

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y RENDIMIENTO
ECONÓMICO DEL VINAGRE OBTENIDO DE DOS VARIEDADES DE
*MANZANA (MALUS DOMESTICA B).***

POR

CAROLINA ANDREA ORELLANA CERDA

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA.**

CONCEPCIÓN – CHILE
2024

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESTUDIO DE LA COMPOSICION NUTRICIONAL Y RENDIMIENTO
ECONÓMICO DEL VINAGRE OBTENIDO DE DOS VARIEDADES DE
MANZANA (*MALUS DOMESTICA B*).**

POR

CAROLINA ANDREA ORELLANA CERDA

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA.**

**CONCEPCIÓN – CHILE
2024**

Aprobada por:

Profesor Asociado, María Dolores López B.
Lic. en Química, Dr.

Guía

Profesor Asociado, Antonio Pinto R.
Ing. Agrónomo, Mg, PhD.

Asesor

Profesor Asistente, Guillermo Pascual A
Ing. Agrónomo, Dr.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen	1
Summary.....	1
Introducción	2
Materiales y Métodos	6
Resultados y Discusión	10
Conclusiones	17
Referencias	18
Anexos	21

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Pagina
Figura 1	Diseño experimental de manzanas de variedad Granny Smith (GS) y Fuji (F).....	7
Figura 2	Densidad y temperatura de los mostos de dos variedades de manzana.....	11
Figura 3	pH y temperatura de vinagre de variedades de manzana GS y F	12
Tabla 1	Peso (g) de dos variedades de manzana Granny Smith y Fuji cosechadas en el 2021.....	10
Tabla 2	Sólidos solubles (°Bx) de dos variedades de manzana, Granny Smith y Fuji, en dos localidades de Santa Juana y Nacimiento 2021.	12
Tabla 3	Grado alcohólico (%) post fermentación alcohólica y acetificación para dos variedades de manzana Granny Smith y Fuji en dos localidades Santa Juana y Nacimiento en el 2021.....	13
Tabla 4	Acidez total (%) para mosto de manzana y vinagre para dos variedades de manzana, Granny Smith y Fuji, y un vinagre comercial de manzana.....	14
Tabla 5	Propiedades antioxidantes (polifenoles totales, DPPH y FRAP) de dos vinagres elaborados con dos variedades de manzana, Granny Smith y Fuji, además de un vinagre comercial	15
Tabla 6	Resultado de beneficio y costo, VAN y TIR en la producción de vinagre de manzana de 500cc.....	17

ESTUDIO DE LA COMPOSICION NUTRICIONAL Y RENDIMIENTO ECONÓMICO DEL VINAGRE OBTENIDO DE DOS VARIEDADES DE MANZANA (*MALUS DOMESTICA* B.).

STUDY OF THE NUTRITIONAL COMPOSITION AND ECONOMIC VALUE OF VINEGAR OBTAINED FROM TWO APPLE VARIETIES (*MALUS DOMESTICA* B.).

Palabras índice adicionales: antioxidantes, fermentación, ácido acético

RESUMEN

La manzana es un alimento que sirve de materia prima para la elaboración de variados subproductos, como es el vinagre. Para llevar a cabo esta transformación se realizan distintas fermentaciones. Algunas propiedades organolépticas del vinagre, como el color, son dadas tanto por la oxidación en la fermentación alcohólica, como en la acetificación. El vinagre, además, contiene compuestos bioactivos de alto valor nutricional, como las vitaminas, los compuestos fenólicos y ácidos orgánicos. En este trabajo se determinó las diferencias en las propiedades físico-químicas y antioxidantes entre vinagres obtenidos de dos tipos de manzana (*Malus domestica* B.), de las variedades Granny Smith y Fuji, más un vinagre comercial. Además, se estudió si su elaboración fue económicamente eficiente. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre las dos variedades en sólidos solubles, en la manzana recién molida, alcanzando 12,2 y 14,9 °Brix, y para los dos vinagres, en relación a los polifenoles totales (13,5 y 22,6 mg 100 g⁻¹), pero no así para análisis de actividad antioxidante (DPPH y FRAP). La finalidad de este estudio estuvo enmarcada en la elaboración de vinagre como producto de economía circular para los pequeños productores.

SUMMARY

The apple is a food that serves as raw material to produce various by-products, such as vinegar. To carry out this transformation, different fermentations are carried out. Some organoleptic properties of vinegar, such as color, are given by

both oxidation in alcoholic fermentation and acetification. Vinegar also contains bioactive compounds of high nutritional value, such as vitamins, phenolic compounds and organic acids. In this work, the differences in the physical-chemical and antioxidant properties between vinegar obtained from two types of apple (*Malus domestica* B.), Granny Smith and Fuji varieties, and a commercial vinegar were determined. In addition, it was studied whether its preparation was economically efficient. The results obtained showed significant differences between the two varieties in the soluble solids, in the freshly ground apple, with an amount of 12.2 and 14.9 °Bx, and for the two vinegars, in relation to total polyphenols (13.5 and 22.6 mg 100 g⁻¹), but not for antioxidant activity (DPPH and FRAP analyses). The purpose of this study was framed in the production of vinegar as a circular economy product for small producers.

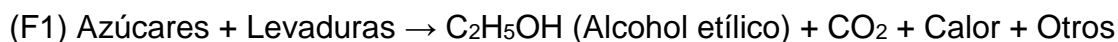
INTRODUCCIÓN

El manzano (*Malus domestica* B.) pertenece a la familia Rosaceae, y es un árbol de hoja caduca que florece en primavera y da sus frutos en verano. Su fruto, la manzana, es un pomo globoso, con un pedúnculo corto y posee numerosas semillas de color pardo. Es un fruto con gran aporte nutricional, con hidratos de carbono, fructosa, glucosa y sacarosa, pequeñas cantidades de proteínas y grasas, además de vitamina C, y minerales como el potasio y hierro (Huaman, 2019).

El manzano es uno de los primeros árboles frutales cultivados y domesticado por el hombre. Data de alrededor del siglo X, siendo éste un árbol originario de Asia y posteriormente introducido por los ingleses en el siglo XVII a América. Para el siglo XIX ya se encontraba en todo el continente. Este frutal no es específico de determinadas zonas agroclimática, pero si presenta preferencias por el clima templado, ya que no requiere de tanta temperatura o luz para completar su ciclo (Martínez, 2012; Merlet *et al.*, 2016). La propagación de esta especie suele realizarse mediante semillas o preferentemente por injertos, para que la producción de fruto se genere en el menor tiempo posible (entre 2 a 3 años)

(Martínez, 2012).

Entre los bioproductos o procesados que se pueden elaborar mediante cualquier fuente como los frutos, que contenga carbohidratos (específicamente azúcares), se encuentra el vinagre (Johnston, y Gaas, 2006). El vinagre proviene de la palabra 'vin aigre' que significa "vino agrio" en francés y en la antigüedad fue utilizado como conservante (Vallejo, 2016). El proceso de producción del vinagre comienza con una limpieza de la fruta, seguido de una molienda para finalmente ser prensado y obtener el mosto, el cual se va a fermentar (Pizarro, 2005). El proceso de realización del vinagre requiere una doble fermentación, alcohólica y acética. En primera instancia, se realiza la fermentación alcohólica (F1), que consiste en la transformación de azúcar del mosto en alcohol etílico, a través de las levaduras naturales o las que son agregadas al mosto. Estas levaduras suelen ser del género *Saccharomyces* y actúan de manera anaeróbicamente (Johnston y Gaas, 2006).



Las levaduras, para realizar este proceso, requieren una temperatura y pH óptimo para crecer en el medio, que oscila entre 25 °C y 30 °C y un pH entre 5,4 y 6,3 (Gerard, 2016).

La segunda fermentación es la acetificación o fermentación acética (F2), que se origina principalmente por bacterias aeróbicas como las *Acetobacter aceti*, que son Gram negativas y se mueve utilizando sus flagelos peritricos (Gerard, 2016). La acetificación es considerada un proceso biotecnológico donde ocurre la oxidación biológica de un sustrato con bajo contenido de etanol como la sidra. Este proceso sucede a través de bacterias con la finalidad de formar ácido acético (vinagre) y agua (Ferreyra *et al.*, 2014; Reyes, 2015).



Las *Acetobacter* no solo generan la oxidación del etanol, sino que oxida el acetato

y el lactato dando origen a la formación de agua y dióxido de carbono (Pizarro, 2005). Durante este proceso se deben manejar ciertos factores determinantes del proceso como la temperatura, no sobrepasando los 33 °C, ya que las bacterias son altamente sensibles, siendo la temperatura óptima entre 30 y 31°C. El segundo parámetro es el contenido de oxígeno, ya que este debe ser constante (alrededor de 2 mg L⁻¹), y por último el pH, que genera la velocidad de crecimiento de las bacterias. El pH óptimo para activar a las bacterias debe estar entre 4 y 6 (Huaman, 2019).

Al finalizar la acetificación se pueden producir productos heterogéneos, tanto en propiedades organolépticas como químicas, que dependerán principalmente de la fruta utilizada y el método de fermentación, ya que el ácido acético es un ácido orgánico volátil y es el que le da el sabor agrio y su característico olor penetrante al vinagre (Johnston y Gaas, 2006).

La composición general del vinagre es: alcohol (0,28 % W/V), acidez total (4,50 % W/V), acidez volátil (4,33 % W/V), sólidos solubles totales (0,82 % W/V), cenizas (1,80 mg/mL), gravedad específica (1,02 g/mL) y pH de 2,91 (Erazo *et al.*, 2001).

Existen varios métodos para mejorar la fermentación, los cuales han sido modificados con la finalidad de disminuir el tiempo de producción, o donde se agregan virutas para que se adhieran las bacterias o se instala un sistema de agitación del mosto para mantener las condiciones óptimas durante este proceso (Ferreyra *et al.*, 2014; Sepúlveda *et al.* 2010; Johnston y Gaas. 2006; Brito *et al.*, 2010; Gerard, 2016). También existen normas internacionales que exigen que el vinagre debe presentar 4 g de ácido acético en 100 mL a 20 °C (Erazo *et al.*, 2001) y si proviene de la sidra mostrar, al menos, entre un 5 a 6 % de ácido acético (Johnston y Gaas, 2006).

Los vinagres elaborados con manzana presentan características distintivas. Son líquidos miscibles de sabor agrio, altamente volátil, con un color y aroma que dependen netamente de la materia prima con la cual han sido elaborados, es decir, de la variedad de manzana. En el caso del vinagre de manzana presenta un color café cobrizo oscuro. Este color es dado por la oxidación que sufre la materia

prima tanto en la fermentación alcohólica como en la acetificación. También presenta un olor característico a sidra, pero ligeramente avinagrado, ya que conserva las propiedades organolépticas de la manzana (Vallejo, 2016).

La ley 18.455, Título IV de los Vinagres, específicamente el Artículo 48° rige la producción y comercialización de vinagre de manzana de manera nacional, donde se exige que el vinagre de manzana deba tener un mínimo de ácido acético de 40 g L⁻¹, y un grado alcohólico inferior a 1, libre de anguílulas, y no poseer más de 1 g L⁻¹ de cloruros. Además, solo debe presentar sustancias propias de la materia prima para que sea considerado un vinagre genuino (Ministerio de agricultura, 2020).

El vinagre de manzana es considerado un producto económico, por lo que puede ser clasificado dentro de la economía circular, dado que la producción de éste es considerada de bajo costo, al utilizarse materias primas que no tienen un elevado valor comercial, de excedentes agrícolas de las cosechas y postcosecha o bien por la adquisición a través de pequeños productores de los cuales pierden la fruta año a año (Brito *et al.*, 2010). En resumen, este producto tiene un valor agregado al poder convertir un fruto en un producto final como lo es el vinagre (Huaman, 2019).

Chile se caracteriza por ser un país exportador de vinagre, aunque en los últimos años ha ido disminuyendo. El año 2020 presentó una exportación de 505 miles de USD y para el año 2022 se exportó 109 miles de USD (Trademap, 2023). Sin embargo, la producción e importancia del vinagre como producto alimenticio sigue siendo rentable gracias a las propiedades beneficiosas para la salud humana que posee este producto (Sepúlveda *et al.*, 2010). Consta de vitaminas, sales minerales, aminoácidos, compuestos fenólicos, como los son el ácido gálico, catequina, ácido cafeico, ácido ferúlico y ácidos orgánicos no volátil como ácido tartárico, cítrico, málico y láctico (Johnston y Gaas, 2006). A través de diversas investigaciones científicas se ha determinado que el vinagre de manzana contiene un alto contenido de pectinas y compuestos fenólicos que ayudan a proteger el sistema cardiovascular y reduce los niveles de colesterol. Sin embargo, las distintas variedades de manzana pueden dar lugar a vinagres con diferentes

valores nutricionales.

En este trabajo de investigación se estudió la influencia de diferentes variedades de manzanas en las propiedades antioxidantes y beneficiosas del vinagre, así como una revisión de los costos y beneficios, valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR) asociados en producir vinagres de alta calidad nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Pretratamiento de muestras

Se trabajó con dos muestras de manzanas en diferentes predios. La variedad Granny Smith se obtuvo en la zona de Tanahuillín, comuna de Santa Juana (37°14'34.60"S, 72°46'23.65"O) y la variedad Fuji en Millapoa comuna de Nacimiento (37°22'28.78"S, 72°40'22.24"O), de la Región del Biobío. Ambas variedades de manzana fueron recolectadas y se mantuvieron congeladas a -20 °C hasta que se realizó los análisis por triplicado.

Como pretratamiento, se lavaron ambas variedades de manzana para evitar contaminación externa y se trituraron. Se pesaron 5.996,78 g de fruto de manzana var. Fuji y 5.998,28 g de manzana var. Granny Smith y se trituraron con una trituradora (Thomas th-2540i, China), y se obtuvieron 2.993,55 mL y 3.050 mL de mosto que fueron filtrados manualmente. Una vez obtenido el mosto final se incorporó a tres matraces Erlenmeyer de 1000 mL para realizar el triplicado.

Procesos fermentativos

A los matraces anteriormente descritos se les adicionó 0,5 g de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) para realizar la fermentación alcohólica la cual tuvo una duración de 22 días. Durante este procedimiento se midió la temperatura y densidad diariamente hasta obtener la medida de densidad constante (durante 11 días), y así comenzar a realizar la acetificación. Para ello, se realizó un filtrado de la borra del mosto ya fermentando, donde posteriormente se añadió 0,5 g de madre del vinagre de manzana del volumen total (*Acetobacter aceti*). Una vez

terminada la acetificación, que tuvo una duración de 11 meses y 29 días, se procedió a separar la madre del vinagre elaborado. Las evaluaciones del vinagre de la variedad Granny Smith (GS) y Fuji (F) se compararon con un vinagre comercial de la Región del Biobío de la Tienda Extremo Sur como referencia. Para todas las muestras de vinagre se realizaron mediciones por triplicado (R_i) según el diseño experimental mostrado en la figura 1.

Figura 1. Diseño experimental de Manzana de Variedad Granny Smith (GS) y Fuji (F)



Fuente: Elaboración propia.

Evaluaciones analíticas del vinagre

Todos los análisis descritos a continuación se llevaron a cabo en el laboratorio de Bioactivos en Plantas e Ingredientes Vegetales (BIOINVE) del Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Concepción.

Peso promedio del fruto (g): Se pesaron 10 frutos elegidos al azar en una balanza digital y luego se dividió el resultado total por 10.

Medición de densidad (g/cm^3): Se utilizó mosto de manzana en una probeta de 250 mL con un densímetro (g/cm^3), para determinar la densidad durante toda la fermentación alcohólica. Todos los resultados se realizaron por triplicado.

Medición de pH: Se obtuvo utilizando el instrumento Marca INOLAB SERIE PH7110 en los mostos obtenidos, del vinagre final y vinagre comercial de extremo

sur. Todos los resultados se realizaron por triplicado.

Medición de sólidos solubles (°Bx): Se determinaron los grados Brix (°Bx) (%) utilizando 2 gotas de mosto, vinagre de manzana obtenido y vinagre comercial de extremo sur, usando el instrumento refractómetro marca DIGITAL APL-1 ATAGO. Todos los resultados se realizaron por triplicado.

Medición de acidez (Ácido acético 100 g⁻¹) muestra x 1000 mL: Se tomaron 10 mL de muestras. Luego se titularon con una bureta con solución de NaOH 0,1 M ó 0,5 M según corresponda, hasta llegar a pH 8. Con el volumen total de NaOH 0,1M ó 0,5M gastado en la titulación se calculó el porcentaje de acidez según la fórmula (F3):

$$\begin{aligned} \text{\% Acidez} &= \frac{(V \text{ (mL) NaOH gastado} \times 0,1 \text{ ó } 0,5M \text{ de NaOH} \times}{60,0523 \text{ g ácido acético} \times 100) / \text{Peso (g) de la} \\ \text{(Ácido acético 100 g}^{-1}\text{)} & \text{ muestra x 1000 mL} \end{aligned}$$

El porcentaje de acidez se expresó como g de ácido acético en 100 g⁻¹ de peso fresco. Todos los resultados se realizaron por triplicado.

Trasiego: Una vez finalizada la fermentación alcohólica de ambas variedades se realizó un filtrado para separar el mosto fermentado de la borra para así agregar la madre del vinagre en las muestras.

Grado alcohólico (% vol 0-100 % vol): Se determinó el grado alcohólico usando el instrumento de destilación automático HYLSP a 20 °C, tanto para post fermentación alcohólica y la acetificación. Se utilizaron 200 mL de mosto y de vinagre y se agregan 4 mL de NaOH 5N más 1 gota de antiespumante. Esto fue llevado al destilador por 8 min y se obtuvo una muestra final que se midió en una probeta de 250 mL el grado alcohólico con un alcoholímetro de graduación de 0 a 10° 2 % vol Gay Luissac Tralles - % vol 0-100 % vol, a 20 °C.

Extracción de antioxidantes: La extracción de antioxidantes se realizó utilizando 1 mL de vinagre y se trató con 5 mL de metanol (1:5, v/v). Se mantuvo en ultrasonido marca BRANSON 5800 durante 1 hora y se dejó reposando a -20 °C por 24 horas. Al siguiente día se volvió a sonicar durante 1 hora para finalmente centrifugar a 3.500 rpm a 4 °C durante 24 h. Finalmente se trabajó con el sobrenadante de los triplicados por cada muestra (Ferrerres, *et al.*, 2009).

Análisis de polifenoles totales (ácido gálico 100 g⁻¹ de vinagre): Para determinar los polifenoles totales se utilizó el método de Folin Ciocalteu en lector de microplaca. Para ello se confeccionó una curva de calibración de ácido gálico de 0 a 200 mg L⁻¹. Posteriormente se midió la absorbancia de las muestras a una longitud de onda de 765 nm a través de un lector de microplacas SYNERGY H1 (BioTek, E.E.U.U, Winooski, VT). Se agregó a cada vial 25 µL de reactivo de Folin Ciocalteu 0,5N, 25 µL de la muestra, 200 µL de agua destilada y finalmente 25 µL de la disolución de carbonato de sodio al 10% (p:v). Se dejó reposar por 1 hora. Para la medición del blanco se utilizó 25 µL de reactivo de Folin Ciocalteu, 225 µL de agua destilada y 25 µL de carbonato de sodio al 10 %. El contenido de polifenoles se expresó como mg de equivalente ácido gálico 100 g⁻¹ de vinagre. Todos los resultados se realizaron el triplicado. (Gu, *et al.*, 2019).

Capacidad antioxidante (µmol de equivalente Trolox 100 g⁻¹ de vinagre): La eliminación de radicales libres se determinó utilizando los métodos de DPPH y FRAP según (Mena *et al.*, 2011), con ligeras modificaciones. Para ello se confeccionó una curva de calibración de Trolox de. 0 a 250 µmol L⁻¹. Para medir la capacidad antioxidante de las muestras de vinagre de variedad Granny Smith, Fuji y de Extremo Sur, se utilizó el método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) (Benzie y Strain, 1996) que mide la capacidad de reducir el ión Fe⁺³ a Fe⁺². Se agregó 200 µL de reactivo FRAP (preparado previamente) con 25 µL de extracto. Luego se incubó a 37 °C durante 30 min y se midió la absorbancia a 595 nm en un lector de microplaca SYNERGY H1 (BioTek, E.E.U.U, Winooski, VT). En el blanco se sustituyó la muestra por agua destilada. Los resultados se expresaron como µmol trolox 100 g⁻¹ de vinagre.

También se utilizó el ensayo DPPH que mide la actividad captadora de radicales libres para medir la capacidad antioxidante. Se adicionaron 25 μL del extracto y 200 μL de la solución DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo). Se agitó vigorosamente y se incubó a 25 °C por 30 min. La curva de calibración fue de 0 a 500 $\mu\text{mol L}^{-1}$ y se finalizó la lectura a los 517 nm en un lector de microplaca SYNERGY H1 (BioTek, E.E.UU, Winooski, VT). El blanco contenía 225 μL de metanol al 80 % y el blanco de DPPH con 225 μL de DPPH.

La capacidad antioxidante en los dos ensayos se expresó como μmol de equivalente Trolox 100 g^{-1} de vinagre. Todos los resultados se realizaron por triplicado.

Análisis estadístico

Como se ha mencionado anteriormente los mostos de Granny Smith y Fuji fueron sometidos a la realización de la fermentación alcohólica con levaduras y la acetificación con madre del vinagre. El análisis estadístico fue completamente al azar comparando vinagres obtenidos de las dos variedades de manzanas y el vinagre comercial.

Los resultados de cada muestra fueron analizados mediante análisis de varianza (ANDEVA), con $\alpha < 0,05$. Luego se determinó la igualdad de las varianzas (Test de Levene), la distribución normal de los residuos (Test de Shapiro-Wilk) ($\alpha \leq 0,05$). Posteriormente se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$). Finalmente, los resultados fueron expresados como medias \pm desviación estándar. El análisis de los resultados se realizó mediante el programa estadístico InfoStat Statistical (versión 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron mediciones de diferentes propiedades físico-químicas de manzana var Granny Smith (GS) y Fuji (F). Se observó que el peso de ambas variedades, para 10 frutos no mostró diferencias significativas (Tabla 1).

Tabla 1. Peso (g) de dos variedades de manzana GS y F cosechadas en el 2021.

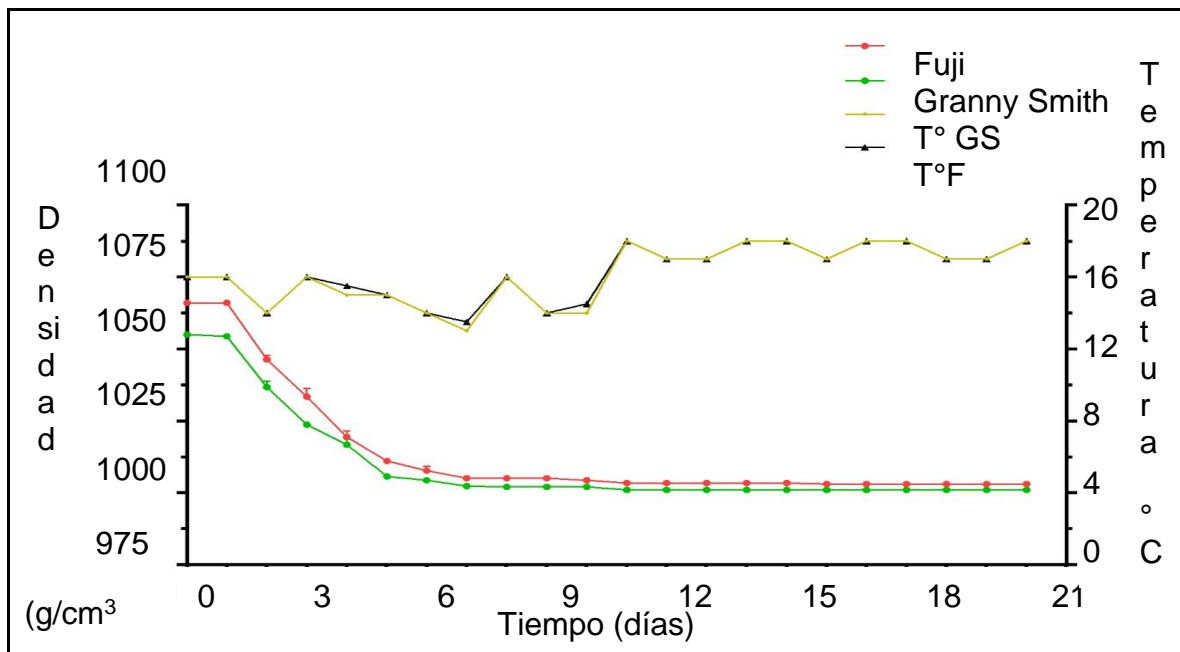
Muestras	Peso (g)
GS	194,40 ± 41,93 ^a
F	184,50 ± 49,45 ^a

GS: Variedad Granny Smith, F: Variedad Fuji. Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencias significativas con la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$). (Fuente: Elaboración propia).

Los valores obtenidos son similares a los encontrados por Cruz (2006), así mismo otros autores describen que el peso disminuye en la octava temporada o en zonas de secano como las del experimento (San Martín y Del Río, 1993).

En cuanto a los valores de densidad del mosto relacionados con la temperatura para las localidades de ambas variedades no presentaron diferencias significativas (Figura 2), pero al realizar particiones por fechas se puede observar que del día 2 al 5 hay una tendencia de pendiente negativa que representa el consumo el azúcar por las levaduras. Finalmente, para los días 11 al 21 hay una tendencia recta. Esto se repite en ambas muestras de manzana.

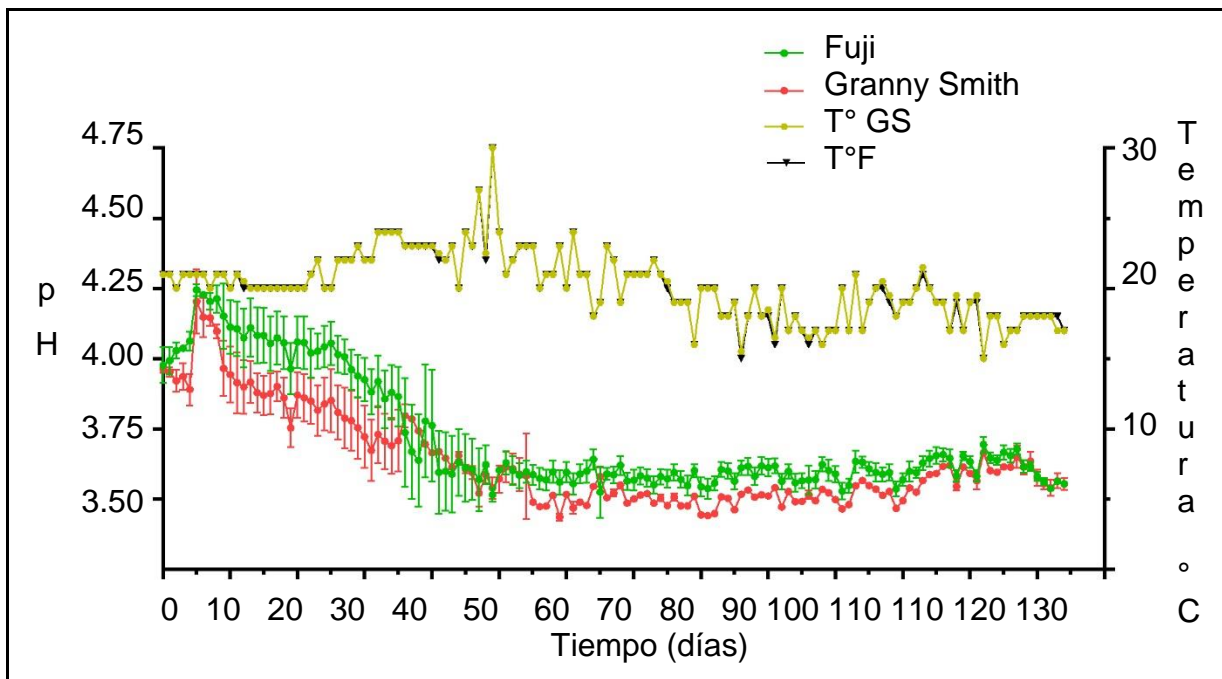
Figura 2. Densidad y temperatura de los mostos de dos variedades de manzana.



Fuente: Elaboración propia, hecho con datos obtenido en el trabajo experimental. Unidad de medida; Densidad en (g/cm³) y Temperatura en ° C

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las fermentaciones para la obtención de vinagre. En cuanto a las propiedades químicas (Figura 3), se observó que no hubo diferencias significativas en relación con el pH y temperatura durante toda la acetificación para las variedades de manzana de forma aislada. Sin embargo, si se observaron diferencias en relación con el pH, durante toda la acetificación entre las variedades, siendo la variedad GS la que presentó un pH menor. Cubas et al., (2016) determinaron que la var GS finaliza su proceso fermentativo con un pH de 3,1, mientras que la var F finaliza con un pH de 3,2–3,8. Según Guayasamín y Mejía (2022), al tener un pH mayor la var F puede sufrir deterioro en guarda acentuando más el ácido acético y cambios en sus propiedades organolépticas.

Figura 3. pH y Temperatura de Vinagre de variedad de manzana GS y F.



Fuente: Elaboración propia, hecho con datos obtenido en el trabajo experimental.

Para determinar los sólidos solubles se realizaron tres mediciones (Tabla 2). La primera se realizó una vez obtenido el mosto de manzana (24-09-2021), otra durante la acetificación (03-11-2022) y la última una vez obtenido el vinagre de manzana de ambas variedades (13-10-2022). En la última medición se utilizó

como control positivo un vinagre comercial.

Tabla 2. Sólidos solubles (°Bx) de dos variedades de manzana Granny Smith y Fuji en dos localidades de Santa Juana y Nacimiento en 2021.

Fechas	GS	F	Extremo sur
24-09-2021	12,2 ± 0,1 ^{Ab}	14,9 ± 0,1 ^{Aa}	—
03-11-2022	3,9 ± 0,2 ^{Ba}	4,5 ± 0,7 ^{Ba}	—
13-10-2022	3,8 ± 0,1 ^{Ba}	4,1 ± 0,3 ^{Ba}	4,0 ± 0 ^a

GS: Variedad Granny Smith, F: Variedad Fuji, Extremo Sur es el vinagre comercial utilizado. Letras mayúsculas iguales en la misma columna y letras minúscula iguales en la misma fila indican que no hay diferencias significativas con la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$). Unidad de medida en °Brix (Fuente: Elaboración propia).

Se puede apreciar que en la primera fecha para la var F y GS hay diferencias significativas coincidiendo con datos de Cruz (2005), por lo que eso demuestra que la var F presenta mayor porcentaje de azúcar en el mosto fermentado. Al avanzar en el tiempo, los grados Brix descienden por acción de la fermentación alcohólica -transformación del azúcar a etanol- por lo que para las siguientes dos mediciones no se aprecian diferencias significativas entre los vinagres de var F, mientras que para las últimas dos mediciones tanto para la var F y G no se presentan diferencias significativas en ninguna de las tres mediciones.

A continuación, se determinó el grado alcohólico al finalizar la fermentación alcohólica (Tabla 3). Presentaron diferencias significativas en ambas variedades, durante la primera medición y la última medición. De igual manera la variedad F al tener mayor cantidad de azúcar que la GS en el mosto, generó un mayor grado alcohólico (Guayasamín y Mejía, 2022).

Al finalizar las fermentaciones los vinagres no presentaron grado alcohólico ya que ambas muestras habían transformado todo su etanol en ácido acético.

Tabla 3. Grado alcohólico (%) post fermentación alcohólica y acetificación para dos variedades de manzana Granny Smith y Fuji en dos localidades Santa Juana y Nacimiento en el 2021.

Proceso Fermentativo	GS	F
F. Alcohólica	4,8 ± 0,2 ^{Ab}	5,9 ± 0,1 ^{Aa}
Acetificación	0,0 ± 0,0 ^{Ba}	0,0 ± 0,0 ^{Ba}

GS: Variedad Granny Smith, F: Variedad Fuji. Letras mayúsculas iguales en la misma columna y letras minúscula iguales en la misma fila indican que no hay diferencias significativas con la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$). Unidad de medida vol Gay Luissac Tralles - % vol 0-100 % vol, a 20 °C (Fuente: Elaboración propia).

Se sabe que existe una relación entre el grado alcohólico y los sólidos solubles, por lo que estos valores ayudan a entender que sucede durante la fermentación.

Finalmente, para la acidez total (Tabla 4), se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la primera fecha para la var F, donde su mosto fue recién obtenido. Una de las principales causas descritas por algunos autores es que las manzanas dulces como la var F tienen menor acidez total al momento de consumirla (Cruz, 2006), pero al transcurrir el tiempo esta acidez fue creciendo por acción de las bacterias. Del mismo modo para el caso de Var GS solo se presentaron diferencias significativas durante la primera medición y después no hubo cambio significativo durante todo el proceso de elaboración del vinagre.

Tabla 4. Acidez total (%) para mosto de manzana y vinagre para dos variedades Granny Smith y Fuji y un vinagre comercial de manzana de la empresa Extremo Sur de la Región de Biobío.

Fechas	GS	F	Extremo sur
24-09-2021	0,9 ± 0,0 ^{Ba}	0,4 ± 0,0 ^{Ab}	—
02-05-2022	3,7 ± 0,2 ^{Aa}	3,5 ± 0,2 ^{Ba}	—
20-05-2022	3,6 ± 0,3 ^{Aa}	3,5 ± 0,2 ^{Ba}	—
10-06-2022	3,5 ± 0,3 ^{Aa}	3,4 ± 0,3 ^{Ba}	—
27-07-2022	3,4 ± 0,2 ^{Aa}	3,4 ± 0,3 ^{Ba}	—
11-08-2022	3,5 ± 0,3 ^{Aa}	3,6 ± 0,2 ^{Ba}	—
21-09-2022	3,9 ± 0,2 ^{Aa}	3,9 ± 0,2 ^{Ba}	—

11-10-2022	4,0 ± 0,1 ^{Ab}	4,3 ± 0,2 ^{Bb}	7,35 ± 0,1 ^a
------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

GS: Variedad Granny Smith, F: Variedad Fuji, Extremo Sur es el vinagre comercial utilizado. Letras mayúsculas iguales en la misma columna y letras minúsculas iguales en la misma fila indican que no hay diferencias significativas con la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). (Fuente: Elaboración propia).

Durante toda la fermentación alcohólica y acetificación no se presentaron diferencias significativas en la acidez total en los mostos y vinagres. En el caso del vinagre comercial de extremo sur, su acidez fue mayor que las elaboradas a simple vista. Esto se debe a que los tres vinagres consumieron todo el etanol y lo transformaron en ácido acético, tal como se describió anteriormente. Por lo tanto, se puede decir que ambos vinagres elaborados cumplieron la normativa de elaboración y producción de vinagre en Chile dado por el SAG.

La determinación de antioxidantes (Tabla 5) presentaron diferencias significativas en el contenido de polifenoles totales (mg ácido gálico 100 g⁻¹ de muestra). Otros estudios mostraron que la cantidad de polifenoles en manzanas varió desde 71 – 335,9 mg ácido gálico 100 g⁻¹ (Quitral, *et al.*, 2014).

Tabla 5. Polifenoles totales, DPPH y FRAP en dos vinagres elaborados de Granny Smith y Fuji

Muestras*	Polifenoles totales	DPPH	FRAP
GS	13,5 ± 3,2 ^B	18,2 ± 1,6 ^B	102 ± 7,9 ^A
F	22,6 ± 2,4 ^A	28,3 ± 4,2 ^B	109,1 ± 28,8 ^A
Extremo Sur	26,8 ± 2,4 ^A	141,9 ± 30,6 ^A	150,2 ± 41,8 ^A

*GS: Vinagre de Variedad Granny Smith, F: Vinagre de Variedad Fuji, Extremo Sur: Vinagre de manzana comercial de la empresa Extremo Sur. Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencias significativas con la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Polifenoles Totales: mg ácido gálico 100 g⁻¹ muestra; DPPH y FRAP: $\mu\text{mol trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ muestra. (Fuente: Elaboración propia).

(Bakir, *et al.*, 2016) obtuvo valores superiores de polifenoles totales en su vinagre. Esto puede ser debido a varios factores, como la variedad utilizada, el almacenamiento de las manzanas, la conservación de las muestras y su manipulación.

Uno de los resultados que se obtuvieron fue un bajo contenido de polifenoles

totales para la variedad GS. Esto pudo ser debido a que durante la elaboración del vinagre de manzana se troza para poder molerla y en el proceso de homogeneización puede incidir en la reacción de la enzima polifenol oxidasa, lo que genera una disminución en los compuestos fenólicos presente en la manzana GS (Quitral, *et al.*, 2014).

El análisis de DPPH, ambos vinagres de variedades GS y F, no presentaron diferencias significativas. Además, cabe señalar que la var F presentó una mayor cantidad de antioxidantes de radicales libres, incluso más que el vinagre de GS. Por otro lado, se debe señalar que el vinagre comercial si presentó diferencias en comparación a los vinagres elaborados. Esto puede ser debido a que al ser un vinagre con guarda de cuatros años en barrica para acentuar sus propiedades organolépticas, también se mejoran sus propiedades antioxidantes.

Otros estudios determinaron que el vinagre de manzana presenta una cantidad de 714 ± 8 mg de Trolox 100 mL^{-1} en peso fresco (Bakir, 2016).

Para el método de FRAP, en el análisis estadístico de las tres muestras de vinagres no presentó diferencias significativas, pero si una tendencia que iría desde el comercial al GS (Extremos Sur > F > GS). A través de un estudio presentado previamente, se observó que las manzanas F, contenían mayor concentración de antioxidantes que la GS (Imeh y Khokhar, 2002), y para el caso de vinagres finalizados sus resultados fueron superior a los del trabajo experimental, pero siguiendo la misma tendencia (Bakir, 2016).

Estudio de rentabilidad económica

Para determinar la rentabilidad económica del vinagre de manzana, en ambas variedades, es necesario tener presente los costos de producción del proyecto, de los cuales pueden modificarse los costos variables del producto, como la materia prima. Mientras, que las inversiones en equipamiento serán las mismas para ambas variedades al ser un costo fijo (Baca, 1998).

Este proyecto fue evaluado a 7 años con la finalidad de poder calcular la razón de beneficio a costo (B/C). Para establecer si el proyecto es viable en el tiempo, el análisis financiero de ambos vinagres se determinó con el mismo valor, puesto

que tanto para los análisis físico-químicos y determinación de antioxidantes no presentaron diferencias significativas para establecer que un vinagre es superior al otro en sus componentes y rendimiento.

Mediante la realización de un sondeo de mercado, se determinó el valor para la comercialización nacional del vinagre de manzana el cual sería de \$5.990, que es similar a los del mercado en formato de medio litro.

Del mismo modo se realizó una investigación para determinar el valor de todos los insumos para la elaboración de vinagre de manzana. Este comenzaría con una producción de 1000 L de vinagre para embotellar en el año 1.

Con toda la información obtenida (Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3) se realizó el cálculo del total de los costos fijos así como de las variables, ambos con valores presentes (Tabla 6), dando un total de 36,4 millones de pesos chilenos, mientras que los costos de beneficio por la venta del vinagre es de 96,5 millones de pesos. Con los datos obtenidos se puede determinar que el proyecto es viable y eficiente en el tiempo. Por otro lado, su relación beneficio/costo es de 2,7 (Tabla 6), lo que cumple el objetivo de ser un proyecto económicamente eficiente en su elaboración y producción de vinagre de manzana tanto para variedades de GS y F. Para los resultados de rentabilidad en términos del TIR y VAN fue de 126% para la TIR y 61,4 millones de pesos en VAN (10%).

Tabla 6. Resultado de beneficio y costo, VAN y TIR en la producción de vinagre de manzana de 500cc.

Total beneficio 7 años	96,5 M
Total costos 7 años	36,4 M
Beneficio/Costo	2,7
VAN (10%)	\$61,387,090 M
TIR	126%

Fuente: Elaboración propia, hecha a partir de valor actualizados, detalle en los anexos. M: Millón.

CONCLUSIÓN

A través de los resultados obtenidos se puede concluir que:

- Las manzanas GS y F serían igual de aptas para la elaboración de vinagre ya que no presentaron diferencias en los sólidos solubles y grado alcohólico al finalizar la acetificación.
- Ambas variedades presentaron un comportamiento fermentativo similar, por lo que se obtuvo una acidez total equivalente.
- En relación a sus propiedades antioxidantes, la variedad F presentó mayor contenido de polifenoles totales, ya que presentan mayor contenido de antocianos en la piel (responsables del color rojizo).
- El estudio económico, simuló 7 años de producción de vinagre de manzana de variedad Granny Smith y Fuji determinándose la relación beneficio/costo, VAN y TIR resultando un proyecto económicamente eficiente y rentable para su elaboración.

REFERENCIAS.

1. Baca, G. 1998. Evaluación de proyectos. Edición Mc Graw Hill. México, DF.
2. Bakir, S., G. Toydemir., D. Boyacioglu., J. Beekwilder, y E. Capanoglu. 2016. Antioxidantes de frutas durante el procesamiento del vinagre: cambios en el contenido y bioaccesibilidad in vitro. Revista internacional de ciencias moleculares, 17 (10).
3. Benzie, I., and J. Strain. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. Analytical Biochemistry. 239(1): 70-76.
4. Brito, J., V. García., L. Intriago., C. Vélez., G. Zambrano., y E. Rosero. 2019. Diseño de un bioreactor para la producción industrial de vinagre de manzana.
5. Cubas, J., L. Medaly., S. Leonardo., O. Paul. 2016. Influencia del porcentaje de adición de quinua (*Chenopodium quinoa*), piña (*Ananas comosus L. Merr*) y nivel de dilución en la fortificación del néctar de manzana (*Malus domestica*) sobre la calidad del producto. P100.
6. Cruz, M. 2005. SELECCIONES AVANZADAS Manzanos con Resistencia a Venturia y Oídio. INIA Quilamapu. Instituto de Investigacion Agropecuaria, Chillan, Chile. P 31.
7. Cruz, M. 2006. Mejoramiento genético del manzano [en línea]. Informativo Agropecuario Bioleche INIA Quilamapu. v. 19(2), Instituto de Agropecuaria, Chillan, Chile. P. 50-51.

8. Erazo, R., L. Reyna., R. Robles., y M. Huarnán. 2001. Producción de vinagre de manzana por fermentación a escala piloto, Lima, Perú.
9. Ferreres, F., D. Gomes., P. Valentao., R. Goncalves., R. Pío., E. Chagas y P. Andradre. 2009. Improved loquat (*Eriobotrya japonica Lindl.*) cultivars: Variation of phenolics and antioxidative potential. *Food Chemistry*, 114(3), 1019–1027
10. Ferreyra, M.M., M.D.C. Schvab., C.V. Davies., L.M. Gerard., y C.A. Solda. 2014. Obtención de vinagre de naranja en proceso semicontinuo, a escala laboratorio. *ciencia, docencia tecnología*, 25(49), 154-165.
11. Gerard, L. 2016. Caracterización de bacterias del ácido acético destinadas a la producción de vinagres de frutas, Universidad Politécnica de Valencia.
12. Guayasamín, J y C. Mejía. 2022. Influencia de la manzana (Fuji) y carambola (*Arrhevoa Carambola*), sometidas a criomaceración y fermentada con dos tipos de levaduras (La safale WB-06) y (ICV-D47), en los parámetros de calidad de una bebida tipo sidra. p15-43 – 70.
13. Huaman, C. S. 2019. Producción familiar de vinagre de manzana delicia (*Malus domestica-red delicious*), en el laboratorio de la planta piloto de procesos orgánicos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica.
14. Imeh, U. y S. Khokhar. 2002. Distribution of conjugated and free pheonols in fruits: antioxidant activity and cultivar variations. *Journal of agricultural and food chemistry*.
15. Johnston, C. S., y C.A Gaas. 2006. Vinegar: medicinal uses and antiglycemic effect. *Medscape General Medicine*, 8(2).
16. Martínez, J. C. 2012. Propagación y técnicas de cultivo de la Manzana (*Malus domestica*). *Revista Vinculando*.
17. Mena, P., C. García-Viguera., J. Navarro-Rico., D. Moreno., J. Bartual., D. Saura., and N. Martí. 2011. Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars grown in Spain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91.
18. Merlet, H., A. Navarro., and C. Rosales., 2016. Manual técnico productivo y económico. “zonificación de aptitud productiva de frutales y berries en la región de La Araucanía, Chile, 15, 16.
19. Ministerio de agricultura. 2020. Decreto 78. Reglamenta Ley N° 18.455 que fija normas sobre producción, elaboración y comercialización de alcoholes etílicos, bebidas alcohólicas y vinagres. SAG, Servicio Agrícola Ganadero, Chile.

20. Pizarro, O. 2005. Obtención de condiciones de elaboración de vinagre de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) utilizando torta de prensa, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
21. Quitral, V., M. Sepúlveda., M. Schwartz., y W. Kern. 2014. Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en manzanas de distintas variedades cultivadas en Chile), 67-72.
22. Reyes, K. 2015. Cuantificación de vinagre obtenido de cáscara de piña por medio de fermentación alcohólica y acética, y su incidencia en la productividad, en una empresa. Universidad de San Carlos de Guatemala.
23. San Martín, P y R. Del Río. 1993. Evaluación de cinco cultivares de manzano en el Llano Central, X Región, Chile.
24. Sepúlveda, L., G. Abello., J.L. RamosL., F. Roa., y C. Vargas. 2010. Tesis. Determinación de la concentración de polifenoles en vinagre de miel de abeja (*Apis mellifera*). Universidad Católica de Temuco, Chile.
25. Trademap, 2023. Lista de los mercados importadores para un producto exportado por Chile. Producto: 2209 Vinagre de y sucedáneos del vinagre obtenido a partir del ácido acético.
26. Vallejo, L. 2016. Diseño de procedimientos operacionales estandarizados de sanitización (POES) para la producción de vinagre de manzana "Vinatu" en la ciudad de Quito en la empresa base de estudio VR Industria Naturista SCC (Bachelor's thesis, PUCE).

ANEXOS

Anexo 1: Resumen de costos variable, medido en millones de pesos.

Costos Variables	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Manzana	1 M	1.5 M	2 M	2.5 M	3 M	3.5 M	4 M
Botellas de 500ml	0,65 M	1 M	1.3 M	1.5 M	1.9 M	2.2 M	2.5 M
Tapón de botella	0,17 M	0,17 M	0,341 M	0,341 K	0,341 M	0,511 M	0,511 M
Etiquetas	0,153 M	0,229 M	0,305 M	0,382 M	0,458 M	0,534 M	0,61 M
Bodega	0,22 M	0,23 M	0,24 M	0,25 M	0,26 M	0,27 M	0,28 M
Mano de obra	0,4 M	0,5 M	0,6 M	0,6 M	0,6 M	0,6 M	0,6 M
Bins	0,244 M	0,244 M	-	0,244 M	-	0,244 M	-
Análisis físico químico	0,0055M	0,006 M	0,0065 M	0,007 M	0,0075 M	0,008 M	0,0085 M
Extracción	0,0055 M	0,006 M	0,0065 M	0,007 M	0,0075 M	0,008 M	0,0085 M
Proximal	0,039 M	0,039 M	0,04 M	0,04 M	0,041 M	0,041 M	0,042 M
Grado alcohólico	0,011 M	0,012 M	0,013 M	0,014 M	0,015 M	0,016 M	0,017 M
Ácido Acético	0,004 M	0,0045 M	0,005 M	0,0055 M	0,006 M	0,0065 M	0,007 M
FRAP	0,0055 M	0,006 M	0,0065 M	0,007 M	0,0075 M	0,008 M	0,0085 M
DPPH	0,0055 M	0,006 M	0,0065 M	0,007 M	0,0075 M	0,008 M	0,0085 M
Polifenoles Totales	0,0055 M	0,006 M	0,0065 M	0,007 M	0,0075 M	0,008 M	0,0085 M
Total costo variable	2.9 M	4 M	4.9 M	6 M	6.7 M	8 M	8.7 M

Fuente: Elaboración propia, hecha a partir de antecedentes recopilados. M: Millón, K: Mil

Anexo 2: Resumen de inversiones.

Costos Fijos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Prensa de tornillo	4.900 M	-	-	-	-	-	-
Tapadora	1.00 M	-	-	-	-	-	-
Bomba	0,531 M	-	-	-	-	-	-
Densímetro	0,0105 M	-	-	-	-	-	-
Termómetro	0,0025 M	-	-	-	-	-	-
Ph metro	0,392 M	-	-	-	-	-	-
Llenadora	1.400 M	-	-	-	-	-	-
Probeta	0,007 M	-	-	-	-	-	-
Total inversiones	8.3 M	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, hecha a partir de antecedentes recopilados. M: Millón.

Anexo 3: Resumen de Flujo de caja.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Total Beneficios VP	0	12.0 M	15.0 M	18.0 M	21.0 M	24.0 M	27.0 M	30.0 M
Total Costos VP	0	2.9 M	4 M	4.9 M	6 M	6.7 M	8 M	8.7
Depreciación	0	771.429	771.429	771.429	771.429	771.429	771.429	771.429
Utilidades	0	8.3 M	10.2 M	12.3 M	14.2 M	16.5 M	18.2 M	20.5 M
Flujo Operacional	0	9.1 M	11 M	13.1 M	15.0 M	17.3 M	19.0 M	21.3 M
Inversión	8.3 M							
Flujo capital	-8.3 M							
Flujo de caja	-8.3 M	9.1 M	11 M	13.1 M	15.0 M	17.3 M	19.0 M	21.3 M

Fuente: Elaboración propia, hecha a partir de antecedentes recopilados. VP: Valor presente, M: Millón.