



*Obtención y caracterización de una bebida fermentada elaborada con capulí
(Prunus serotina) con maceración prefermentativa*

*Obtaining and characterizing a fermented drink made with capulí (Prunus
serotina) with preferential maceration*

*Obtención y caracterización de una bebida fermentada elaborada con capulí
(Prunus serotina) con maceración prefermentativa*

Paula Elvira Falcón-Romero ^I

pfalconr@unasam.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-2774-1154>

Elza Berta Aguirre-Vargas ^{II}

eaguirre@uns.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-1659-9874>

Correspondencia: pfalconr@unasam.edu.pe

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de investigación

***Recibido:** 20 de septiembre de 2020 ***Aceptado:** 29 de octubre de 2020 * **Publicado:** 25 de Noviembre de 2020

- I. Magister en Educación Superior, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.
- II. Doctora en Ingeniería, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote Ancash, Perú.

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo elaborar una bebida fermentada de capulí con las mejores características fisicoquímicas, funcionales y organolépticas con maceración prefermentativa, fermentativa y posfermentativa. En la primera etapa se caracterizó la pasta de capulí, evaluándose la influencia de la maceración prefermentativa en congelación sobre las diluciones de la pasta de capulí. En la segunda etapa se evaluó la influencia de las variables independientes nutriente y azúcares en la maceración fermentativa con la metodología superficie respuesta mediante el diseño central compuesto rotacional con 11 tratamientos con combinaciones de nutriente y azúcares. Las variables dependientes: variación de los °Brix, variación del pH, grado alcohólico, duración de la fermentación, pH final. Los resultados fueron: °Brix 28%, pH 4.7, Nutriente 25g/hectolitro, tiempo 10 días, grado alcohólico 12.83. El análisis estadístico utilizó el software STATISTICA 13,3 confirmándose los resultados experimentales. En la tercera etapa se llevó a cabo la maceración posfermentativa, estabilización, embotellado. Los resultados de la caracterización fisicoquímica, funcional fueron: Grado alcohólico 12.83 ± 0.169 , acidez acética volátil (g/l ácido acético) 0.673 ± 0.0047 , °Brix 0.33 ± 0.47 , acidez total (g/l ácido tartárico) 3.833 ± 0.047 , pH 3.49 ± 0.0047 , Metanol (ppm) 179.6 ± 0.471 mg. Capacidad antioxidante ($\mu\text{molEtrolox}/100\text{ml}$) 1913.039 ± 0.021 , polifenoles (mgGAE/100ml) 118.59 ± 0.03 . Las conclusiones más importantes: la maceración prefermentativa en frío extrae mayor cantidad de polifenoles, la concentración de azúcares y nutriente tienen efecto positivo en la extractibilidad de polifenoles.

Palabras clave: Índice de polifenoles; capulí (*Prunus serotina*); fitoquímico; maceración fermentativa; maceración posfermentativa; bebida fermentada; pasta de capulí.

Abstract

The research managed to elaborate a fermented capulí drink with the best physicochemical, functional and organoleptic characteristics, with pre-fermentation, fermentation and post-fermentation maceration. The capulí paste was characterized, evaluating the influence of the pre-fermentation cold maceration on the dilutions of the capulí paste. The influence of the independent variables nutrient and sugars in the fermentative maceration was evaluated. It used a rotational composite core design with 11 treatments with combinations of nutrients and sugars. The

dependent variables: variation of °Brix, variation of pH, alcoholic degree, time, final pH. The results were: °Brix 28%, pH 4.7, Nutrient 25g / hectoliter, time 10 days, alcoholic degree 12.83. The statistical analysis used the STATISTICA 13.3 software that confirmed the experimental results. Finally, the post-fermentation maceration, stabilization, and bottling were carried out. The results of the physicochemical, functional characterization were: Alcoholic degree 12.83 ± 0.169 , volatile acetic acidity (g / l acetic acid) 0.673 ± 0.0047 , ° Brix 0.33 ± 0.47 , total acidity (g / l tartaric acid) 3.833 ± 0.047 , pH 3.49 ± 0.0047 , Methanol (ppm) 179.6 ± 0.471 mg. Antioxidant capacity ($\mu\text{molEtrolox} / 100\text{ml}$) 1913.039 ± 0.021 , polyphenols (mgGAE / 100ml) 118.59 ± 0.03 . The most important conclusions: cold pre-fermentation maceration extracts a greater quantity of polyphenols, the concentration of sugars and nutrients have a positive effect on the extractability of polyphenols.

Keywords: Polyphenol index; capulí (*Prunus serotina*); phytochemistry; fermentative maceration. Post-fermentation maceration; fermented drink; capulí paste.

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi elaborar uma bebida fermentada de capulí com as melhores características físico-químicas, funcionais e organolépticas com pré-fermentação, fermentação e maceração pós-fermentativa. Na primeira etapa, a pasta de cacau foi caracterizada, avaliando-se a influência da maceração pré-fermentativa no congelamento nas diluições da pasta de cacau. Na segunda etapa, avaliou-se a influência das variáveis independentes nutriente e açúcares na maceração fermentativa com a metodologia de superfície de resposta por meio do delineamento central composto rotacional com 11 tratamentos com combinações de nutriente e açúcares. As variáveis dependentes: variação do °Brix, variação do pH, grau alcoólico, duração da fermentação, pH final. Os resultados foram: °Brix 28%, pH 4,7, Nutriente 25g / hectolitro, tempo 10 dias, grau alcoólico 12,83. A análise estatística utilizou o software STATISTICA 13.3, confirmando os resultados experimentais. Na terceira etapa procedeu-se à maceração pós-fermentativa, estabilização e engarrafamento. Os resultados da caracterização físico-química funcional foram: Grau alcoólico $12,83 \pm 0,169$, acidez acética volátil (g / l ácido acético) $0,673 \pm 0,0047$, ° Brix $0,33 \pm 0,47$, acidez total (g / l ácido tartárico) $3,833 \pm 0,047$, pH $3,49 \pm 0,0047$, Metanol (ppm) $179,6 \pm 0,471$ mg. Capacidade antioxidante ($\mu\text{molEtrolox} / 100\text{ml}$) $1913,039 \pm 0,021$, polifenóis

(mgGAE / 100ml) $118,59 \pm 0,03$. As conclusões mais importantes: a maceração pré-fermentativa a frio extrai uma maior quantidade de polifenóis, a concentração de açúcares e nutrientes tem um efeito positivo na capacidade de extração dos polifenóis.

Palavras-chave: Índice de polifenol; capulí (*Prunus serotina*); fitoquímico; maceração fermentativa; maceração pós-fermentativa; bebida fermentada; pasta de capulí.

Introducción

El capulí (*Prunus serotina*) es un árbol que se encuentra amenazado por las costumbres y en peligro de extinción por que se desconocen sus propiedades nutraceuticas (Urcuanjo, 2014). El capulí brinda un aporte favorable a la salud humana, su consumo puede prevenir la aparición de enfermedades degenerativas. (Ruiz et al., 2017). En la pulpa de capulí se encontró 6 compuestos antioxidantes: ácido cafeico, procianidina, cianidina,, catequina , ubiquinona , betacaroteno, en la cáscara del capulí encontró ácido ferúlico ácido cafeico, cianidina, catequina, ubiquinona, betacaroteno, kaempferol , procianidina y ácido p-cumarico (Freire, 2020). Casi todas las partes tienen algún uso potencial y es necesario que se le de la debida importancia e inclusión en programas de conservación y aprovechamiento sostenible no solo en la alimentación si no en el aspecto maderero, remediación y forestal (Guzmán et al., 2020). El capulí contiene alto contenido de compuestos polifenólicos, taninos y flavonoides que le confieren poder antioxidante (Hurtado y Pérez, 2014). El tomar bebidas fermentadas de frutas tiene efectos preventivos sobre enfermedades cardiovasculares, cáncer, alzhéimer... etc., se recomienda el consumo moderado de 30 g/ día hombres y 20 g/ día mujeres. (Cátedra Extraordinaria de bebidas, 2013); la fermentación enriquece el perfil Fitoquímico de las materias primas de origen natural y preserva sus propiedades antioxidantes (Jiménez, 2019). El extracto etanólico es efectivo contra bacterias gram (-) tiene mayor capacidad antioxidante comparado con extractos cetónicos, metanólico (Ibarra et al., 2009). Extractos de la corteza de capulí tiene actividad cística contra quistes de *Taenia crassiceps* (Palomares et al., 2017). El extracto etanólico es más rico en sustancias antioxidantes que los extractos acuosos y metanolicos, el extracto acuoso extrae más taninos y fenoles, el consumo debe ser revalorado (Santiago et al., 2019). El fruto del capulí es una planta de alto valor para la vida por que aporta beneficios nutricionales contiene compuestos fenólicos que son valorados por la industria alimentaria y farmacéutica por la gran actividad antioxidante que poseen (Luan et al., 2017). Los objetivos fueron: caracterización fisicoquímica

y funcional del capulí, determinar la influencia de la maceración prefermentativa en frío sobre la extracción de los compuestos polifenólicos y la intensidad colorante, evaluar la influencia de la concentración del nutriente V ACTIV y la concentración de azúcares en la maceración fermentativa, determinar el diagrama de flujo y caracterización físico-química-funcional, sensorial y estética de la bebida fermentada, cuyos resultados demostraron que el capulí es un fruto con aptitud para uso en la industria de alimentos y farmacéutica por su valor nutricional y antioxidante.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de fermentaciones industriales, análisis de los alimentos y de química de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Lab. de análisis La Molina calidad total. Lab. de la Sociedad de Asesoramiento Técnico. Laboratorio de desarrollo de productos de la Universidad Nacional del Santa. La población los frutos del capulí (*Prunus serotina*) de la provincia de Carhuaz, la muestra: frutos maduros, no probabilística y agua potable. Los Insumos utilizados fueron: Azúcar blanca, Bentonita OENOFRANCE. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* variedad bayanus, metabisulfito potásico, nutriente V ACTIV, taninos, TAN RED, astilla de roble francés. Reactivos DPPH (2,2-diphenyl -1-picryl hydrazyl L). Etanol 95%. Reactivo Folin-Ciocalteau (0.25 N). Hidroxibutil tolueno (BHT), Hexano, Isopropanol, Metanol, Persulfato de potasio, 2,6 diclorofenol –indofenol, Ácido Ascórbico estándar y reactivos diversos para los análisis químicos y físico químicos. Equipos y materiales de uso común en laboratorios y para la elaboración y análisis de bebidas alcohólicas. El Tipo de estudio fue experimental, cuantitativo. El plan experimental se realizó en tres etapas. En la etapa 1, se efectuó la caracterización físico –química, proximal y funcional de la pasta de capulí y se evaluó la influencia de la temperatura y almacenamiento (-8°C y 30 días) sobre las diluciones de la pasta de capulí (1:2, 1:3.1:4, pasta:/agua), la variable independiente fue la dilución de la pasta. Las variables dependientes: índice de polifenoles totales, intensidad de color. En la etapa 2 se realizó la maceración fermentativa y escalamiento, se aplicó la metodología de superficie respuesta, mediante el Diseño Compuesto Central Rotacional que determino 11 tratamientos con combinaciones de nutriente (10 a 40g/hl) y °Brix (18 a 28) variables independientes. Las variables dependientes se clasificaron como variables de seguimiento (pH y °Brix), las variables de control

final fueron: el °Grado alcohólico final, pH final, duración de la fermentación. El escalamiento llevo a cabo la elaboración de la bebida fermentada con los parámetros óptimos hallados en la fase de maceración fermentativa, lo que permitió determinar el flujo de elaboración de la bebida fermentada. En la etapa 3 se realizó la maceración posfermentativa (crianza: 6 meses con adición de taninos y astilla de roble), estabilización, embotellado y caracterización final.

Métodos de análisis:

Composición química proximal de la pasta de Capulí (*Prunus serotina*). Se realizó el análisis de Humedad, ceniza, proteína, grasa, siguiendo el Método de la A.O.A.C. Ed. 2016 y Ministerio de salud; Instituto Nacional de salud, Centro de alimentación y nutrición 2018. Tablas peruanas de composición de los alimentos, Carbohidratos totales (g/100) por diferencia, Carbohidratos disponibles (g/100). Método de Collazos 1993. (Reyes, 2018).

Análisis Físico-Químicos de la pasta de capulí. Se realizó el análisis de pH, sólidos solubles. °Brix, Acidez total siguiendo los métodos de la AOAC. (2005), Índice de madurez. NTP 203.121.

Análisis del color se realizó la determinación de la Intensidad colorante. Método recomendado por Glories (1984) como citado por Macías (2018) pág. 80. Medida de polifenoles totales Determinación del Índice de polifenoles totales (IPT). Método recomendado García y Xiurus (2005) citado por Macías (2018), pág. 80.

Análisis funcional se realizó la determinación de la Capacidad antioxidante. Método ABTS. Arnao. Cano y Acosta 2004. Método DPPH. Brand Williams et al. (1995), Vitamina C. AOAC 967.21 Cap, 45 p. 21-22. "0TH Edición 2016, compuestos fenólicos. Método Swain y Hillis 1959. Folin-Ciocalteu.

Análisis Físico químico durante el proceso maceración fermentativa del mosto de capulí obtenido con maceración prefermentativa (-8° C-30 días). Análisis físico químico de la bebida fermentada se realizaron los análisis Grado alcohólico. NTP. 212.030. Revisión última 2016 y método del vinometro, acidez titulable (Método AOAC. 964.08 19 th ed. 2012), Acidez volátil. Adaptado de García Tena. (González et al., 2005), Alcohol metílico NTP 212.032 2001, Sólidos solubles por densimetría, pH. Método de la A.O.A.C (2005).

Análisis organoléptico. Color Olor Sabor Limpidez y Calificación de la calidad estética (Jackson, 2009).

Análisis funcional se determinó la Capacidad antioxidante. Método ABTS. Arnao M.; Cano, A.; Acosta, M.; et al. (2001). Método DPPH. Brand Williams et al., (1995). Vitamina C. AOAC 967.21 Cap., 45 pág. 21-22. "0TH Edición 2016, Compuestos fenólicos. Método Swain, T.; Hillis, W.; (1959). Folin-Ciocalteu.

Resultados y discusiones

Caracterización fisicoquímica y funcional del Capulí (*Prunus serotina*)

El fruto del capulí tuvo 68 g de pasta (Tabla 1) 11 g de cáscara y 58 g de pulpa aprovechables para la elaboración de subproductos (Hurtado y Pérez, 2014) y 32 g de pepa las cuales son inhibidoras de células cancerosas (Alveano et al., 2011).

Tabla 1: Componentes del capulí maduro por 100 gramos de fruta

Componente	gramos
Pulpa	57.16 ± 0.28
Cascara	11.03 ± 0.057
Pepa	32.03 ± 0.057
Total	100

La composición química de la pasta de capulí (Tabla 2) muestra que el capulí tiene un alto nivel de carbohidratos y fibra cruda mayor que lo reportado por Guijarro (2013), el contenido de grasa es despreciable comparado con lo que indica Munive y Vega (2013), que reporto 2.83 g, en cuanto a g/proteína es similar, destaca la energía total 95.5 se ratifica que es un alimento que provee energía y por su contenido de fibra hasta 6 veces mas que lo indicado por Guijarro (2013), es útil para el estreñimiento.

Tabla 2: Composición químico proximal de la pasta de capulí.

Análisis	Valores hallados (g)
Humedad (g/100g)	75.8
Cenizas (g/100g)	0.77
Proteínas ((N*6.25) g/100g)	2.14

Grasa (g/100g)	0.43
Carbohidratos totales por cálculo (g/100g)	20.78
Energía total (kcal/100g)	95.55
Fibra cruda g/100	3.78

Fuente: Informe de ensayo N° DT-00275-01-2019. Laboratorio de Asesoramiento Técnico S.A.C.

El contenido de sólidos solubles °Brix (Tabla 3) fue 22 °Brix, comparado con lo reportado por Villarroel (2008), lo cual se debe al grado de madurez de la fruta (62.53) en el momento del análisis, la fruta de la investigación tuvo un índice de madurez mayor (95.5), el pH es mayor 5.13, comparando con el aguaymanto y camu camu el °Brix del capulí es elevado (22 a 24°Brix) favorece el proceso de elaboración de bebidas. Ruiz et al., (2018), encontró una humedad de 28%, cenizas 1.3%, todas las características en el rango según la farmacopea, se encontraron bajas concentraciones de arsénico, cobre, mercurio y plomo, en cuanto a el tamizaje fitoquímico encontró azúcares reductores, fenoles aminoácidos y flavonoides 10.717 mg de cianidina 3-glucósido/g.

Funcionalmente la pasta de capulí (Tabla 3), tuvo más capacidad antioxidante que la mora. Hurtado y Pérez (2014), encontraron 1.85 veces mas capacidad antioxidante en el capulí de su experimento, podría deberse a que el capulí que ellos analizaron tenía 17 g de cáscara versus 11 g de cáscara del capulí de la investigación, el contenido de antocianos (Tabla 3) fue mayor debido al estado de madurez y a condiciones de terreno, clima, pero menor en vitamina C. Munive y Vega (2013), encontraron más vitamina C 3.7 mg/100g de fruta versus 2.2 mg /100g de pasta de capulí de la investigación. Ruiz et al., (2018), encontró mas polifenoles 1071.17 mg/100g de fruta de antocianina ligeramente mayor a los valores de la investigación se compara con los 904.7 mg/100 g de fruta. El capulí tuvo 23.39 µg de antocianina por ml de extracto etanólico lo que resulta menor al contenido de antocianina del arandano que tuvo 43.39 µg, en cuanto a la capacidad antioxidante total (método del DPPH el porcentaje de captura resulto 90.38 %, superior al arandano azul con 85.19% (Alayo, 2017), comparando con lo reportado en la investigación, se refuerza que el capulí tiene gran capacidad antioxidante. La cáscara de capulí (extracto metanólico) posee mayor concentración de polifenoles totales 2003,20 mgGAE/100 de cascara, y la pulpa 144 mgGAE/100g (Freire 2020), que concuerda con lo encontrado en la investigación (Tabla 3) que evaluó la pasta de capulí: En cuanto a la capacidad antioxidante de

la pasta de capulí es concordante con lo encontrado por Freire (2020), quien reportó 333,0 mg ET/100 g cáscara y 581,40 mg /100 g de pulpa medidos por el DPPH. Confirmando la funcionalidad del Capulí.

Tabla 3: Análisis fisicoquímicos y funcionales de la pasta de capulí maduro.

Análisis	Valores hallados
pH	5.13 ± 0.0057
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	22 ± 0.2886
Acidez titulable (g. ác. cítrico)	0.23 ± 0.0009
Índice de madurez	95.1 ± 0.09
Capacidad antioxidante (amor ET/100g de pasta)	950.4±0.1
Compuestos polifenólicos (mg GAE /100g de pasta)	904.7±0.01

Influencia de la maceración prefermentativa en congelación sobre la extracción de los compuestos polifenólicos y la intensidad colorante del capulí (*Prunus serotina*). Con el objetivo de encontrar la dilución de la pasta de capulí que capturó mayor cantidad de polifenoles en la maceración prefermentativa (30 días a -8°C), para continuar con esa dilución la maceración fermentativa y escalamiento, se estudió tres diluciones de la pasta de capulí 1:2, 1:3, 1:4 (pasta /agua) evaluándose antes y después de la maceración prefermentativa la intensidad colorante y el índice de polifenoles, la variación se determinó como el porcentaje de incremento de la intensidad colorante y el índice de polifenoles cuyos resultados (Tabla 4), demostraron que la dilución 1:3 es la adecuada presentó mayor porcentaje de incremento 54.5% en IC y 68% en Índice de polifenoles. Las variaciones de IPT e IC se deben a la desintegración de las pieles y liberación de los flavonoides que enriquecen el mosto mediante técnicas macerativas a temperaturas frías y de congelación que influyen en la extracción del color (kountoudakis et al., 2009). Apolinar (2012), encontró un % de incremento de antocianos mg/l de 51%, y de IC de 18%, un poco más bajos a los valores encontrados en esta investigación porque usó menos tiempo de maceración prefermentativa y temperaturas de 6 °C, ratificándose que la maceración prefermentativa en frío es una estrategia para mejorar los vinos, debido a que retrasa el inicio de la fermentación y logra la extracción lenta y progresiva de la materia colorante, lo cual concuerda con lo reportado por

Coagula (2019), que encontró que la maceración prefermentativa a -26°C por 48 horas fue más efectiva para la extracción de compuestos polifenólicos, reporto $46.13 \pm 0.37 \text{mgGAE}/100\text{g}$ de fenoles totales en uva congelada y en el vino un incremento de 28 veces (1293.18 ± 1.77) y con uva no congelada tuvo un incremento de 15.81 veces ($737.77 \pm 1.73 \text{mgGAE}/\text{litro de vino}$), dado que los tratamientos de congelación a temperaturas mas bajas por más tiempo presentan mayor extracción. La extracción de polifenoles depende de la degradación de las paredes celulares de los hollejos (Moreno 2013).

Tabla 4: Incremento de la intensidad colorante y el índice de polifenoles en las diluciones 1:2, 1:3 ,1:4 de la pasta de capulí antes y después de la MPF.

Dilución	parámetros	MPF ^A	MPF ^D	% de incremento
1:2	IC	11	16.5	47.5
	IPT	10	12.6	26
1:3	IC	13.2	20.4	54.5
	IPT	14	45	68
1:4	IC	5.3	7.4	37
	IPT	8	12	12.5

MPFA Maceración prefermentativa antes

MPFD Maceración prefermentativa después

Por lo tanto, la maceración prefermentativa a temperaturas de congelación tiene un efecto positivo al influir en el aumento del índice de polifenoles totales y la intensidad colorante. En la maceración prefermentativa ocurre una difusión de antocianos y taninos de bajo peso molecular y la ausencia de etanol favorecería la formación de especies polifenólicos de mayor peso molecular y aumento del color (Casassa, 2015). La maceración prefermentativa se debe realizar a bajas temperatura para evitar la fermentación, logra extraer más aromas, polifenoles, compuestos nitrogenados y acidez (Macías, 2018). Es importante llevar a la práctica de la MPF en Perú.

Influencia de la concentración de nutrientes y la concentración de azúcares en la maceración fermentativa.

Se evaluó con la metodología de superficie respuesta mediante un DCCR (Tabla 5)

Tabla 5: Metodología de superficie respuesta y resultados de respuesta

Tratamientos		°Brix	Nutriente	DF	°GAF	pHF	
1	-1	-1	19.5	14.5	6	9.8	3.68
2	1	-1	26.5	14.5	8	11	3.65
3	-1	1	19.5	35.5	6	10	3.66
4	1	1	26.5	35.5	9	11	3.5
5	- α	0	18	25	6	9	3.67
6	+ α	0	28	25	10	12.6	3.59
7	0	- α	23	18	8	9	3.68
8	0	+ α	23	40	8	10	3.62
9	0	0	23	15	7	9	3.65
10	0	0	23	15	7	9	3.71
11	0	0	23	15	7	9	3.71

Las tablas 6, 7, 8 muestran la serie de resultados de la variación del °brix y variación del pH de los 11 tratamientos del DCCR.

Tabla 6: Variación de pH, °Brix para los Tratamientos 1, 2, 3, 4

Días/ Aná,	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Tratamiento 4	
	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix	pH
0	19.5	4.4	26.5	4.5	19.5	4.8	26.5	4.8
2	16.7	4.4	20	4.5	17	4.8	22	4.7
4	8	4	16.5	4.1	8.5	4.5	11	4.3
6	0	3.68	6	3.7	0	3.66	6.5	3.64
8			0	3.65				
9							0	3.5

Tabla 7: Variación de pH y °Brix para los tratamientos 5, 6, 7,8

Días/ Aná.	Tratamiento 5		Tratamiento 6		Tratamiento 7		Tratamiento 8	
	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix	pH
0	18	4.2	28	4.6	23	4.5	23	4.8
2	16	4.1	24	4.6	20	4.6	20	4.9
4	9	4.1	14	4	11	4	12	4.1
6	0	3.67	8.5	3.71	5	3.68	6	3.66
7					3	3.68	4	3.62
8			5	3.63	0	3.68	0	3.62
9			3	3.59				
10			3	3.59				

Tabla 8: Variación del pH, °Brix para los Tratamientos 9,10, 11

Días/ Aná.	Tratamiento 9		Tratamiento 10		Tratamiento 11	
	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix	pH
0	23	4.2	23	4.05	23	4.05
2	20	4.05	20	4.00	20	4.00
4	10	3.9	11	3.9	11	3.8
6	4	3.7	4	3.73	4	3.73
7	0	3.65	0	3.71	0	3.63

En la Figura 1 y Figura 2 grafica la variación de la duración de la fermentación de los 11 tratamientos versus % de solidos solubles y variación del pH

Figura 1: Variación de los Sólidos Solubles (°Brix) Vs Duración de la fermentación

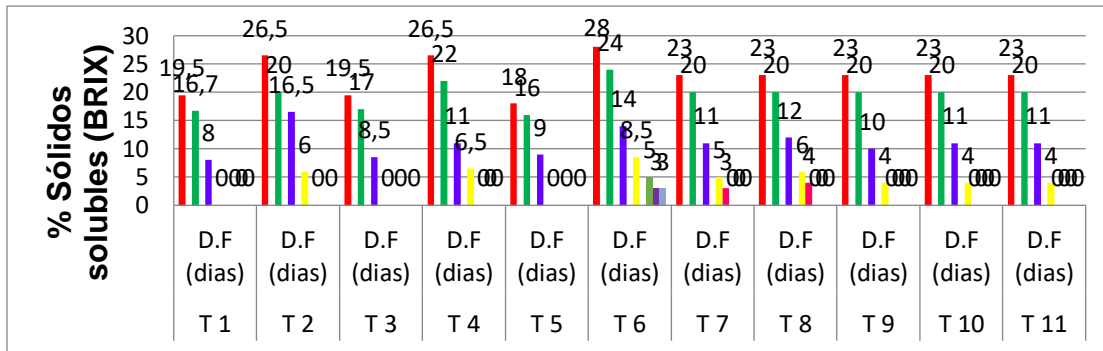


Figura 2: pH versus Duración de la fermentación

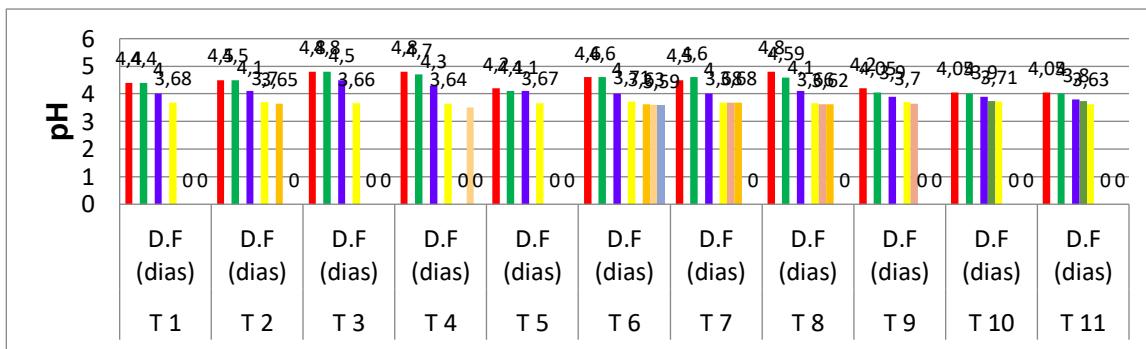
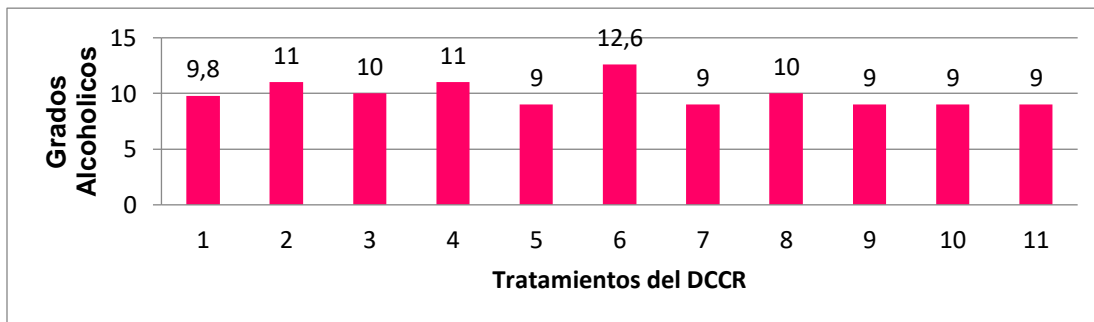


Figura 3: Grado alcohólico final por tratamiento versus tratamientos del DCCR



El T6 (tabla 8) tuvo 12,6 °GA y 10 días de DF, por lo que el mayor % de azúcar y una moderada cantidad de V ACTIV influye en el mayor °GA, la figura 2 muestra que todos los tratamientos tuvieron un pH entre 3.3 y 3.6 y que cuanto mas bajo es el pH de arranque de la fermentación es más corta la duración de la fermentación, un exceso de nutriente disminuye la DF y sirve de amortiguador para que no baje el pH a valores indeseables. Falcón, Toscano y Rosales (2016), reportaron cambios drásticos de pH en una maceración fermentativa cuando no se usa nutriente.

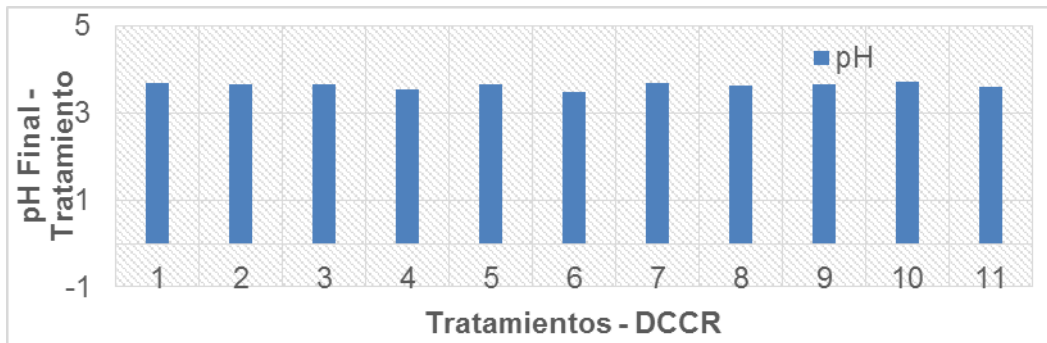
La DF se ve influenciada por el pH y la calidad-cantidad del nutriente adicionado. Acosta (2012), utilizó como único nutriente fosfato de amonio en dosis de 40 g/hl de mosto, temperatura de 25°C, sin pie de cuba (uso 20 g de levadura y empleo tres días de rehidratación a 30°C, tuvo una DF de 16 días y 9.5°GAF (su resultado no fue adecuado), lo cual ratifica que la calidad y cantidad del nutriente, el empleo de pie de cuba influyen en el °GA. Poma (2016), halló 5 días de DF tiempo insuficiente para extraer polifenoles, uso 25°C, pH 3.5 que aceleró la DF y no consiguió agotar los °Brix, la mayor extracción de polifenoles se da a mayor concentración de alcohol en la maceración fermentativa (Galán 2018), la mayor extracción de polifenoles en la maceración fermentativa ocurre a los 10 días por que los principios activos, compuestos aromáticos de los hollejos y pepitas pasan al mosto y un incremento significativo de taninos lo cual tiene un efecto en la estabilidad del color y en las características sensoriales del vino (Gonzales- Neves et al, 2015). La maceración fermentativa sin nutriente o con dosis bajas de nutriente, alta temperatura, sin pie de cuba no llegan a agotar los °Brix y obtiene bajo grado alcohólico (Poma, 2016).

Los resultados de los ANOVAS para los tratamientos realizados en la metodología de superficie respuesta (Tabla 10) indican una influencia significativa de las variables °Brix y Nutriente para la variable dependiente °GA y DF, para la variable dependiente pH final no hay influencia significativa (Figura 5), los rangos del pH final están dentro del rango que establece la norma técnica nacional para vino (3.3 y 3.8) que demuestra la no influencia significativa del °Brix y nutriente en el pH final, el nutriente V ACTIV protege los cambios drásticos de pH, sirve de amortiguador y ayuda al metabolismo de la levadura por su aporte proteico, vitaminas y minerales.

Tabla 10: Resumen del ANOVA para el GA final, pH final, DF

Variables	Valor de P	Valor predicho	Influencia (95% confianza)
Brix/Nut/GA	0.0036 < 0.05	12.153°GA	Hay influencia sig.
	0.010 < 0.05		
Brix/Nut/pHf	0.015 < 0.05	3.65	No hay influencia sig.
	0.36 > 0.05		
Brix,Nut/DF	0.0002 < 0.05	9.53	Hay influencia sig.

Figura 5: pH final de cada tratamiento versus tratamiento del DCCR



En las figuras se muestran la superficie respuesta del modelo para las variables dependientes brix y nutriente (V ACTIV) y duración de la fermentación (figura 6) y la superficie respuesta para la variable dependiente DF en función del °Brix y nutriente.

Figura 6: S. R para Maximizar el grado alcohólico En función de la combinación °Brix y Nutriente

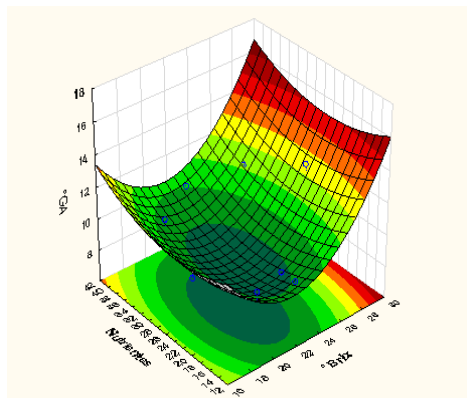
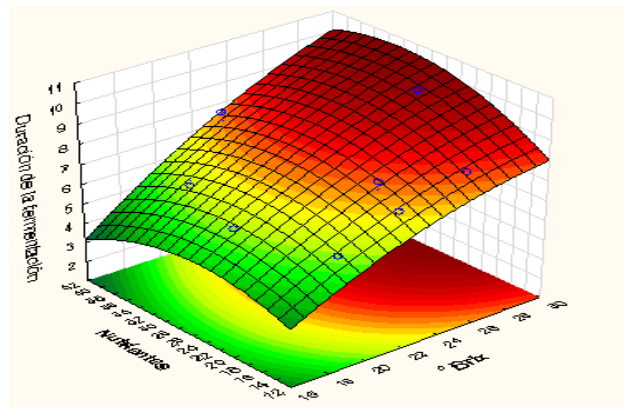


Figura 7: S. respuesta para la variable dependiente DF en Función del °Brix y nutriente

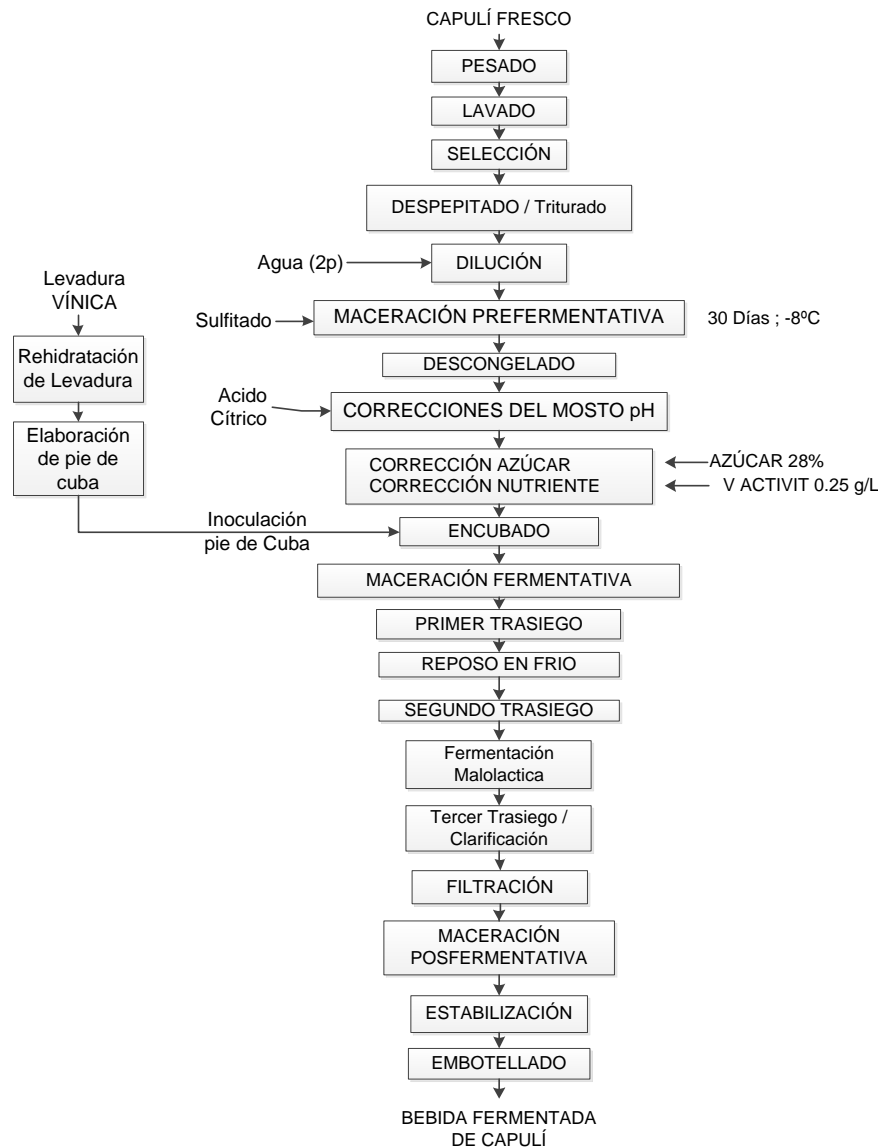


Se observa que para un °Brix de 27 y 0.25 g/de nutriente se obtiene estadísticamente un valor de 12.153 de GA y una DF de 9.52 días, estos valores son muy cercanos a los resultados experimentales hallados en el T6 del DCCR (°Brix 28, DF 10 días, nutriente 0.3) Estos resultados experimentales y estadísticos son diferentes a los planteados en la hipótesis central de la investigación que fue: dilución 1.2, °Brix 22 y 0.3 de nutriente V ACTIV, en consecuencia la hipótesis no se cumplió debido a que el tratamiento que alcanzo mayor funcionalidad y aceptación organoléptica y calidad estética fue el T6. Espinoza (2018), manifiesta que “la comprobación de la hipótesis consiste en constatar, mediante la observación y/o experimentación, si una hipótesis empírica es verdadera o falsa. Una hipótesis que no pueda ser confirmada o refutada por alguna experiencia no puede adquirir el calificativo de científica”

Elaboración de la bebida fermentada

En la figura 8 se presenta el diagrama de flujo de la bebida fermentada de capulí, se observa la maceración prefermentativa, fermentativa, posfermentativa y parámetros, las cuales son imprescindibles para obtener vinos o bebidas fermentadas de calidad.

Figura 8: Diagrama de flujo de la elaboración de la bebida fermentada de capulí



Caracterización físico-química-funcional

La bebida fermentada tuvo un °GA de 12.83, una acidez volátil 0.673 g/l de ácido acético, ° Brix de 0.33 ± 0.47 , Acidez total g/l ácido tartárico 3.833 ± 0.047 pH 3.49 ± 0.0047 , metanol (ppm) 179.6 ± 0.471 mg Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol ET}/100\text{ml}$) 1913.039 ± 0.021 , polifenoles mgGAE /100ml 118.59 ± 0.03 .

Sensorialmente tuvo un puntaje promedio superior a 5 la prueba de hipótesis de un promedio usando la distribución de T student, y $p < 0.05$ demostró que fue muy aceptable para los panelistas con una confianza del 95%. La calificación estética de la bebida tuvo un nota promedio de 15.1, superior a 14 que se considera nota aprobatoria, con la prueba y un p valor < 0.05 se pudo concluir que fue muy aceptable con un 95% de confianza. La capacidad antioxidante y contenido de polifenoles de la bebida fermentada tuvo valores elevados comparado con los valores de capacidad antioxidante de 13 vinos peruanos, Muñoz et al., (2007), encontró valores de capacidad antioxidante entre 32 a 873 $\mu\text{MET/l}$ por el método DPPH, y en la investigación se halló 19,130/l, que demuestra la superior capacidad antioxidante de la bebida fermentada de la investigación. En vino se hallaron 1019 mgGAE/l de polifenoles (Gutiérrez, 2017) comparado con el contenido de polifenoles de la bebida fermentada 1180mg GAE/l, ligeramente mayor, se acredita el alto contenido de polifenoles. Vazallo (2017), confirma que durante la crianza y envejecimiento en barrica o con astillas de roble y taninos comerciales se enriquece el contenido de polifenoles, protoantocianidinas, taninos hidrolizables, ácidos fenólicos, catequinas, epicantina, flavonoides que explican el aumento de la capacidad antioxidante. Se encontró un rango de 1238, 1032, 717 $\mu\text{ml/ET/L}$ (método ABTS), en vinos macerados con semillas de uva por 84 días de crianza (Gutiérrez, 2017) en la investigación se halló 19,113 $\mu\text{ml/ET/L}$ en bebida fermentada de capulí con 6 meses de crianza, siendo 15.45 veces más capacidad antioxidante que el vino tinto macerado con semillas.

Conclusiones

Se logró la caracterización fisicoquímica, químico proximal y funcional de la pasta de capulí utilizable para el desarrollo de subproductos de este fruto. La maceración prefermentativa en frío permitió extraer la mayor cantidad polifenoles y mayor intensidad de color de la pasta de capulí, lo cual sería importante se aplique en el Perú. La influencia de la concentración de azúcares y nutriente V ACTIV tiene efecto directo en la extractibilidad de compuestos polifenólicos lo cual es influenciado por la cantidad y calidad del nutriente V ACTIV. Las operaciones de la elaboración de la bebida fermentada: maceración prefermentativa, maceración fermentativa, maceración posfermentativa, aumentan la capacidad antioxidante de la bebida fermentada. La bebida fermentada cumple con los requisitos fisicoquímicos para las bebidas fermentadas (vino tinto). La capacidad antioxidante, contenido polifenólicos hallados en el fruto y bebida fermentada

demuestran su carácter nutracéutico. Se recomienda el empleo de nutrientes enológicos (V ACTIV, ACTIVIT SCORSE en vez de fosfato de amonio en maceración fermentativa de frutas y el aprovechamiento industrial del fruto del capulí, corteza, hojas, flor con fines maderables, apícola, medicinal y alimenticia.

Referencias

1. Acosta.C.; 2012. Evaluación de la fermentación alcohólica para la producción de hidromiel. Tesis de magister. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.128 pp.
2. Alayo, D. 2017. Estudio comparativo de la actividad antioxidante de los frutos de *Prunus serotina* y el *Vaccinium corymbosum* Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo. Perú 58 pp.
3. Arbildo, A.; Campos, O.; 2014. Evaluación de la actividad antioxidante del extracto etanólico de hojas y frutos de *Prunus serótina* "capulí" provenientes de la Región Cajamarca. Tesis de grado. Universidad Nacional del Ecuador. Quito. Ecuador. 100 pp.
4. AOAC (Official Methods of Analysis) 2016. 962.20 th ed.; 20.962.09 th ed. Cap 4, ed XVIII. Pag 44 (fiber (crude) in fruit food.; 981.12, 931.12, 942.15; 967.21 2016 analyses de vitamina C. Cap, 45 pág. 21-22 Association of Official chemists. Washington D.C., USA.
5. Alveano, I.; Rojas, A.; Oomahb, D.; et al. 2011. Food Chemistry · Volume 124, Issue 3, 1 February 2011, 983-990 pp.
6. Arnao, M.; Cano, A.; Acosta, M.; et al. 2004. actividad antioxidante hidrofílica y lipofílica y contenido en vitamina c de zumos de naranja comerciales: relación con sus características organolépticas. Ciencia y Tecnología Alimentaria, julio, año/vol. 4, número 003. p 185-189.
7. Brand-Williams W.; Cuvelier, E; Berset, C.; et al. 1995. Use of a free radical method evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology, Volume 28, Issue 1, 1995.
8. Swain; W. Hillis. The phenolic constituents. Journal of Science and Food Agricultural, 1959; 10: 63-68. 6.
9. Jackson, R. 2009. Análisis sensorial de vinos. Manual para profesionales. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. 329 pp.

10. Cátedra Extraordinaria de Bebidas Fermentadas (2013). Bebidas fermentada y salud. La Cátedra Extraordinaria de Bebidas Fermentadas de la Universidad Complutense de Madrid.
11. Casassa, L. (2015). El Instituto Nacional de tecnología agropecuaria desarrolla tecnologías para maceración de viciales tintos. Revista del Centro de Estudios de Enología. EEA Mendoza. Argentina.
12. Espinoza, E.; 2018. “La Hipótesis en la investigación”Mendive vol. 16 N°1. p.122-139
13. Falcón, P; Toscano, A.; Rosales, E.; et al. 2019. Efecto del tiempo de la maceración prefermentativa sobre la capacidad antioxidante, carotenos, vitamina c de una Bebida fermentada de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) al estado maduro. Revista Aporte Santiaguino. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Vol. 12 Núm. 2 Julio-diciembre. Pág. 186- 189.
14. Freire, E. 2020. Evaluación del potencial antioxidante de extractos metanólicos a partir de la cáscara y pulpa de capulí (*Prunus serótina*) proveniente de la ciudad de Ambato. Tesis de Ingeniero. Universidad Agraria del Ecuador. Ambato. Ecuador 99 pp.
15. Galán, M. (2018). Manejo de las maceraciones en la vinificación de tintos. Universidad de la Rioja. España. Trabajo de grado en Enología España.
16. González-Neves, A.; Guzmán, G.; Piccardo, D.; et al. 2015. Efecto de técnicas alternativas de maceración sobre el color y composición de vinos tintos de seis variedades de uva. *Agrociencia Uruguay*, 19(1), 57-68.
17. Guijarro, M. 2013. Diseño de un proceso para producir un licor con sabor a Capulí. Tesis de grado). Univ. Central del Ecuador. Quito. Ecuador. 65 pp.
18. Guzmán, S.; Segura- Ledesma, D.; Almalaguer-Vargas.; et al. 2020. El capulín (*Prunus serótina*): árbol multipropósito con potencial forestal en México Black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.). *Revista Madera y Bosques* vol. 26, núm. 1, e2611866. Primavera 2020 doi: 10.21829/myb.2020.2611866
19. Hidalgo, J. (2011). Tratado de enología I. Madrid: Ed. Mundi- Prensa. 92 pp.
20. Hurtado, N.; Pérez, M.; 2014. Identificación, Estabilidad y Actividad Antioxidante de las Antocianinas Aisladas de la Cáscara del Fruto de Capulí (*Prunus serótina* spp capulí (Cav) Mc. Vaug Cav). *Información tecnológica*, 25(4), 131-140.
21. Ibarra, C., Rojas, F., Luna, I.; et al. 2009. Vasorelaxant constituents of the leaves of *Prunus serótina* “Capulín”, *Revista Latinoamericana de Química*: 37(2), 164-173.

22. Jiménez, V. 2019. Alimentos fermentados y salud. V Congreso de Gastronomía y salud. Universidad Complutense de Madrid. Conferencia 17-19 nov, 2019.
23. Jiménez, M., Castillo, I., Azuara, E., et al 2011. Antioxidant and antimicrobial activity of capulín (*Prunus serótina* subsp capulí) extracts. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(1), 29-37.
24. Jackson, R. 2009. Análisis sensorial de vinos. Manual para profesionales. 2da Edición. Editorial Acribia S.A. España. 330 pp.
25. Kountoudakis, N.; Canals, R.; Esteruelas, M.; et al. 2009. Maceración prefermentativa en frío. Aspectos tecnológicos en la elaboración de vinos de crianza. *ACE: Revista de enología*, ISSN-e 1697-4123, N°105, 2009
26. Luan, A.; Gao, A.; He, J.; et al. 2018. Characterization of the complete chloroplast genome of black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.). *Conservation Genet Resour* 10, 367–370 (2018)
27. Macías, L. 2018. Elaboración de vinos. Editorial Síntesis, S.A. Madrid. 204 pp.
28. Munive, Y.; Vega, M. 2013. Evaluación del efecto de la temperatura y la concentración en la pérdida de antocianinas y vitamina c en la cinética de deshidratado osmótico. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Centro del Perú. Huancayo. 107 pp.
29. Moreno, A. 2013. Técnicas Enológicas de frío y Enzimáticas Aplicadas a la extractabilidad de Syrah, Cabernet Sauvignon y Monastrell. Murcia: Universidad de Murcia. España
30. Muñoz, A., Fernández, A., Ramos, F., et al., 2017. Evaluación de la actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en vinos producidos en Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 1.
31. Norma Técnica Nacional 2023.121. INACAL- Perú. Revisada 2016.
32. Poma, P. 2016. Efecto de tres niveles de concentración de levadura *Saccharomyces cerevisiae* cepa CH 158 SIHA en la fermentación del zumo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú. 93 pp.
33. Ruiz, S.; Venegas, E.; Tadeo, A.; et al., 2018. Características farmacognósticas y cuantificación espectrofotométrica de antocianinas totales del fruto de *Prunus serótina* subsp. capuli (Cav.) McVaugh (Rosaceae) “capulí”. *Arnaldoa* 25 (3): 961-980, 2018
34. Reyes, M; Gómez-Sánchez I.; Espinoza, C.; et al., 2017. Tablas peruanas de composición de alimentos 10ma ed. – Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.

35. Sociedad de Asesoramiento técnico 2019. Informes de ensayo N°DT-00275- 01-2019, N°DT-1960- 01-2019.
36. Santiago-Vázquez, E.; García-Vieyra, M.; Vargas-Rodríguez, L.; et al. 2019. Perfil Fitoquímico y actividad antioxidante de extractos de garambullo y capulí. Ponencia en el VI Congreso Internacional de Ingeniería Agroindustrial. Bolivia 16-20 set 2019.
37. Urcuanjo, P. 2014. Evaluación de medios de cultivo para micro propagación “in vitro” de capulí (*Prunus serotina* ss. *capulí cav.*) a partir de segmentos nodales. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador. 113 pp.
38. Vazallo, G; 2017. Commercial enological tannins: Characterization and their relative impact on the phenolic and sensory composition of Carmen ere wine during bottle aging. *Revista Lw T-Food Science and technology*. Vol. 83. Pág. 172-183. Universidad de Chile.
39. Villarroel, G. 2008. Determinación de la actividad antioxidante de la guinda (*Prunus capuli*). (Tesis de grado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. 150 pp.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).