratamiento Térmico: Se pasteurizó los tallos a 85°C durante 1 hora con el tercio de agua del sustrato.
- Siembra: Se escurrió toda el agua sobrante que tenga el sustrato, luego en una mesa se agregó carbonato de calcio 2% del sustrato, y se mezcló de manera homogénea el micelio (semillas de hongos) en un 3% del peso del sustrato húmedo, las dimensiones de las bolsas de PEBD fueron de 20x30 cm, las bolsas se perforaron de tal manera que solo el 2% de la superficie de la bolsa quedó expuesta al aire y así mantener la humedad del sustrato.
- Incubación: Se mantuvo en un cuarto de incubación durante 25 días, a una temperatura de 22°C que donde se pudo monitorear la temperatura con el termo higrómetro.
- Riego: Los riegos se hicieron en forma de pulverizaciones hacia el ambiente en el cuarto de incubación con un intervalo de tiempo de 2 días y durante los 25 días se mantiene los cultivos en oscuridad.
- Fructificación: Cuando el micelio ha colonizado el sustrato totalmente, se mantuvieron los rangos de temperatura (18°C), lo cual se logró durante el día con la temperatura ambiental de invernadero y durante la noche con 2 focos de 60 watts, humedad (85-90%) y luz natural (8-12 horas diarias) para inducir al micelio a formar cuerpos fructíferos.
- Riego: Los riegos se hicieron en forma de pulverizaciones hacia el ambiente en el invernadero con un intervalo de tiempo de 2 días.
- Cosecha: la primera cosecha se realizó a los 55 días cuando el sombrero del hongo se encuentra aplanado lo cual nos indica que el champiñón ostra ya está maduro, se hizo el corte

con cuchillo de acero inoxidable desde los pies del hongo; la segunda cosecha a los 42 días para lo cual se repitió el procedimiento desde la incubación y la tercera cosecha a los 55 días con el mismo procedimiento.

3.3.2. Almacenamiento de Champiñón ostra con adición de solución conservante.

- Limpieza Superficial: Se realizó una limpieza superficial con un paño húmedo para quitar las impurezas externas.
- Pre enfriamiento: Se bajó la temperatura del champiñón a 4°C llevándolo a refrigeración.
- Inmersión: Se preparó una solución de 1.25 % y 2.5% de cloruro de calcio (CaCl), la solución conservante se mezcla por inmersión, luego se deja orear durante 30 minutos.
- Envasado: Se empleó bandejas de (poliestireno expandido y película de cloruro de polivinilo), en cada envase se pesó 20 g de champiñones.
- Almacenamiento: Se almacenó a 4°C, 9°C, 14°C, durante 11 días y se midieron sus propiedades fisicoquímicas (pH, textura, color, aw) cada 2 días.

3.4. FACTORES DE ESTUDIO

3.4.1. Evaluación de características químicas en los residuos de quinua y cebada para obtener el cultivo con mayor rendimiento.

Variables independientes

Composición de tallos de quinua y tallos de cebada

- Celulosa (%)
- Hemicelulosa (%)
- Lignina (%)

- Nitrógeno (%)

Variables dependientes

Cultivo de champiñón ostra

- Rendimiento (%)

3.4.2. Conservación de champiñón ostra a bajas temperaturas con solución conservante

Variables independientes

Condiciones de almacenamiento

- Solución de cloruro de calcio: 0%, 1.25%, 2.5%
- Temperatura de almacenamiento: 4°C, 9°C, 14°C

Variables dependientes:

Características fisicoquímicas del champiñón ostra

- pH
- Aw
- Color (ΔE)
- Textura (g/f)

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

pH: Se pesó 10 g de muestra y añade 100 ml de agua destilada, luego se molió en un mortero, decantar el sobrenadante y filtrar, luego se calcula el pH de la muestra por medición directa según Merma, (2014). empleando el potenciómetro Mettler Toledo digital previamente calibrado con una solución buffer de pH 7 al 98% de precisión.

Color: Para su determinación se ha seguido lo descrito por Ripoll (2012) utilizando colorímetro CS - 20, en el espacio CIELAB. Este sistema permite identificar el color con la ayuda de las coordenadas, luminosidad (L^*), tonalidades de rojo - verde (a^*) y las tonalidades de amarillo - azul (b^*) para cada muestra.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

En el presente trabajo se obtuvo la variación total del color que es la medida de la diferencia total de color entre el estándar y la muestra (Rafael, 2014).

Actividad de agua: Se hizo uso de un instrumento denominado AquaLab. Este lleva incorporados dos sensores, uno que determina la temperatura superficial de las muestras mediante infrarrojo y otro que mide el punto de rocío por condensación sobre un espejo enfriado según AOAC (1978), para lo cual se cortó una lámina del hongo a analizar el cual es llevado en un porta muestras al equipo Aqualab y se tomó la medida directamente.

Análisis Físicos:

Textura: Se prendió el equipo (Texturómetro CT3 BROOKFIELD) donde se ajustó la aguja de precisión para después llevar el producto sobre la plataforma, luego se escribieron los valores para el ensayo: fuerza de inicio, deformación y velocidad y finalmente se dio inicio al ensayo y se anotó la medida de las lecturas según Castro & de Hombre (2007).

3.6. ANALISIS ESTADÍSTICO

Diseño completo al azar:

Para la primera parte del experimento, el cultivo de champiñón ostra se realiza un diseño completo al azar (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones, donde se calculó el

rendimiento. Y se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan al 5% para seleccionar el mejor tratamiento.

Diseño superficie de respuesta con ajuste central compuesto:

Para la segunda parte del experimento, los datos se procesaron con el paquete estadístico STATGRAPHIC Centurión XVII.I, se utilizó el diseño de superficie de respuesta con ajuste central compuesto (Ibañez, 2009), dado que se tiene dos variables cuantitativas (Concentración de Conservante y Temperatura), donde se consideró cinco puntos centrales. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), con un 95.0% de significancia.

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y = Variable de respuesta.

μ = Media general del experimento.

α_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (Temperatura).

β_j = Efecto del j -ésimo tratamiento (Concentración de cloruro de calcio).

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la ij -ésima interacción de Temperatura y Concentración de cloruro de calcio.

ε_{ijk} = Error experimental

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS (CELULOSA, HEMICELULOSA, LIGNINA, NITRÓGENO) DE LOS RESIDUOS DE QUINUA Y CEBADA PARA OBTENER EL CULTIVO DE CHAMPIÑÓN OSTRA CON MAYOR RENDIMIENTO.

a. Caracterización de residuos de quinua y cebada.

Para iniciar la parte experimental de esta investigación, se caracterizaron los residuos: tallos de quinua y tallos de cebada en diferentes porcentajes como se muestra en la Tabla 6, con el propósito de calcular cuánto influyen el % de celulosa, % de hemicelulosa, % lignina y el % de nitrógeno en el rendimiento del cultivo de champiñón ostra.

Tabla. Análisis químico de tallo de quinua y tallo de cebada.

Muestra	% Nitrógeno	% Celulosa	% Hemicelulosa	% Lignina
T1: 100% quinua	0,61	69,26	13,23	53,46
T2: 100% cebada	0,69	58,54	16,60	34,60
T3: 50%cebada+50%quinua	0,69	62,46	13,60	43,57
T4: 70%cebada+30%quinua	0,73	61,00	16,91	37,80
T5: 30%cebada+70%quinua	0,69	66,23	14,54	47,40

Fuente: Laboratorio de Análisis Nutricional.

En residuos de 100% quinua se halló 0.61% de nitrógeno el cual es menor que en otros tratamientos, esto es debido a una mala absorción de nitrógeno por parte de la planta de quinua

(Perdomo, s/f) en especial un alto contenido de nitrógeno en algunas plantas no sólo pueden producir mayor nivel de rendimiento sino también mayor nivel de proteína; en cambio (Cañas, 1998) encontró 1.1% de nitrógeno en tallos de quinua pudiendo ser la causa que la quinua se desarrolló en otro hábitat, con otras condiciones de suelo o con otras condiciones climáticas. Por otra parte en residuos de 100% cebada se encontró 0.69 de nitrógeno que es mayor a lo que halló Adapa, Tabil & Schoenau, (2009) un 0.46%, en cambio Viziteu, (2005) halló 0.52% de nitrógeno esto es debido a que estos últimos fueron cultivado en Rumania donde también se está cultivando hongos ostra y utilizando como sustrato la cebada. En la combinación de 50% cebada+50% quinua y en la combinación de 70% cebada+30% quinua se calculó 0.69 de nitrógeno; pero a diferencia de la combinación de 70%cebada+30%quinua se halló 0.73 de nitrógeno que fue el de mayor porcentaje entre todo los tratamientos según la Tabla 6.

Según la Tabla 6, se encontró 69,26% de celulosa en residuos de 100% quinua, la celulosa es una molécula que da estructura y soporte a la planta que es impermeable al agua, por lo cual es resistente a la hidrolisis según Martin (1981), en cambio Cañas (1998) halló hasta 50.9 % de celulosa en su estudio que realizó con tallos de quinua obtenidos de la región Puno. Por lo que se puede explicar que los tallos de quinua con los que se trabajó en la presente investigación estaban muy maduros ya que la celulosa es una estructura que da soporte a la planta y mientras más hayan madurado presentan una estructura más resistente según Martin (1981). En tallos de 100% cebada, se halló 58,54% de celulosa lo cual significa que tiene un estructura menos resistente que los tallos de quinua, por lo que se puede afirmar que presenta mejores condiciones en cuanto a celulosa a comparación que los tallos de quinua; en cambio para las combinaciones de 50%cebada+50%quinua se encontró 62.46% de celulosa, para 70%cebada+30%quinua se encontró 61% de celulosa y para 30%cebada+70%quinua se calculó 66.23% de celulosa.

. En la Tabla 6 se obtuvo 16.91% de hemicelulosa en 70 % cebada+30 % quinua que representa el mayor contenido de hemicelulosa en cuanto a los cinco tratamientos, la hemicelulosa debido a su composición ramificada absorbe agua fácilmente, esto contribuye en propiedades tales como el hinchamiento, movilidad interna y aumento de flexibilidad de las fibras (Otero, 1988), por lo que fue el mejor tratamiento en cuanto a rendimiento en el cultivo de champiñones según la Tabla 7; seguido del tratamiento de 100% cebada que presenta 16.60 % de hemicelulosa, en cambio los que tuvieron menor cantidad de hemicelulosa son los tratamientos formados por 100% quinua con 13.23% de hemicelulosa, en 50% cebada+50% quinua se halló 13.6 % de hemicelulosa y en 30% cebada+70% quinua tuvo 14.54% de hemicelulosa ya que los tallos de quinua que se usaron fueron muy maduros.

En cuanto a lignina, según la Tabla 6 se presentó en mayor cantidad en el tratamiento de 100% quinua, con un total de 53.46%, la lignina se encuentra químicamente unida a la hemicelulosa y rodeado de fibras compuestas por celulosa según Atlas & Bartra (2002), es una sustancia que le confiere rigidez a las paredes celulares, se presenta como un agente de unión entre las células, generando con ello una estructura resistente al impacto, compresión y doblado según Otero (1998), por lo que se deduce que los tallos de quinua presentan alto contenido de lignina en las paredes del tallo, lo cual solo se pudo hidrolizar vía enzimática con enzimas como lacasa y manganeso peroxidasa según Martin (1981). En el tratamiento de 100% cebada solo se halló 34.6% de lignina por lo que se puede deducir que es el tallo que presenta menor rigidez en comparación a los tallos de quinua.

b. Rendimiento del cultivo de Champiñón ostra sobre tallos de cebada y tallos de quinua.

De manera general considerando las pruebas significativas de Duncan en la Tabla 7, se observa que en el rendimiento de cultivo de Champiñón ostra existió diferencias altamente significativas en función a los cinco tratamientos (T1: 100% quinua), (T2: 100% cebada), (T3: 50 % quinua+50% cebada), (T4: 30 % quinua+70% cebada) y (T5: 70 % quinua+30% cebada); lo cual indica que los tratamientos son diferentes entre sí sobre esta variable y existen tres subconjuntos.

Tabla 5. Pruebas significativas de Duncan para el rendimiento de sustrato en el cultivo de Champiñón ostra.

	Tratamientos	Rendimiento (%)	Significancia
Duncan	100% Quinua	15,026	A
	100% Cebada	43,900	B
	30% Cebada + 70% Quinua	45,651	B
	50% Quinua + 50% Cebada	48,652	b c
	70% Cebada + 30% Quinua	53,126	C

Fuente: Elaboración propia.

En el rendimiento del cultivo de Champiñón ostra existe una diferencia altamente significativa entre los cinco tratamientos como se observa en la Tabla 7.

El tratamiento 5 compuesto por 70% cebada+30% quinua fue el que obtuvo un mayor rendimiento y analizando la Tabla 6 las características químicas que tiene este tratamiento es: 0.69% de nitrógeno, 62.46% de celulosa, 13.60% de hemicelulosa y 43.57% de lignina como composición química. Donde analizamos que tiene una menor cantidad de hemicelulosa a comparación con los otros tratamientos, ya que la

composición ramificada de la hemicelulosa absorbe agua fácilmente lo que contribuye en propiedades tales como el hinchamiento, movilidad interna y aumento de flexibilidad de fibras (Otero, 1988); también se observa en la Tabla 8 que existe una desviación estándar de 1,61 que es menor que los otros cuatro tratamientos a excepción del Tratamiento 1 (100% quinua), lo que garantiza un rendimiento poco fluctuante de $53.13\% \pm 1.61$, Así también en este tratamiento encontramos lignina 34.60% que es menor entre los 5 tratamientos a excepción de Tratamiento 2 (100% cebada); la lignina es la sustancia que le confiere rigidez a las paredes celulares y se presenta como un agente de unión entre las células, generando con ello una estructura resistente al impacto, compresión y doblado (Otero, 1988), la lignina está formado por unidades de fenilpropano cuyos enlaces se hidrolizan por vía química o enzimática, lo cual facilitó la producción de Champiñón ostra por su bajo porcentaje ya que al tener mucha lignina podría ser más resistente lo que impide que el micelio se colonice totalmente el los sustratos y tarde más tiempo en su crecimiento.

Seguidamente encontramos al residuo de 50%cebada+50% quinua donde se obtuvo un rendimiento de 48.65% con una desviación estándar de 5.01 según la Tabla 8, lo que indica que la variación es muy alta y no hay mucha confiabilidad. Aunque este presenta un alto rendimiento seguido del mejor tratamiento; con composición química de: 62.46% de celulosa, 13.6% de hemicelulosa, 43.57% de lignina, 0.69% de nitrógeno.

En los residuos de (30% cebada +70% quinua) y residuos de 100%cebada los rendimientos fueron similares de 45.65% y 43.9% respectivamente según la Tabla 7, donde hubo un rendimiento mayor al de capacho de uchuva o aguaymanto que presento 39.03 % de rendimiento según Hernández & López (2005), lo cual es debido a que los residuos de cebada y quinua tienen un alto contenido lignocelulósico.

Por otra parte según la Tabla 8 del Anexo 3 se observa que el residuo que tuvo el menor rendimiento para el cultivo de Champiñón ostra fue el de 100% tallos de quinua donde se logró obtener un promedio de 15.03% de rendimiento y observando las características de este residuo tiene 0.61% de nitrógeno que es menor a 1.1% que determinó Cañas (1998), la cantidad de hemicelulosa obtenida fue 13.23 y haciendo una comparación con un estudio previo se obtuvo 37.6 donde existe una diferencia muy significativa, de lo que podemos deducir que el tallo de quinua que se usó para elaborar el sustrato llegó a su máxima etapa de maduración lo que muestra que tenga un alto contenido de lignina (53.46%) y poca cantidad de hemicelulosa 13.23%, lo suficiente para que el champiñón ostra degrade a la hemicelulosa por medio de sus enzimas como son xilanasas, galactanasas, manasas, arabinasas y glucanasas (Martin, 1981).

4.2. Conservación de champiñón ostra a bajas temperaturas con solución conservante

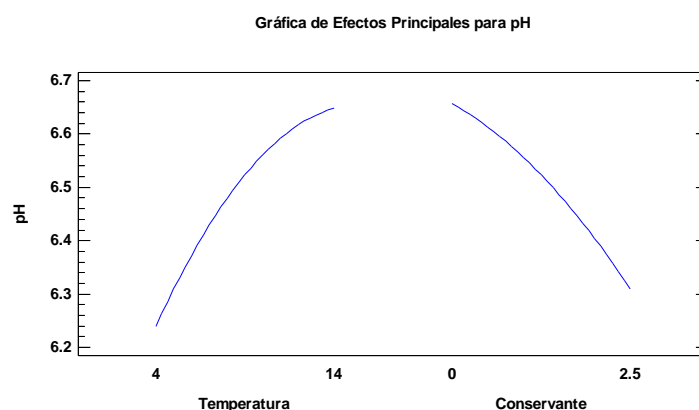
En la segunda etapa del experimento se utilizó el diseño de superficie de respuesta con ajuste central compuesto para optimizar los valores de temperatura y solución conservante de cloruro de calcio durante el almacenamiento de champiñón ostra, bajo las condiciones óptimas se determinaron los valores deseados de las variables respuesta: pH, aw, color y textura; resaltando que este experimento requiere trece unidades experimentales (replicas). Los resultados se presentan a continuación:

4.2.1. Efecto de la temperatura y solución conservante de cloruro de calcio en el pH de champiñón ostra

En la figura 8, se tiene la gráfica de efectos principales de las variables Temperatura y Solución Conservante (cloruro de calcio) y el efecto que producen en el pH del

champiñón ostra, donde se observa que el factor temperatura tiene una línea con pendiente positiva lo que indica que el pH asciende cuando la temperatura aumenta y es el que mayor efecto tiene sobre el pH del champiñón ostra, en cambio la solución conservante de cloruro de calcio tiene una línea con pendiente negativa que indica que el pH disminuye cuando se tiene mayor solución conservante (Cloruro de calcio).

Figura 8. Grafica de efectos principales para pH

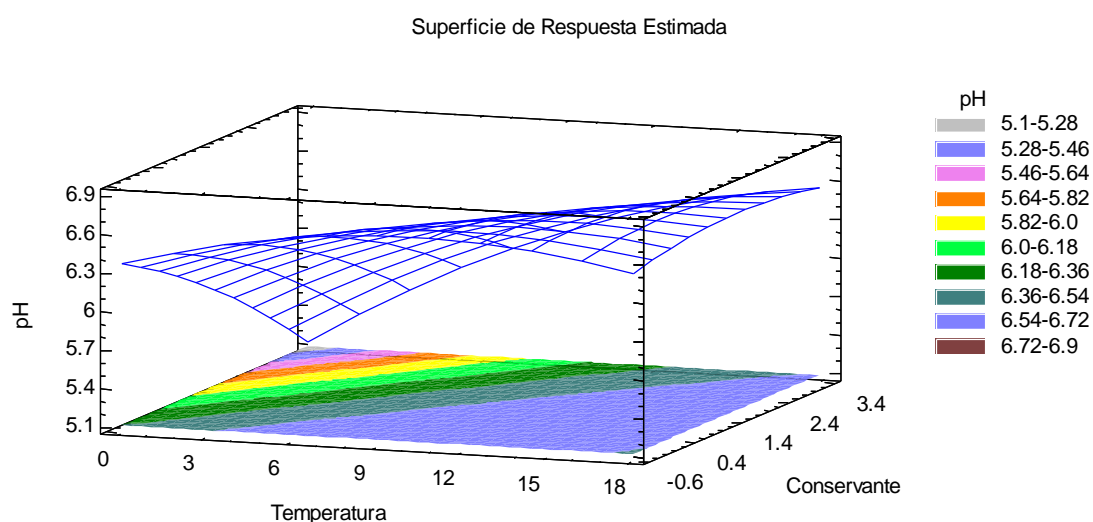


El efecto observado en el presente experimento es similar a otro estudio donde almacené hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* L.) tratados mediante impregnación al vacío con una solución conservante a base de ácido ascórbico, ácido cítrico, sal, pectina de bajo metoxilo y calcio, donde el pH aumento de 4.1 a 6.1 hasta el día 12 de almacenamiento (Ruiz, 2009). Según (Pauro, 2016) en su estudio de aplicación de dos métodos (encerado o inmersión en cloruro de calcio) para la conservación pos cosecha del aguaymanto (*Physalis peruviana*) sin cáliz, se almaceno a dos temperaturas $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $13\pm 2^{\circ}\text{C}$ donde el resultado tuvo una diferencia altamente significativa, lo cual indica que la temperatura de almacenamiento afecto los valores de pH y se destacó con mayor valor de pH a temperatura ambiente, por lo tanto a temperatura de refrigeración se conservó mejor los valores de pH del aguaymanto. Según la Tabla 10 del

Anexo 4, se observa que solo la temperatura produce un efecto significativo en el pH del champiñón ostra, con un valor P menor a 0.05.

En el gráfico de superficie de respuesta según la Figura 9 podemos observar que el comportamiento del pH de Champiñón ostra está representado por una cresta ascendente cuando la temperatura es mayor y la concentración del conservante es menor, el pH asciende, por la otra diagonal se observa que la cresta es descendente cuando se tiene bajas temperaturas y la concentración del conservante es mayor, el pH disminuye; con lo que podemos deducir que el pH del Champiñón ostra tiende a mantenerse bajo (se conserva mejor) cuando la temperatura esta entre 4 a 9°C (temperaturas de refrigeración) y es un factor significativo según la Tabla 10 del análisis de varianza y cuando la concentración del conservante cloruro de calcio esta entre 2 a 2.5 se mantiene mejor el pH del champiñón ostra aunque no es un factor significativo según la Tabla 10 del análisis de varianza para pH.

Figura 9. Estimación de superficie de respuesta para pH



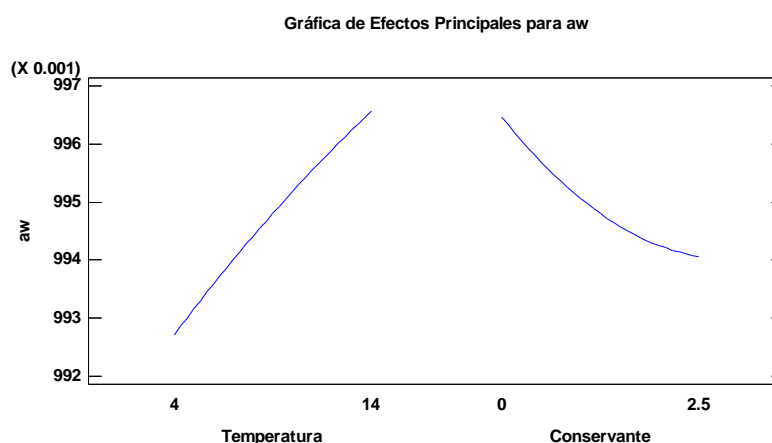
4.2.2. Efecto de la temperatura y solución conservante de cloruro de calcio en la aw de champiñón ostra

En la figura 10, se tiene la presentación grafica de del efecto de la temperatura y la solución conservante de cloruro de calcio en la variación total de actividad de agua (aw) en Champiñón ostra, donde se observa que el factor temperatura tiene mayor relevancia que el factor conservante, a su vez presenta una línea con pendiente positiva lo que significa que a medida que va a aumentando la temperatura la actividad de agua también va ascendiendo, mientras que el factor conservante presenta una curva con pendiente negativa lo que indica que mientras se tenga una menor cantidad de concentración del conservante cloruro de calcio se reducirán los niveles de actividad de agua. Los resultados son similares a los que hallo (Ruiz, 2009) en su estudio de efecto de dos atmósferas de empaque en hongos comestibles tratados mediante impregnación al vacío con una solución conservante a base de ácido ascórbico, ácido cítrico, sal, pectina de bajo metoxilo y calcio, donde la actividad de agua aumenta hasta el novenos día pero luego disminuye en un mínimo porcentaje y son similares a la actividad de agua hallada en el Champiñón ostra, tienden a acercarse a la unidad, pero no hay mucha variación ya que la adición de cloruro de calcio tiene la capacidad para servir como vínculo de unión a sustancias pécticas en la pared celular y lamina media, formándose pectato cálcico que aporta firmeza al tejido reduciendo el ablandamiento y la perdida de agua (Luna & Aguilar, 2011), donde la temperatura de refrigeración es importante ya que ayuda a mantener un equilibrio en la actividad de agua.

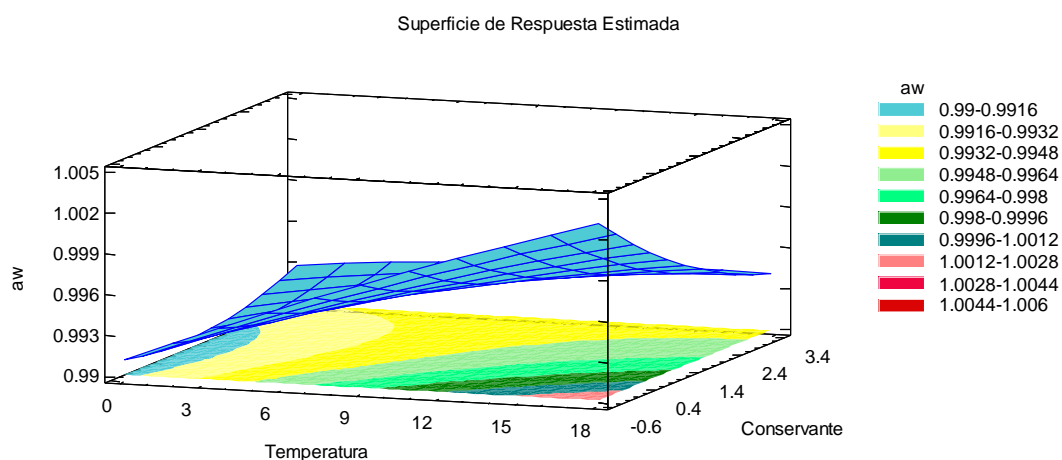
El efecto de la temperatura y el efecto del conservante son significativos según la Tabla 11 por lo que se deduce que para conservar mejor la aw del Champiñón ostra es necesaria mantener a bajas temperaturas 4 °C con solución conservante de 2.5% de

cloruro de calcio como método óptimo de conservación ya que con se obtuvo 0.9935 de actividad de agua que es apto para la conservación de champiñones.

Figura 10. Gráfica de efectos principales para aw.



Según la Figura 11 de estimación de superficie de respuesta para actividad de agua se observa que la temperatura es un factor importante ya que a bajas temperaturas la actividad de agua de los Champiñones es menor y tiende a conservarse con poca variación en cambio cuando de conserva a altas temperaturas tiende a exudar ya que el envase de poliestireno expandido con film de cloruro de polivinilo es permeable lo cual hace que se intercambien las temperaturas y se mantenga en equilibrio la temperatura ambiental con la temperatura del champiñón ostra, por otro lado se observa que el conservante cloruro de calcio es un factor importante para la conservación ya que a mayor solución conservante es menor la actividad de agua.

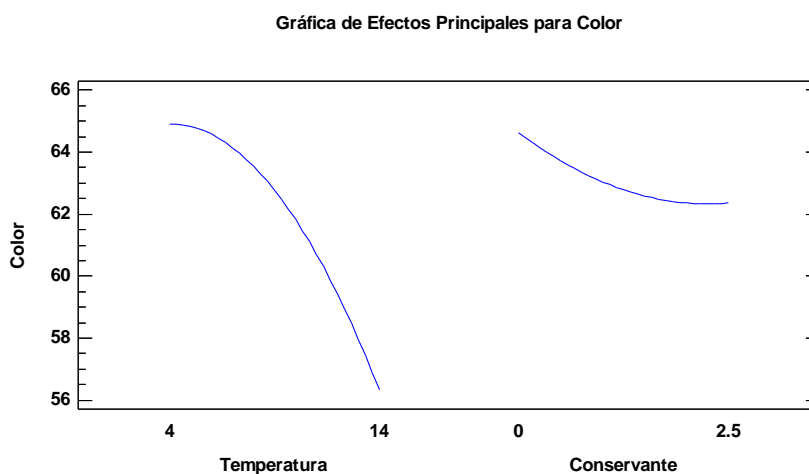
Figura 11. Estimación de superficie de respuesta para a_w 

4.2.3. Efecto de la temperatura y solución conservante de cloruro de calcio en la variación total de color (ΔE) de champiñón ostra

En la Figura 12, se presenta la gráfica de efectos de la temperatura y solución conservante para el color de champiñón ostra donde se observa que el efecto temperatura tiene una pendiente negativa y tiene mayor efecto que la solución conservante, lo que quiere decir que a mayores temperaturas la variación total de color (ΔE) en Champiñón ostra es menor, mientras que en el factor solución conservante tiene menor efecto, se observa una pendiente negativa lo que significa que a mayor concentración de cloruro de calcio la variación total de color (ΔE) es menor pero no existe mucha diferencia a comparación del efecto temperatura

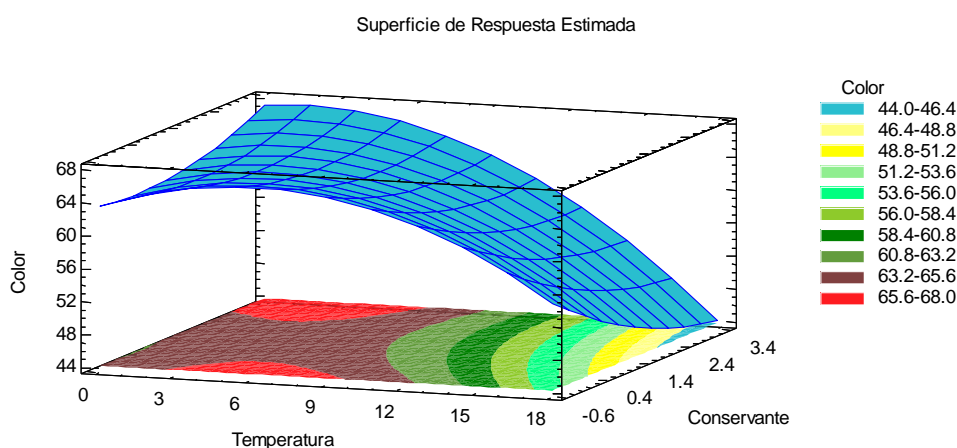
Según la Tabla 12 de análisis de varianza solo el factor temperatura tiene significancia sobre el color del Champiñón ostra más no el factor conservante que no tiene un efecto significativo en la conservación de Champiñón ostra por lo que no es muy necesario agregar una solución conservante para conservar el color de Champiñón ostra o usar otro conservante. Si se quiere conservar mejor el color del champiñón ostra.

Figura 12. Gráfica de efectos principales para color.



En la figura 13 se observa una curva en la que el factor temperatura toma mayor importancia ya que a menores temperaturas el color tiende a aumentar pero cuando el color llega a disminuir se ve que es debido a las altas temperaturas, en cambio observando el efecto de la solución conservante se puede decir que no tiene ningún efecto significativo ya en mínimas proporciones tiende a aumentar cuando la solución conservante es mayor.

Figura 13. Estimación de superficie de respuesta para color



4.2.4. Efecto de la temperatura y solución conservante de cloruro de calcio en la textura de champiñón ostra

En la figura 13, se tiene la presentación grafica de del efecto de la temperatura y la solución conservante de cloruro de calcio en la variación total de textura en Champiñón ostra, donde se observa que el factor temperatura tiene mayor relevancia que el factor conservante, a su vez presenta una línea con pendiente negativa lo que significa que a medida que va aumentando la temperatura la textura va descendiendo, mientras que el factor conservante presenta una curva con pendiente positiva en donde el aumento de la solución conservante lleva a que la textura del alimento también vaya en aumento, aunque en altas concentraciones podría llegar a endurecer mucho el alimento.

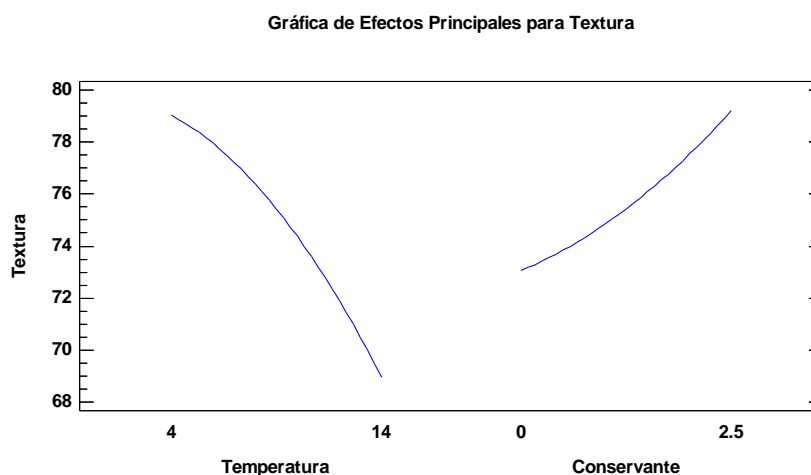
En los alimentos las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido en agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidos, confiriendo al alimento un aspecto arrugado (Fellows, 2000).

Los resultados se mostraron similares a los que se hallaron en un estudio en donde la fuerza máxima de deformación (gf) en hongo fresco, en dos atmosferas de conservación durante 12 días de almacenamiento no se apreciaron muchas diferencias ya que el día cero tenía 92 gf, el cual fue disminuyendo hasta el día 9 llegando a una fuerza de 75 gf, pero esto volvió a su estado normal el día 12 llegando a 92 gf (Ruiz., 2010). En cambio en este estudio se observó que la mejor textura se obtuvo cuando se tenía una temperatura de 4°C con una solución conservante de 2.5% donde la textura descendió de 91.35 gf a 81.84 gf donde el principal factor conservante fue la temperatura, por otro lado a una temperatura de 14°C sin solución conservante se tuvo

una textura inicial de 90.08 gf llegando al día 11 con una textura de 54.47 gf lo que significa que es importante bajar la temperatura del champiñón ya que esto combinado con una solución conservante aporta mucho en la conservación del alimento.

En la Tabla 13 de análisis de varianza para textura se observa que el factor temperatura tiene alta significancia lo cual quiere decir que es más importante que el factor conservante que si es significativo los cuales aportan a su mejor conservación respecto a la textura.

Figura 14. Gráfica de efectos principales para textura



Según la figura 14 la estimación de superficie de respuesta para textura indica que a menores temperaturas la textura es mayor y el champiñón ostra tiende a conservarse mejor, ya que el almacenamiento en frío es la técnica más ampliamente utilizada para la conservación de frutas hortalizas. Esta se basa generalmente en la aplicación de ciertas temperaturas constantes a los frutos a conservar, siempre por encima del punto crítico para poder mantener cualidades organolépticas, nutritivas, etc.; durante un periodo de tiempo que dependerá de la especie y variedad que se trate (Artes, 2000).

La conservación refrigerada bajo condiciones óptimas permite reducir las pérdidas cualitativas y cuantitativas debidas a desordenes fisiológicos y pobredumbre retrasar la maduración y senescencia, así prolongar la vida comercial de los productos hortofrutícolas en general, con calidad idónea para consumo en fresco o industrial (Artes, 2000).

También se observa que la aplicación de solución conservante de cloruro de calcio ayuda a mejorar la textura ya que las sales de calcio forman parte del gran conjunto de agentes mejoradores y/o conservantes de las características nutricionales y de calidad de las frutas y vegetales mínimamente procesados. Son comúnmente usados en la industria como agentes reafirmantes para los tomates en conserva, pepino y otros vegetales, y han reportado un beneficio en la reducción del oscurecimiento en manzanas, pimientos, fresas, tomates y melocotones. Cabe resaltar su gran importancia tanto en el ámbito sensorial como agente mejorador de textura y como antipardeante (Martin, et al., 2007).

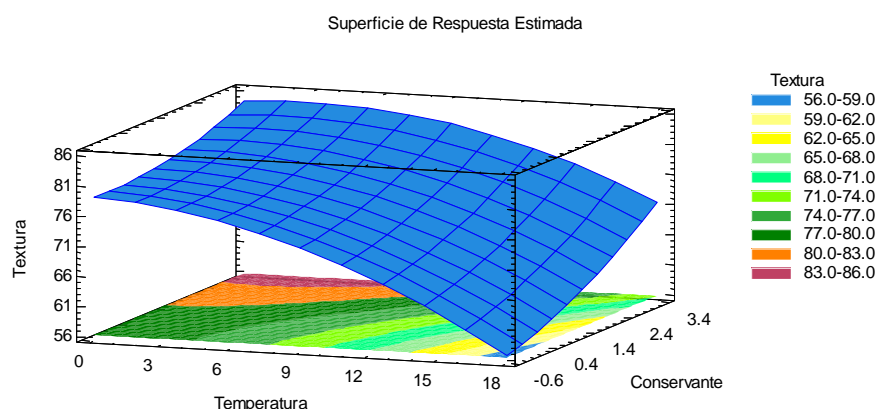


Figura 15. Estimación de superficie de respuesta para textura.

La aplicación de calcio en los alimentos se realiza a través de sales, como el cloruro de calcio el cual tiene un papel importante en la transformación de las membranas de la pared celular, fortaleciendo su integridad y por ende la textura durante el tiempo de

conservación ya que el calcio influye en la permeabilidad de la membrana, activación de enzimas específicas y en la evolución de la senescencia de los frutos, considerando que un aumento de su concentración en el tejido, altera los procesos de la respiración y senescencia (García & Praderas, 2010).

El calcio tiende a ser responsable de la rigidez de los tejidos, por estar ligados inter e intramolecularmente con las sustancias pécticas que forman la pared celular, permitiendo limitar la susceptibilidad de los trozos del fruto a la acción de las enzimas pectolíticas. (García & Praderas, 2010).

CONCLUSIONES

- Con respecto al cultivo de Champiñón ostra se obtuvo el mejor rendimiento de 53.13%, en el sustrato T4: 70% tallo de cebada + 30% tallo de quinua y sus características químicas fueron: 61% celulosa, 16.91 % hemicelulosa, 37.8% lignina y 0.73 % de nitrógeno.
- En cuanto a la conservación de Champiñón ostra se obtuvo mejores resultados con la aplicación de bajas temperaturas 4°C (refrigeración) y una solución conservante de 2.5% de cloruro de calcio, el cual tuvo un mejor efecto en las propiedades fisicoquímicas: pH, aw, color y textura que fueron: 6.311, 0.9938, 80.32 gf. y 58.5 (ΔE) respectivamente viendo que tuvo una tendencia a tener una óptima conservación hasta el día 11 de su almacenamiento.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda incentivar el cultivo de hongos comestibles utilizando residuos agrícolas y/o cáscaras de frutas y se pueden generar empleos y programas rurales al interior del país.
- Se sugiere realizar investigaciones en lugares y épocas donde las condiciones ambientales sean diferentes a las que se presentaron en este experimento.
- Se recomienda realizar investigaciones enfocada a brindar nuevas formas de conservación y/o presentación de hongos comestibles.
- Se recomienda hacer estudios sobre la calidad y cantidad de proteína que se obtiene de champiñón ostra, a nivel de aminoácidos presentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Adapa, P., Tabil, L., & Schoenau, G. (2009). Compaction characteristics of barley, canola, oat and heat Straw. *Biosystems Engineering* (Vol. 104) No.3, pp. 335-344. Canadá.
- Agreda, T. (2006). *El recolector de setas en castilla y león*. Proyecto micología y calidad. Chile.
- Alder, M., Zubillaga M. (2014) Una alternativa de diversificación productiva para los valles Patagónicos. p. 8.
- Álvarez, A. R. (2000). Atmósferas modificadas y refrigeración en poscosecha de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. *Tesis de Maestría Universidad Autónoma Chapingo*, p. 85. México.
- Anderson, A. W., & Anderson, J. F. (1980). *On finding a use for straw, in utilization and recycle of agricultural wastes and residues*. Shuler, M. L. .Florida
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis. I*. Washington, D.C.
- Ardón, C. (2007). La producción de hongos comestibles. Trabajo de graduación de Maestría en Docencia Universitaria con Especialidad en Evaluación Educativa. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Humanidades, Guatemala . p. 207.
- Arjona, D., Aragón, C., Aguilera, J. A., Ramirez, L., & Pisabarro, J. (2008). Reproducible and controllable light induction of in fruiting of the white-rot basidiomycete *Pleurotus ostreatus*. *Micological Research*(10), p. 1016. Navarra, España.
- Artes, F. (2000). *Aplicación del frío en los alimentos. Conservación de los productos vegetales en atmósferas modificadas* . M. Lamúa. Ed. Mundi Prensa. Cap. 4. pp. 105-125. Murcia, España.
- Atlas, R., & Bartha, R. (2002). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Adosson Wesley . Madrid , España
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. Pearson . Cuarta edición. Naucalpan de Juárez, Edo. de México.
- Baek, C. (2005). Cultivo de hongo ostra. En *Manual del cultivador de hongos* (pp. 1-2). MushWorl. Seoul, República de Corea.
- Barbado, J. L. (2003). *Hongos Comestibles - Su Empresa en Fungicultura* (1ra edición). Ed. Albatros. Buenos Aires, Argentina.

- Breene, W. (1990). Nutricional and medicinal, value of specilty mushrooms. *Journal of Food Protection*, University of Minnesota, Vol. 53 (Nº: 10), pp. 883-894. Minnesota, EE. UU.
- Cañas, R. (1998). Alimentación y nutrición animal. *Colección de agricultura, Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Catolica de Chile*, pp. 18-30. Chile.
- Carbajal, G. (2010). Evaluación en la producción del hongo *pleurotus ostreatus* sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo, tamo de cebada, tamo de vicia, tamo de avena y paja de paramo); enriquecidos con tuza molida, afrecho de cebada y carbonato de calcio. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra (PUCE-SI), Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA). (Formato PDF). 100 p. [Documento en línea]. Consultado en Agosto del 2017. Ibarra Ecuador
- Castro, E. y de Hombre Morgado, R.A. (2007). Parámetros mecánicos y textura de los alimentos. Universidad de Chile, Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas, departamento de de ciencia de los alimentos y tecnología química. 142 p.
- Cengel, Y., & Boles, M. (2002). Termodinámica. Un Enfoque de Ingeniería. McGraw Hill Interamericana Editores. Sexta edición. México.
- Chang, S. T., & Hayes, A. (1987). The biology and cultivation of endible mushrooms. The University of Chicago Press Journals . Nueva York. EE.UU.
- Ciappini, M., Lopez, Z., & Gatti, M. (2004). *Pleurotus ostreatus*, una opcion en el menú - Estudio sobre las Gírgolas en la dieta diaria. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano Rosario, Argentina, pp. 127-132.
- Colina, M. L. (2010). Deshidratación de los Alimentos. Mexico: Ed. Trillas
- Cornejo, F., Chuchuca, G., & Dick, A. y. (2012). Implementación y validación de una metodología económica para la medición de color aplicada en alimentos. Tesis para optar el Título de Ingeniero de Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador.
- Cortez, L. (2004). Envases flexibles en la industria alimentaria. *Logistec*, 24, pp. 18.
- Cortéz, M., Ruiz, M., & Henriquez, L. (2011). Influencia del empaque y envasado sobre las propiedades fisicoquímicas del hongo comestibles *Pleurotus ostreatus*. *Revista MVZ Córdoba*, vol. 16, p. 2596. Montería, Colombia.
- DRAP. (2013). Síntesis económica de Puno - Abril 2013 . Puno. Recuperado de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Puno/2013/sintesis-puno-01-2013.pdf>

- ECOPLAS. (2011). Poliestireno, características y ventajas respecto al medio ambiente. Boletín técnico informativo N° 38. Recuperado de <http://ecoplas.org.ar/pdf/38.pdf>
- Escobedo, R. (2006). Producción de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*). SAGARPA(2). Puebla, México.
- Fazenda, M. L., Serviour, R., Mcneil, B., & Harvey, L. (2008). Submerged culture fermentation of "Higher Fungi": *the macrofungi*. Advances in Applied Microbiology Faculty of science. Advances in Applied(63), 33-103. Glasgow, Escosia, Reino Unido.
- Fellows, P. (2000). Tecnología del procesamiento de los alimentos: principios y practica (2da ed.). Zaragoza, España: Ed. Acribia, S.A. .
- Fernandez, F. (2010). Guía práctica de producción de setas (*Pleurotus spp.*). Fungitec Asesorías. Guadalajara, Jalisco. MX. p. 59.
- Ficior, D., Apahidean, S., Apahidean, M., Moldovan, Z., Maniuniu, N., & Paven, G. y. (2006). Importance of substrate disinfection on oyster mushroom (*Pleurotus sp.*) culture. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca(34), pp. 48-53.
- Friedman, M. (1997). Biocheminstry and dietary role of potato polyphenols . Journal of Agricultural and Food Cheminstry . Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Buchanan Street. 45 (5), pp 1523. Albany, California.
- Gaitán Hernández, R., Salmones, D., Pérez, M., & Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Instituto de la Ecología A. C. 37. Revista mexicana de micología. Xalapa, Veracruz. México.
- García. (1991). Cultivo de setas y trufas. Ed. Mundiprensa. Madrid España.
- García. (2007). Cultivo de setas y trufas (Quinta edición). Mundi prensa. Madrid España.
- García, A. D., & Praderas, G. M. (2010). Influencia del cloruro de calcio y de un tipo de empaque sobre las propiedades fisicoquímicas y textura de la fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) durante el almacenamiento. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Universidad Nacional de Colombia. Fac. Nal. Agr., vol. 63(1), pp. 5417-5427. Medellín, Colombia
- Guzmán, G., (1980). Identificación de los hongos comestibles, venenosos y alucinantes. Limusa. México
- Guzmán, G., Salmones, D., Soto-Velazco, C., & Guzmán, D. L. (1995). El cultivo de los hongos comestibles. México D. F.
- Hernandez, R., & López, C. (2005). Evaluacion del crecimiento y produccion de *Pleurotus ostratus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cudinamarca.

Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Cra. 7. pp. 43-82, Bogotá-Colombia.

- Herrera, T., & Ulloa, M. (1990). El Reino de los Hongos. Micología Básica y Aplicada. México D. F.
- Hurtado de Mendoza, K., Huaman, M., Bravo, N., Silva, A., & Silva, R. (2016). Evaluacion de cultivo de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.). Rev. Per. Quim., vol. 19, pp. 63-75.
- Ibañez, V. (2009). Análisis y diseño de experimentos. Ed. Universitaria. Puno, Perú.
- INB. (2015). Hongos de Costa Rica. Recuperado el 19 de junio de 2017, de <http://www.inbio.ac.cr/papers/hongos/ciclo.htm>
- Kilcast, D., & Subramanian, P. (2000). The stability and shelf life of foods. Recuperado de <https://www.elsevier.com/books/the-stability-and-shelf-life-of-food/subramanian/978-1-85573-500-2>
- LAB-FERRER. (2015). Actividad de agua en los alimentos - Fichas Técnicas: Actividad de Agua.
- León, H. J. (2003). Cultivo de Quinua en Puno-Perú. Puno. Recuperado de <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/07/cultivo-quinua-puno-peru.pdf>.
- Lolas, J. (2015). Perú, Primer productor mundial de la quinua. Recuperado el 25 de Noviembre de 2017, de <http://www.laprimera.pe/peru-primer-productor-mundial-de-la-quinua/>
- Luna, G., & Aguilar, S. (2011). Conservación de los alimentos y predicción de su vida útil . Puno Perú: Editorial Imprenta Arco Iris .
- Mariano. (2012). Tecnología de los plásticos. Policloruro de vinilideno. Recuperado de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/04/policloruro-de-vinilideno-pvdc.html>.
- Martin. (1981). Introducción a la microbiología del suelo. (AGT, Ed.) México.
- Martin, A., Rico, D., Frias, J., Barat, J., Henean, G., & Barry, C. (2007). Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed 489 fruits and vegetables: a review. Food Science & Technology, pp. 210-218.
- Mendoza, V. (2004). Experiencia profesional generada en módulos de producción de hongos comestibles en el Edo. de Chiapas . México.
- Merma, A. (2014). Conservación del ketchup de tomate de árbol (*Cyphomandra*

- betacea) mediante la utilización de aceite esencial de muña (*Minthostachys spicata*). Tesis para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Michelis, A., & Rajchenberg, M. (2006). Hongos comestibles: Teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación. Argentina: Bariloche .
- Mora, I. (2014). Evaluación de características químicas, físicas y sensoriales relacionadas con la calidad alimenticia de los tallos de hacha *Pinna rugosa* y *Atrina maura*. Tesis de Ingeniero en Pesquerías, Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Otero, M. (1988). Composicao Quimica dos Materiais Lignocelulosicos. En celulosa y papel. En Tecnologia de frabricacao da Pasta celulosa- Instituto de Pesquisas Tecnologicas (págs. 45-106). São Paulo : Vol. I.
- Parikh, H.R. , Nair G.M. and Modi, V.V. (1990) Some Structural Changes during Ripening of Mangoes (*Mangifera indica* var. Alphonso) by Abscisic Acid Treatment. *Annals of Botany* 65:121-127.
- Pauro, V. (2016). Aplicación de dos métodos (encerado o inmersión en cloruro de calcio) para la conservación poscosecha del aguaymanto (*Physalis peruviana*) sin cáliz. Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Pérez, G. E. (1996). Producción de hongos comestibles (setas y Champiñones). México: Centro de investigaciones sociales, tecnologicas y agroindustriales de la agricultura mundial (CIESTAAM).
- Perez, J. (2010). La cebada. Recuperado de <http://lacebada10.blogspot.pe/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html>
- Posada. (2011). Recopilación de estudios de tiempos de vida útil de productos nuevos y ya existentes de la compañía de galletas Noel S.A.S. Caldas.
- Quintero, C. J., Falguera, V., Muñoz, H. A., (2010) Películas y recubrimientos comestibles : importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. [Edible films and coatings: importance and recent trends in the horticultural chain.], Tumbaga, Vol. 5, pp. 93–118
- Rafael, A. (2014). Evaluación de la α -ciclodextrina como inhibidor del pardeamiento enzimático en la pasta de palta (*Persea americana* Miller) variedad Fuerte. Tesis para optar Título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano-Puno-Perú.
- Romero, Rodríguez, M., & Pérez, R. (2000). *Pleurotus ostreatus*. Importancia y Tecnología de Cultivo. Grupo de Nutrición, Departamento de Física – Química, Facultad de

- Mecánica. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", p. 155. Ciudad de Cienfuegos. Cuba.
- Ruiz. (2009). Efecto de dos atmósferas de empaque en hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) tratados mediante impregnación a vacío con una solución conservante. VITAE.
- Ruiz. (2010). Efecto de dos atmósferas de empaque en hongos comestibles tratados con una solución conservante. Ciencia, Tecnología e Ingeniería, pp. 10-11.
- Sánchez, J., & Royse, D. (2002). La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* Chiapas, México, D.F.: Limusa S.A. .
- Sapata, M. R. (2009). Quality maintenance improvement of *Pleurotus ostreatus* mushroom by modified atmosphere packaging. Technology Alimentary, vol. 8, pp. 53-60.
- Singh, P., & Heldman, D. (2009). Introduction to Food Engineering. (A. Press, Ed.) Orlando, Florida, USA: Vol. Fourth Edition.
- Stamets. (2000). Growing gourmet and medicinal mushroom. California, EEUU.
- Stamets, P. (2005). Growing gourmet and medicinal mushrooms. Third Edition. Toronto.
- Steineck, H. (2007) Cultivo comercial del champiñón. 2a ed. Zaragoza (ES): Editorial Acribia. p 142, 84-200, 612.
- Toledo, A. (2008). Residuos de maíz y quinua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Tesis de ingeniería en Biotecnología Ambiental. Riobamba-Ecuador. 125 p.
- Vargas, J., Beltrán, K., & Rodríguez, P. (2001). Inventario nacional de emisiones gaseosas que producen el efecto invernadero en el sector agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería, p. 20. Ecuador.
- Viziteu, G. (2005). Paja de cereal y mazorca o marlos de maíz . Rumania . Recuperado de <http://hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%205%20pag.%2094-98.pdf>
- Whittaker, R. H. (1969). New concepts of kingdoms of organisms. Science(163), pp. 150-160.

ANEXOS

ANEXO 1: FOTOS DE CULTIVO DE CHAMPIÑÓN OSTRA

	
<p>Tallos de cebada picados</p>	<p>Tallos de quinua picados</p>
	
<p>Pasteurizacion de tallos de cebada y quinua.</p>	<p>Pesado de micelio de Champiñon ostra.</p>
	
<p>Siembra de micelio en tallos de quinua y cebada</p>	<p>Etapa de incubacion: 1ra semana.</p>

<p>Etapa de incubación de micelio en sustrato 15 días</p>	<p>Etapa de crecimiento</p>
<p>Etapa de maduración</p>	<p>Cosecha de Champiñón ostra</p>

ANEXO 2: FOTOS DE CONSERVACIÓN DE CHAMPIÑÓN OSTRA

<p>Champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>)</p>	<p>Inmersión en soluciones conservantes</p>
<p>Envasado en poliestireno expandido y cloruro de polivinilo.</p>	<p>Muestras en refrigeración</p>
<p>Muestras en temperatura ambiente</p>	<p>Muestras para analizar</p>

	
<p>Cloruro de polivinilo</p>	<p>Termohigrómetro</p>
	
<p>Texturómetro</p>	<p>Analizador de pH</p>
	
<p>Colorímetro</p>	

ANEXO 3: CULTIVO DE CHAMPIÑÓN OSTRA SOBRE RESIDUOS DE QUINUA Y CEBADA

Tabla 8. Media y desviación estándar de los rendimientos de residuos de quinua y cebada en el cultivo de champiñón ostra.

Tratamientos	Media	Desviación estándar	N
T1: 100% QU	15,025793	1,2478782	3
T2: 100% CE	43,900047	4,7550936	3
T3: 50% QU + 50% CE	48,652490	5,0115657	3
T4: 70%CE + 30% QU	53,126400	1,6124094	3

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla de media y desviación estándar de los cinco tratamientos, se muestra la media en cuanto al rendimiento del cultivo en porcentajes por cada tratamiento y la desviación estándar muestra cuanto es la variabilidad entre las tres repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 9. ANOVA de los rendimientos de residuos de quinua y cebada en el cultivo de champiñón ostra.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Valor p	Sig.
Entre tratamientos	2729,833	4	682,458	61,318	,000	**
Dentro de tratamientos	111,297	10	11,130			
Total	2841,130	14				

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de los cinco tratamientos para cada uno de los efectos (rendimientos). Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, el efecto rendimiento tiene un valor-P menor que 0.05, indicando que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

ANEXO 4: CONSERVACION DE CHAMPIÑON OSTRA A BAJAS TEMPERATURAS CON SOLUCION CONSERVANTE

Tabla 10. Análisis de varianza para el pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	Sig.
A:Temperatura	0.333498	1	0.333498	6.76	0.0354	*
B:Conservante	0.241769	1	0.241769	4.90	0.0624	NS
AA	0.0438285	1	0.0438285	0.89	0.3772	NS
AB	0.0486203	1	0.0486203	0.99	0.3538	NS
BB	0.0111998	1	0.0111998	0.23	0.6482	NS
Error total	0.345212	7	0.049316			
Total (corr.)	1.0192	12				

$R^2 = 66.13\%$

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de pH en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, el efecto temperatura tiene un valor-P menor que 0.05, indicando que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 11. Análisis de varianza para aw

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	Sig.
A:Temperatura	0.0000296979	1	0.0000296979	25.49	0.0015	**
B:Conservante	0.0000115229	1	0.0000115229	9.89	0.0163	**
AA	1.83692E-7	1	1.83692E-7	0.16	0.7031	NS
AB	0.0000034225	1	0.0000034225	2.94	0.1302	NS
BB	0.00000148806	1	0.00000148806	1.28	0.2956	NS
Error total	0.00000815424	7	0.00000116489			
Total (corr.)	0.0000546369	12				

$R^2 = 85.08\%$

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de aw en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, el efecto temperatura y el efecto conservante tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 12. Análisis de varianza para el color

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	Sig.
A:Temperatura	147.357	1	147.357	8.22	0.0241	*
B:Conservante	10.3524	1	10.3524	0.58	0.4722	NS
AA	32.4188	1	32.4188	1.81	0.2207	NS
AB	6.25	1	6.25	0.35	0.5735	NS
BB	3.56879	1	3.56879	0.20	0.6690	NS
Error total	125.544	7	17.9349			
Total (corr.)	328.969	12				

$R^2 = 61.84\%$

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de color en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, el efecto temperatura tiene un valor-P menor que 0.05, indicando que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla13. Análisis de varianza para Textura

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	Sig.
A:Temperatura	204.144	1	204.144	23.48	0.0019	**
B:Conservante	76.0698	1	76.0698	8.75	0.0212	*
AA	14.4526	1	14.4526	1.66	0.2382	NS
AB	2.7556	1	2.7556	0.32	0.5910	NS
BB	3.32271	1	3.32271	0.38	0.5560	NS
Error total	60.8528	7	8.69326			
Total (corr.)	363.745	12				

$R^2 = 83.27\%$

Fuente: Elaboración propia.

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de aw en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, el efecto temperatura y el efecto conservante tiene un valor-P menor que 0.05, indicando que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

ANEXO 5: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE CHAMPIÑÓN OSTRA ENVASADO EN POLIESTIRENO EXPANDIDO Y CLORURO DE POLIVINILO.

Tabla14. Resultados de pH en champiñón ostra.

Temperatura	Cloruro de calcio	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7	Día 9	Día 11
4°C	0%	5.123	5.152	5.309	5.805	6.285	6.311
4°C	1.25%	5.323	5.391	5.803	6.183	6.431	6.485
4°C	2.50%	6.476	6.488	6.494	6.514	6.565	6.582
9°C	0%	5.294	5.571	6.586	6.553	6.544	6.598
9°C	1.25%	5.456	5.588	6.668	6.593	6.655	6.738
9°C	2.50%	6.492	6.502	6.771	6.784	6.758	6.792
14°C	0%	5.469	6.324	6.679	6.755	6.787	6.749
14°C	1.25%	5.529	6.652	6.686	6.791	6.821	6.848
14°C	2.50%	6.527	6.709	6.735	6.798	6.874	6.959
9°C	1.25%	5.632	5.856	6.392	6.475	6.654	6.783
9°C	1.25%	5.487	5.698	6.067	6.382	6.583	6.659
9°C	1.25%	5.584	5.787	5.986	5.875	6.342	6.597
9°C	1.25%	5.529	5.726	5.986	6.321	6.591	6.725
9°C	1.25%	5.436	5.973	6.023	6.298	6.487	6.673

Tabla 15. Resultados de aw en champiñón ostra.

Temperatura	Cloruro de calcio	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7	Día 9	Día 11
4°C	0%	0.9931	0.9933	0.9931	0.9933	0.9934	0.9935
4°C	1.25%	0.9930	0.9932	0.9934	0.9934	0.9936	0.9937
4°C	2.50%	0.9931	0.9936	0.9935	0.9939	0.9942	0.9943
9°C	0%	0.9932	0.9933	0.9937	0.9938	0.9937	0.9940
9°C	1.25%	0.9934	0.9936	0.9938	0.9942	0.9941	0.9943
9°C	2.50%	0.9934	0.9938	0.9943	0.9949	0.9950	0.9952
14°C	0%	0.9939	0.9958	0.9965	0.9962	0.9969	0.9976
14°C	1.25%	0.9938	0.9940	0.9952	0.9967	0.9974	0.9975
14°C	2.50%	0.9943	0.9952	0.9961	0.9978	0.9979	0.9984
9°C	1.25%	0.9937	0.9937	0.9939	0.9941	0.9944	0.9945
9°C	1.25%	0.9939	0.9942	0.9947	0.9949	0.9953	0.9955
9°C	1.25%	0.9934	0.9937	0.9944	0.9957	0.9954	0.9956
9°C	1.25%	0.9948	0.9950	0.9954	0.9958	0.9958	0.9959
9°C	1.25%	0.9937	0.9939	0.9947	0.9950	0.9958	0.9963

Tabla 16. Resultados de variación total del color (ΔE) en champiñón ostra.

Temperatura	Cloruro de calcio	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7	Día 9	Día 11
4°C	0%	63.1	61.3	63.5	58.3	54.3	51.9
4°C	1.25%	61.7	58.5	59.9	58.1	51.1	50.8
4°C	2.50%	68.1	70.9	67.2	65.1	62.6	58.5
9°C	0%	62.5	53.8	47.5	46.8	45.1	45.2
9°C	1.25%	55.8	52.7	50.9	48.3	42.7	41.3
9°C	2.50%	65.9	67.0	65.7	61.3	56.9	54.9
14°C	0%	44.9	46.8	51.6	44.8	41.9	40.2
14°C	1.25%	51.0	52.3	51.1	48.5	45.7	38.6
14°C	2.50%	58.9	55.1	53.2	50.8	49.3	42.7
9°C	1.25%	57.4	54.3	53.9	49.6	45.2	40.5
9°C	1.25%	56.8	54.1	52.4	48.3	44.7	42.4
9°C	1.25%	56.2	55.3	53.5	49.5	45.3	43.2
9°C	1.25%	55.6	54.3	51.1	48.9	44.2	41.5
9°C	1.25%	55.7	53.4	50.4	47.4	43.7	42.3

Tabla 17. Resultados de Textura en champiñón ostra.

Temperatura	Cloruro de calcio	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7	Día 9	Día 11
4°C	0%	91.35	88.50	85.45	80.89	81.04	81.42
4°C	1.25%	91.32	86.76	85.50	77.86	75.52	76.97
4°C	2.50%	90.31	84.87	79.01	72.54	69.46	67.02
9°C	0%	90.88	89.76	87.62	84.23	81.67	80.44
9°C	1.25%	91.85	88.47	85.51	83.61	80.68	78.51
9°C	2.50%	90.92	88.53	86.52	84.45	82.49	80.32
14°C	0%	90.59	86.08	80.49	74.91	70.85	66.61
14°C	1.25%	90.48	84.56	86.10	69.24	68.83	62.86
14°C	2.50%	91.08	71.03	65.97	61.81	57.80	54.47
9°C	1.25%	90.76	87.99	86.34	84.39	83.94	80.03
9°C	1.25%	90.84	88.65	86.58	84.61	82.92	79.74
9°C	1.25%	90.78	87.56	86.63	84.84	82.68	78.12
9°C	1.25%	91.06	89.56	87.53	85.68	83.76	80.32
9°C	1.25%	91.52	89.63	86.95	84.83	82.97	80.25