BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

COMPLEJO REGIONAL CENTRO, SEDE LOS REYES DE JUÁREZ

INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

MICROSILOS DE SUBPRODUCTOS HORTÍCOLAS COMO ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

MARÍA GUADALUPE MARTÍNEZ FLORES

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Los Reyes de Juárez, Puebla, Puebla, Marzo 2024

La presente tesis, titulada: **MICROSILOS DE SUBPRODUCTOS HORTÍCOLAS COMO ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL,** realizada por la alumna: **María Guadalupe Martínez Flores**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente Consejo Particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR INTERNO

D. C. JENNIFER PÉREZ MARTÍNEZ

DIRECTOR EXTERNO

D. C. JESÚS JARILLO RODRÍGUEZ

ASESOR

D. C. AGUSTIN FERNÀNDEZ SALAS

Los Reyes de Juárez, Puebla México, Marzo 2024

Dedicatoria

A mi abuela, pues solo Dios sabe cuanto la amo y la falta que me hace.

Agradecimientos

A mis padres por todo el apoyo en todos los aspectos de mi vida, a mi padre que incluso me ayudo en el experimento de este trabajo y por estar siempre.

A los doctores Jesús Jarillo Rodríguez, Agustín Fernández Salas, Epigmenio Castillo Gallegos y Jennifer Pérez Martínez por el conocimiento que me compartieron y sobre todo por la paciencia para culminar este trabajo.

Al CEIEGT-FMVZ-UNAM por el financiamiento de la investigación y al Dr. Miguel Ángel Alonso Díaz (Director Técnico del CEIEGT) por darnos todas las facilidades para poder llevar a cabo esta investigación.

CONTENIDO

ÍNDICE **Pág.**

ÍNDICE DE CUADROS VII

RESUMEN VIII

ABSTRACT IX

INTRODUCCIÓN 10

REVISIÓN DE LITERATURA 12

- **La ganadería de rumiantes en México.** 12
- **Los rumiantes en Puebla** 12
- **Sistemas de producción en rumiantes** 12
  - **Intensivo** 12
  - **Semintensivo** 13
  - **Extensivo** 13
  - **Traspatio o tradicional** 13
- **Sistemas de producción de pequeños rumiantes en el Estado de Puebla** 13
- **Costos de alimentación en ovinos** 14
- **Subproductos agrícolas como alternativa en la alimentación de rumiantes** 14
- **Subproductos agrícolas** 15
- **Calidad nutricional de los subproductos agrícolas** 16
  - **Subproductos de brócoli** 16
  - **Subproductos de cebolla** 18
  - **Subproductos de col** 19
  - **Subproductos de zanahoria** 20
- **Degradabilidad *in vitro* de subproductos hortícolas** 21
- **Producción de las hortalizas en México** 21
- **Producción de las hortalizas (cebolla, zanahoria, brócoli y col) en la región centro del estado de Puebla.** 21
- **Técnicas de conservación de los subproductos agrícolas** 22
  - **Ensilado** 22

Beneficios ambientales 23

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA 24

JUSTIFICACIÓN 24

OBJETIVOS 25

Objetivo general 25

Objetivos específicos 25

HIPÓTESIS 25

Hipótesis general 25

Hipótesis específicas 25

MATERIALES Y MÉTODOS 26

Área de estudio 26

Recoleción de los subproductos hortícolas 26

Elaboración de microsilos 27

Conservación de los microsilos 28

Evaluación de pH y las características organolépticas de los microsilos 28

Toma de muestra de ensilado y análisis químico proximal (AQP) 29

Análisis químico proximal de las muestras de subproductos 29

Degradabilidad *in situ* 34

Preparación de las muestras para la prueba de degradabilidad *in situ* 34

Etapa de acostumbramiento de vacas fistuladas. 34

Proceso de la prueba de degradabilidad "*in situ*" 35

Obtención de la degradación "*in situ*" 35

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 36

Calidad nutricional de los subproductos agrícolas 36

Materia seca 36

Características organolépticas de los ensilados y evaluación de pH 37

Calidad Nutricional de los subproductos 39

Calidad nutricional de subproductos agrícolas en fresco vs ensilados 40

Contrastes Ortogonales 41

Degradabilidad "*in situ*" 43

CONCLUSIÓN 44

Literatura Citada 45

ÍNDICE DE CUADROS

No Cuadro Pág.

MARCO TEÓRICO

1 Calidad nutricional de subproductos de brócoli reportados por diversos autores ……... 17

2 Calidad nutricional de subproductos de cebolla reportados por diversos autores ……... 18

3 Calidad nutricional de subproductos de col reportados por diversos autores ……... 19

4 Calidad nutricional de subproductos de zanahoria reportados por diversos autores ……... 20

5 Degradabilidad de subproductos de acuerdo a diferentes autores 21

MATERIALES Y MÉTODOS

6 Peso de microsilos ……... 28

7 Clasificación de las características organolépticas de ensilados ……. 29

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8 Contenido de MS de los subproductos agrícolas en fresco y ensilados …. 36

9 Evaluación del pH y características organolépticas de los subproductos .. 37

10 Calidad nutricional de subproductos agrícolas en fresco y ensilados (%MS) …… 40

11 Calidad nutricional de subproductos agrícolas en fresco vs ensilados (%MS) …… 40

12 Contrastes ortogonales de la calidad nutricional de los subproductos de hortalizas ensiladas y frescas …… 41

13 Digestibilidad a 48 h de subproductos frescos y ensilados …….. 43

RESUMEN

En la ganadería de ovinos la alimentación es el rubro con mayor inversión, representa el 80% de los gastos totales en las unidades de producción, debido a los alimentos concentrados y suplementos alimenticios (Rodríguez *et al*., 2017), por lo tanto, es importante la búsqueda y evaluación de diferentes alternativas, de bajo costo sin perder su aporte nutrimental. Los subproductos agrícolas son productos secundarios como hojas, tallos, raíces, etc., de otro considerado principal (frutas o verduras); tales productos se generan en diversas etapas de la cadena alimenticia, los generados en campo representan cantidades importantes 80% de la planta (Meng-pei, *et al*., 2018). El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad nutricional de subproductos hortícolas después del proceso de conservación a través de la técnica de microensilado. De las hortalizas sembradas mayor frecuencia en Tecamachalco, Puebla se recolectaron subproductos generados en campo tales hortalizas son; brócoli, cebollín, col y zanahoria (BROFR, CEBFR, COLFR, ZANFR) los cuales fueron sometidos al proceso de conservación de microensilado (BROEN, CEBEN, COLEN y ZANEN) en cubetas de PVC con capacidad de 19 L el perido de ensilado fue de 90 d. De los cuales se determinó la calidad nutrimental y degradabilidad *in situ*, mediante el análisis de varianza ANOVA para prueba de tipo 3 ($P \leq 0.05$). Al comparar el promedio de PC, FDN, FDA, EE, FC y Lignina de los vegetales en fresco (18.9,40.3, 26.0, 9.4, 14.1 y 10.9) vs ensilado (16.8, 30.9, 24.5, 9.5, 16.5 y 10.2) respectivamente, se encontró que no hubo diferencias significativas, lo que indica que se conservó la calidad nutrimental, dichos resultados coinciden con Gutiérrez (2017) en FC, FDN y FDA de ensilado de maíz. La MS vario de 5% a 16% dichos resultados son similares a los reportados por Meneses *et al*., (2020) y Mollor *et al.,* (2020). Las características organolépticas (color, olor y textura) confirmaron que la calidad de los ensilados fue de regular a excelente. La degradabilidad "*in situ"* a 48 h para el material vegetal en fresco y ensilado, el promedio fue 95.37±2.8% y 94.4±3.5% respectivamente. Tales resultados indican que los subproductos en fresco y ensilados pueden ser considerados en la alimentación de rumiantes.

ABSTRACT

In sheep farming, food is the item with the highest investment, representing 80% of the total expenses in the production units, due to concentrated foods and food supplements (Rodríguez et al., 2017), therefore, it is important to search for and evaluate different low cost alternatives without losing their nutritional contribution. Agricultural by-products are secondary products such as leaves, stems, roots, etc., of another considered principal (fruits or vegetables); such products are generated at various stages of the food chain, those generated in field represent significant quantities 80% of the plant (Meng-pei, et al., 2018). The objective of this study was to evaluate the nutritional quality of horticultural by-products after the conservation process through the microensillation technique. Of the vegetables sown most frequently in Tecamachalco, Puebla were collected by-products generated in field such vegetables are; broccoli, chives, cabbage and carrots (BROFR, CEBFR, COLFR, ZANFR) which were subjected to the microensilated conservation process (BROEN, CEBEN, COLEN and ZANEN) in PVC buckets with a capacity of 19 L capacity PVC buckets silage was 90 d. Nutrient quality and dry matter degradability *in situ* was determined and ANOVA variance analysis for type 3 test (P 0.05). When comparing the average PC, NDF, ADF, EE, FC and Lignin of fresh vegetables (18.9,40.3, 26.0, 9.4, 14.1 and 10.9) vs silage (16.8, 30.9, 24.5, 9.5, 16.5 and 10.2) respectively, no significant differences were found, which indicates that nutritional quality was preserved, said results coincide with Gutiérrez (2017) in FC, FDN and FDA corn silage. The DM varied from 5% to 16% such results are similar to those reported by Meneses et al., (2020) and Mollor et al., (2020). Organoleptic characteristics (colour, smell and texture) confirmed that the quality of silage was from regular to excellent. The "in situ" degradability at 48 h, for fresh plant material and silage, the average was 95.37 2.8% and 94.4 3.5% respectively. These results indicate that fresh by-products and silage can be considered in ruminant feed.

INTRODUCCIÓN

La ganadería de rumiantes es una de las principales actividades económicas que se llevan a cabo en México. Esta actividad se realiza en diferentes regiones agroecológicas, con diferentes recursos y con variada cantidad de animales, lo que ha determinado que los sistemas de producción pecuario sean clasificados como; extensivos, semi-intensivos, intensivos o de traspatio (Plata, 2016). Los pilares fundamentales de estos sistemas son la sanidad, genética, manejo y nutrición, siendo esta última la que representa los mayores costos de producción, llegando a ser hasta del 80% (Rodríguez, *et al*., 2017), donde los alimentos concentrados y suplementos alimenticios, generan la mayor inversión (Rodríguez *et al*., 2017).Por ejemplo, los costos de producción de un kilogramo de carne de ovinos estabulados con insumos comerciales es del 90%, mientras que en ovinos de pastoreo es del 48% (González, *et al*., 2013). Por tal razón, se han planteado alternativas para complementar las dietas de rumiantes con insumos más económicos pero que no afecten los aportes nutricionales y que no compitan directamente con la alimentación humana. En este respecto, se ha examinado la viabilidad de usar subproductos agrícolas en la dieta animal como una estrategia para aumentar la disponibilidad de alimento, mitigar la contaminación ambiental y reducir costos en la alimentación animal (Schader *et al.,* 2015; Makkar 2018). Dentro de las más promisorias por su cantidad disponible están los residuos industriales y/o subproductos agrícolas de hortalizas, siendo los últimos una fuente de alimento para el ganado que se ha investigado recientemente (Wilkinson y Rinne, 2017). Además, es importante considerar que estos pueden ser fuente de proteína, carbohidratos, carotenoides, fenólicos, flavonoides y vitaminas (Schieber, *et al*., 2001; Wadhwa *et al.,* 2006) u otros como glucosinolatos (brócoli y col) o aminoácidos en diferente concentración como ácido aspártico, ácido glutámico, serina, histidina, arginina, treonina, alanina, prolina, tirosina, valina, glicina, metionina, isoleucina, leucina, y fenilalanina (Nkosi *et al.*, 2016; Omiru *et al.,* 2009; Campas *et al.,* 2009).

Estos subproductos se generan durante la producción, el procesamiento, la distribución o desperdicios generados por los consumidores (Parfitt *et al.,* 2010). La región centro del estado de Puebla está caracterizada por ser una de las principales zonas productoras de hortalizas en el país, las más producidas el cebollin (*Allium fistulosum*), calabacita

(*Cucurbita pepo*), zanahoria (*Daucus carota*), brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*), col (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) (Simón *et al.*, 2016). Estos productos tienen la caracteristica de producir una cantidad considerable de subproductos; por ejemplo, en la cosecha del brócoli se descarta aproximadamente el 70% del total de la planta, deja hojas, tallos y floretes (que no cumplen con las características de calidad) y están disponibles sin ningún costo (Campas *et al.,* 2009; Liu *et al.,* 2018).

Estos productos ya se han incluido en la dieta de algunos rumiantes en fresco, sin embargo, por la gran cantidad, mucho producto se echa a perder y no es aprovechado por los animales, por tanto, se requiere la implementación de algún método de conservación. Algunos de los métodos evaluados son los microsilos (Bakshi 2016; Meneses *et al*., 2020), la fermentación sólida, harinas y deshidratados (Nkosi *et al*., 2016; Fonseca *et al.,* 2018; Evan, *et al*., 2019). Es importante mencionar que los subproductos agrícolas de hortalizas pueden clasificarse como alimentos húmedos con menos de 300 g/kgMS (Megías *et al*., 2002), por tanto, son altamente fermentables y rápidamente perecederos (Evan *et al*., 2019). Todo esto plantea un reto para la conservación de estos productos potenciales para alimentación animal.

REVISIÓN DE LITERATURA

La ganadería de rumiantes en México.

La ganadería de rumiantes es una de las principales actividades económicas que se llevan a cabo en México y se le destina el 60% del territorio nacional (Puebla *et al.,* 2018), puede llevarse a cabo en todas las regiones agroecológicas del país, aún en condiciones adversas (Gallardo *et al.,* 2002; Rubio *et al.,* 2013). De acuerdo con datos del SIAP (2019), la población nacional de ganado bovino, ovino y caprino fue de 35 224 960, 8 708 246 y 8 791 894 de cabezas respectivamente.

Los rumiantes en Puebla

El estado de Puebla se encuentra en el número 16 a nivel nacional con respecto a la población de ganado bovino, lo que representa apenas el 2%. Sin embargo, en la producción de ganado ovino, se ubica en la cuarta posición con 6% de la población total nacional. En el caso de los caprinos, Puebla y Oaxaca se ubican como los principales productores de estos animales con 14% cada uno. Estos números indican la importancia que tiene Puebla como productor de pequeños rumiantes.

Sistemas de producción en rumiantes

La variedad de sistemas de producción de rumiantes se debe a la diversidad que México posee en cuanto a clima, recursos naturales y orografía. Estos van desde los altamente tecnificados, hasta los sistemas de tipo tradicional, orientados principalmente al autoconsumo de las familias (Martínez *et al.,* 2017), por su grado de intensidad (intensivo, semiintensivo, extensivo) y por el nivel tecnológico que manejen (tecnificado, semitecnificado y tradicional) (Partida *et al.,* 2017; Plata, 2016). A continuación se describen los principales sistemas manejados en el país.

Intensivo

Este puede dividirse en sistema intensivo estabulado y pastoril. En el sistema pastoril intensivo, el pastoreo se da en praderas introducidas de alta calidad forrajera (con rotación de potreros, carga animal adecuada y manejo agronómico) y la infraestructura requerida óptima (cercos, comederos y sombras). En cuanto al intensivo estabulado la alimentación es con dietas balanceadas (Echavarría y Gómez 2013), manejo de aspectos sanitarios (bioseguridad y erradicación de enfermedades), valor genético de los

animales de acuerdo al interés (carne o leche) y la comercialización de la canal es destinada a zonas urbanas (Villamar, 2000).

Semintensivo

Las unidades de producción que pertenecen a este sistema muestran adelantos tecnológicos en algunas áreas de producción (mencionadas anteriormente). En cuanto a la alimentación se combina el uso de praderas nativas y residuos de cosecha, además del uso de alimentos concentrados en etapas criticas del año (Echavarría y Gómez 2013). Sin embargo, al no ser mejoras integrales reflejan menor productividad que el sistema anterior. La comercialización se da en mercados regionales.

Extensivo

En este sistema los animales obtienen su alimento de praderas naturales de gran extensión (el costo es mínimo). Al igual que el sistema anterior, en periodos críticos se usan residuos de cosechas para la alimentación. En el pastoreo no se usan cargas animales controladas lo que se traduce en un sobrepastoreo y degradación del suelo. En cuanto a la genética de los animales, en su mayoría son criollos, generalmente de bajo rendimiento productivo, pero gran rusticidad. El manejo zoosanitario es prácticamente nulo (solo en caso de emergencias o con fines curativos). La comercialización se da en mercados regionales o para auto consumo (Escobedo *et al.,* 2010). El principal problema en la productividad, es la baja disponibilidad de forraje y el bajo nivel de tecnología, afectando los ingresos de los productores.

Traspatio o tradicional

Se da en terrenos aledaños a las viviendas, el objetivo de este se enfoca en el ahorro para obtener recursos económicos extras y autoconsumo en festividades. Tiene gran cobertura nacional, infraestructura básica, generalmente rústica y de bajo costo para guardar a los animales después del pastoreo. La alimentación es a base de rastrojos y residuos de cosechas (Echavarría y Gómez 2013, Gutiérrez *et al.*, 2013).

Sistemas de producción de pequeños rumiantes en el Estado de Puebla

En el estado de Puebla las Unidades de Producción Ovina (UPO) se clasifican de acuerdo con el nivel de tecnología y manejo que tenga el ganado. Las UPO familiares, de subsistencia o traspatio, representan entre un 44 a 60.1% de las unidades de

producción en el estado, lo que las hace predominantes. Este tipo de unidades de producción se caracterizan por ser una actividad complementaria y una fuente de ingresos en momentos de necesidad económica. El tamaño del rebaño es de aproximadamente 34.1 cabezas en promedio, los ovinos son de genotipo autóctono y de cruzas indefinidas, la alimentación del ganado depende de pastoreo y rastrojos agrícolas, la mano de obra es familiar y se cuenta con infraestructura mínima para el manejo del ganado (Vázquez *et al.,* 2009; Vázquez *et al.,* 2018).

Costos de alimentación en ovinos

En el caso de la producción de ovinos, la alimentación puede representar los mayores costos de producción, llegando a ser hasta del 80% (Rodríguez *et al*., 2017), lo cual puede variar de acuerdo a el tipo de sistema de producción y los recursos con que cuenten. En sistemas intensivos la alimentación se basa en concentrado y pastoreo y el costo representa el 43%, además el precio del cordero destetado representa el 50% del gasto total (Macedo y Castellanos 2004; González *et al.,* 2013). Mientras que en sistemas extensivos donde la alimentación se basa en pasturas de la zona, el costo de alimentación represento 40% (el costo de la pastura no se considera) del cual 20-21.9% es exclusivamente para alimento concentrado (Góngora *et al.,* 2010; Martinez *et al.,* 2018). Cabe recalcar que gran parte de la producción ovina procede de sistemas extensivos o tradicionales (Galaviz *et al.,* 2011 y Martínez *et al.,* 2017).

Subproductos agrícolas como alternativa en la alimentación de rumiantes

El uso de subproductos agrícolas para la alimentación animal ha sido recientemente estudiado como una alternativa para complementar la dieta de rumiantes (Wilkinson y Rinne, 2017) por ser insumos más económicos que no afecten los aportes nutrimentales. Estos aumentan la disponibilidad de alimento, no compiten directamente con la alimentación humana como los granos, reducen los costos de alimentación hasta en un 40% y mitigan la contaminación ambiental (Schader *et al.,* 2015; Mahmoun 2016; Makkar 2018).

Subproductos agrícolas

Los productos no comestibles para los humanos que se generan del proceso de producción de las plantas se definen como subproductos que hacen referencia a los componentes o productos secundarios (hojas, tallos, raíces, etc.) de otro considerado como principal (frutas y verduras). Sin embargo, cuando el subproducto se utiliza en la alimentación animal, se puede entender este término como un alimento potencial o de uso para el ganado (Garcés, 1998). También pueden clasificarse de acuerdo al momento que se generen en la cadena alimenticia: los generados en el campo después de la cosecha (comprenden hojas, tallo y raíces), y los que se producen al transformar el producto de interés, que pueden ser hojas, bagazos, semillas, tallos, cascaras, etc. (Rao y Rathod 2019).

Los subproductos de cultivos generados durante la cosecha, representan grandes cantidades; un ejemplo es el brócoli, debido a que la parte comercial de esta planta es el florete, el cual es solo el 15% del total de la planta, mientras que el resto (hojas, tallos, raíz y floretes que no cumplen las características de calidad) representan más del 80% de la planta (Meng-pei, *et al*., 2018). Cabe destacar que tales subproductos están disponibles sin ningún costo (Campas *et al.,* 2009; Liu *et al*., 2018).

A continuación, se describe los subproductos que generan las hortalizas (brócoli, cebolla, col y zanahoria) de interés para alimentar al ganado:

Brócoli: hojas, tallos y floretes no comerciales debido a que no cumplen con las características del mercado que son; tamaño (diámetro de florete mayor de17 cm o menor de 7 cm aproximadamente), color que no es verde oscuro brillante como por ejemplo con zonas moradas u amarillas, floretes sin compactación o cerrados (Cantwell y Suslow, 2007).

Cebollín: Los subproductos evaluados de cebollín o cebolla cambray no fueron los descartes en el momento de la cosecha, sino los colectados después del proceso de selección, clasificación y empaque del producto. Los subproductos generados después de esta etapa son; raíz, cascaras y hojas dañadas.

Col: hojas y coles sin valor comercial, que son aquellas que no cumplen con el peso, diámetro (menos de 12 cm de diámetro y con peso menor de 0.5 kg o mayores de 20 cm

y 4.5 kg), color diferente del verde claro al blanco, sin forma y compactación de la col o incluso dañadas.

Zanahoria: hojas, tallos y tubérculos que no son comercializados porque no entran en ninguna de las clasificaciones de tamaño (longitud de menor de 7.5 cm y mayor de 17cm) y grosor (menores de 2 cm y mayores 7cm) con deformaciones y sin el color característico.

Calidad nutricional de los subproductos agrícolas

Se ha reportado que los subproductos de las plantas son fuentes de nutrimentos de proteína, carbohidratos, carotenoides, fenóles, flavonoides y vitaminas (Schieber, *et al*., 2001; Wadhwa *et al.,* 2006). Además el brócoli y la col contienen glucosinolatos (compuesto orgánico que contiene azufre y nitrógeno).

En diversas partes del mundo se han evaluado subproductos agrícolas con el fin de ser suministrados al ganado, por ejemplo, los subproductos de brócoli se han incluido a la dieta de vacas lecheras (Yi *et al*.,2015; Wang *et al*., 2017), mientras que los subproductos de col que van de los generados en campo hasta los que se generan en mercados y cocinas, se ha evaluado su implementación a la dieta de pequeños rumiantes (Wadhwa *et al*., 2006; Nkosi *et al*., 2016). De igual manera de los subproductos de zanahoria y cebolla se ha investigado el valor nutricional con el fin de implementarlas en la dieta de animales (Marino *et al.,* 2010; Ezeldin *et al.,* 2016; Çağrı *et al*., 2017).

Subproductos de brócoli

Para utilizar los subproductos agrícolas en la alimentación de rumiantes primero se debe evaluar la calidad nutrimental de los mismos. En el Cuadro 1 se observan algunos resultados reportados de subproductos generados en campo (Yi *et al*., 2015; Wang *et al.,* 2017). Además Meneses *et al.,* (2020) reportan datos de subproductos agroindustriales ensilados. Los residuos evaluados con más frecuencia son los obtenidos en mercados (Angulo *et al.,* 2012; Evan *et al*., 2020) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Calidad nutricional de subproductos de brócoli reportados por diversos autores.

	Brócoli Cosido (g/kg MS)		Brócoli (% MS)	Brócoli fresco (g/ 100g MS)		Residuos de cosecha (g/kg MS)
	Brócoli	Brócoli ensilado	Subproducto de brócoli	Tallo	Florete	Planta de brócoli
MS	112	117	85	9.41%	13.9%	85.3
PC	311	347	21.6	23.2	30.8	295
FDN	204	198	47.1	22.3	23.6	281
FDA	131	129	38.3	15.0	12.9	216
EE	30.8	63.7	-	2.91	6.15	-
Lignina	18.1	20.1	-	1.46	0.84	-
Cenizas	6.32	6.69	-	-	-	-
Referencia	Meneses *et al.* (2020)		Yi *et al.* (2015)	Evan *et al*. (2020)		Wang *et al.* (2017)

MS, Materia Seca; PC, Proteína Cruda; FDN, Fibra Detergente Neutra; FDA, Fibra Detergente Ácida; EE, Extracto Etéreo.

Subproductos de cebolla

Los antecedentes de la calidad nutricional de los subproductos de cebolla son principalmente de aquellos originados en mercados y/o cocinas. En el Cuadro 2 se observa la evaluación de descartes de cebolla generados en supermercados (Marino *et al.,* 2010; Ezeldin *et al.,* 2016) y cocinas (*Negesse et al.,* 2009), la considerada cascara de cebolla se refiere a la epidermis de misma.

Cuadro 2. Estudios de la calidad nutricional de subproductos de Cebolla.

	Cascara de cebolla	Cebolla descartada (g/kg MS)	Cascara de cebollas (g/kg MS)
MS	91.3	100	162
PC	8.66	122	159
FDN	-	138	194
FDA	-	-	154
FC	44.5	-	-
EE	1	1	9
Lignina	-	-	27
Referencia	Ezeldin *et al.* (2016)	Marino *et al*. (2010)	Negesse *et al.* (2009)

MS, Materia Seca; PC, Proteína Cruda; FDN, Fibra Detergente Neutra; FDA, Fibra Detergente Ácida; EE, Extracto Etéreo.

Subproductos de col

El cultivo de col genera subproductos durante la cosecha, por ejemplo, las hojas (después de quitar la parte comercial) (Wadhwa *et al.*, 2006), coles completas por descarte (Nkosi *et al.,* 2016) y restos de col sin las características de calidad para el consumo (Negesse *et al*., 2009). De tales subproductos dichos autores han evaluado la calidad nutrimental que se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Calidad nutricional de subproductos de col reportados por diversos autores.

	Subproductos de col (g/kg de MS)	Subproducto de cocina de col (g/kg de MS)	Hojas de col (% MS)
MS	147	103	-
PC	184±0.65	137	20.4
FDN	352±0.81	232	34
FDA	236±1.23	183	23
EE	15±0.21	17	-
Lignina	-	16	
Referencia	Nkosi *et al.* (2016)	Negesse *et al*. (2009)	Wadhwa *et al.* (2006)

MS, Materia Seca; PC, Proteína Cruda; FDN, Fibra Detergente Neutra; FDA, Fibra Detergente Ácida; EE, Extracto Etéreo.

Subproductos de zanahoria

En el cultivo de zanahoria, el producto de interés es el tubérculo, por tal razón, al momento de la cosecha, hojas y tallos son considerados residuos al igual que los tubérculos que no cumplen las características de calidad. La calidad nutrimental de los subproductos de zanahoria se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Calidad nutricional de subproductos de zanahoria reportados por diversos autores.

	Hoja de zanahoria % MS	Hoja de Zanahoria (g/kg de MS)	Hoja y tallo	Hoja, tallo y zanahoria	Zanahoria (% de MS)	Hoja de zanahoria (% de MS)
MS	80.89	226	88.04 (g/100g)	90.84 (gr/100g)	83.9	95.5
PC	18.36	145	9.24 (g/100g)	4.45 (g/100g)	7.04	9.35
FDN	28.21	75	29.26%	17.8%	-	-
FDA	21.92	311	33.58%	22.31%	-	-
EE	5.14	10	-	-	1.2	2.8
Lignina	-	91	4.11%	2.8%	-	-
Referencia	Çağrı *et al.* (2017)	Azevêdo *et al.* (2012)	Soldado *et al.* (2017)		Ezeldin *et al.* (2016)	

MS, Materia Seca; PC, Proteína Cruda; FDN, Fibra Detergente Neutra; FDA, Fibra Detergente Ácida; EE, Extracto Etéreo.

Degradabilidad *in vitro* de subproductos hortícolas

En el Cuadro 5 se muestran la degradabilidad *in vitro* de los subproductos agrícolas con diferentes tiempos de incubación que han sido reportados por diversos autores.

Cuadro 5. Degradabilidad de subproductos de acuerdo a diferentes autores.

Subproducto	Origen del subproducto	Degradabilidad (%)	Tiempo (h)	Autor
Hojas de zanahoria	(post-cosecha)	77.38	24	Çağrı *et al.* (2017)
Brócoli	Mercado	72.6	96	Marino *et al.* (2010)
Cebolla		77.4	96	
Col		79	96	
Zanahoria		71.9	96	
Hoja de zanahoria	post-cosecha	44.6	48	Azevêdo et al. (2012)
Brócoli cosido ensilado	Agroindustria	95.6	48	Meneses *et al.* (2020)
Brócoli cosido ensilado		96.8	72	
Cascara de cebolla	Residuos de cocina	76.2	24	Negesse *et al.* (2009)
Restos de col		75.8	24	

h, Horas; MS, Materia Seca.

Producción de las hortalizas en México

México se encuentra entre las 10 potencias mundiales en producción de alimentos, en cultivos hortícolas (cuarto productor de vegetales congelados y el quinto en brócoli). La producción de hortalizas se ha intensificado, debido a su importancia económica tanto en la generación de ingreso nacional e internacional (DOF, 2013). A nivel nacional los principales estados productores de hortalizas son; Sinaloa, Zacatecas, Chihuahua, Michoacán, Guanajuato y Puebla (SIAP, 2015).

Producción de las hortalizas (cebolla, zanahoria, brócoli y col) en la región centro del estado de Puebla.

En el estado de Puebla se encuentra el distrito de Tecamachalco, donde la producción agrícola se basa en su mayoría en hortalizas (Arvizu *et al*., 2015a). Cabe subrayar que los principales municipios del distrito que dedican mayor superficie a la siembra de hortalizas son: Acatzingo, Los Reyes de Juárez, Palmar de Bravo y Quecholac.

La especialización de la zona en la producción diversificada de hortalizas se debe a las condiciones favorables de clima, suelo y agua, por ello los cultivos tienen un buen desarrollo (Arvizu *et al*., 2014). De acuerdo con información recabada por Arvizu *et al*., (2015b) las hortalizas sembradas con mayor frecuencia en el distrito son; brócoli (66%), lechuga (58%), col (40%), cilantro (24%), zanahoria (23%) y tomate verde (22%). Como productos complementarios se siembran: acelga, ajo, apio, betabel, cebolla, cebollín, chile, coliflor, ejote, espinaca, frijol, jitomate, maíz, nopal, perejil, poro y rábano.

De acuerdo con datos del SIAP la producción en Tecamachalco en 2019 de las principales hortalizas es el siguiente; brócoli fue de 31 364.32 t en una superficie 1 858.83 ha, col 62 769.12 t en una superficie de 1 359.80 ha, zanahoria 41 955.61 t en 1 287.68 ha, y cebollín 9 491.37 t en una superficie de 728.83 ha.

Técnicas de conservación de los subproductos agrícolas

Debido al alto contenido de agua de los subproductos vegetales hortícolas, que va del 60 al 80%, estos se clasifican como alimentos húmedos con menos de 300 g/kg MS (Megías *et al*., 2002). Por esta característica son altamente fermentables y rápidamente perecederos (Evan *et al.,* 2019), una forma de conservarlos por más tiempo es el ensilado. Se han evaluado en subproductos de hortalizas microsilos (Bakshi 2016; Meneses *et al.,* 2020), fermentación sólida, harinas y deshidratados (Nkosi *et al.,* 2016; Fonseca *et al*., 2018; Evan, *et al.,* 2019).

La conservación de subproductos agrícolas a través de técnicas como el ensilado, debido al alto contenido de humedad, puede ayudar a optimizar su uso por largos periodos, para reducir el deterioro, el desperdicio (Bakshi *et al.,* 2016) y la contaminación sobre el entorno ambiental, como suelo, aire, otras plantas y la eutrofización del agua (Hu *et al.,* 2011) al dejar estos desperdicios en el campo.

Ensilado

El método de ensilado es un proceso que permite conservar el material vegetal original con variación en su calidad nutritiva (Sanchez 2018), el alto contenido de humedad de los subproductos agrícolas los hace rápidamente perecederos, por tal motivo el ensilado es la forma más adecuada de conservar dichos subproductos durante períodos prolongados (Meneses *et al*., 2007a; Christakis et al., 2012). Se han evaluado subproductos conservados a través de microsilos como; subproductos generados en

campo e industriales de brócoli y zanahoria (Meneses *et al.,* 2020; Rinne *et al.,* 2019; Wang *et al.,* 2017).

Beneficios ambientales

Los subproductos y residuos generados en el campo no solo representan una pérdida de recursos usados para su producción, sino que, al dejarlos pudrir en el campo, quemarlos o almacenarlos en lugares inadecuados, son un potencial peligro debido a la contaminación ambiental (emisiones de metano y dióxido de carbono) de recursos hídricos y al suelo (Qdais *et al*., 2010; Azevedo *et al.,* 2012). Además, al dejarlos en el campo representan un problema para el agricultor, debido a su complicada manipulación y eliminación (Campas *et al*., 2009). Por tal razón es necesario buscar opciones para la utilización de estos productos para reducir la contaminación, encauzando su utilización, reutilización y procesamiento.

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

En la ganadería la alimentación representa el 80% de los gastos totales en las unidades de producción (UP), pues el uso de alimentos concentrados aumenta los costos, debido a la alta proporción de granos en las formulaciones de los mismos, ya que el precio de los granos actualmente es muy volátil, mostrando un aumento generalizado, lo que afecta directamente, los costos totales en las UP. Por ello es necesario buscar alternativas para disminuir los costos de alimentación del ganado sin perder de vista la calidad nutrimental.

JUSTIFICACIÓN

Los alimentos concentrados tienen una gran importancia como complemento nutricional de los animales, sin embargo, su costo es elevado debido a que los insumos o ingredientes para su producción son caros y, en algunos casos, difíciles de conseguir. Por lo tanto, es muy importante la búsqueda y evaluación de diferentes alternativas de alimentación de los animales, priorizando el bajo costo de estos, sin perder su aporte nutrimental. En este sentido, los residuos de cultivos agrícolas podrían funcionar como coadyuvantes en la alimentación de los animales, ya que se producen en gran cantidad, son de fácil acceso y algunos pueden aportar cantidades importantes de diversos nutrientes necesarios para su desarrollo. Por ejemplo el brocoli se ha usado en vacas lecheras, la col en pequeños rumiantes o la zanahoria y cebolla se han evaluado nutricionalmente para incluirse en la dieta de rumiantes. Sin embargo, para aprovechar al máximo estos recursos, es importante encontrar un método de conservación que ayude a preservarlos por más tiempo y optimizar su uso. Además, desde un punto de vista ecológico, se reduciría el desperdicio y la contaminación del suelo, aire, otras plantas y la eutrofización del agua al dejar estos desperdicios en el campo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la calidad nutricional de subproductos hortícolas después de un proceso de conservación a través de la técnica de microensilado.

Objetivos específicos

- Elaborar micro-silos de subproductos de cultivos de brócoli, cebollin, col y zanahoria.
- Evaluar la calidad nutricional de los subproductos antes y después del microensilado.
- Determinar las características organolépticas de los ensilados (color, olor y textura).
- Realizar pruebas de digestibilidad "*in situ*" de los subproductos en fresco y ensilado.

HIPÓTESIS

Hipótesis general

El proceso de microensilado de los subproductos hortícolas, permitirá mantener las propiedades nutricionales de los subproductos en fresco.

Hipótesis específicas

- El material vegetal de los subproductos de brócoli, cebollin, col y zanahoria serán adecuados para ensilarse.
- El proceso de ensilado no modificará la calidad nutricional del material vegetal.
- El proceso de conservación mantendrá las características organolépticas de los subproductos.
- Los subproductos ensilados tendrán un alto porcentaje de degradabilidad *"in situ"* que les permitirán ser considerados como una estrategia de alimentación en rumiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los análisis y evaluaciones se llevaron a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (CEIEGT-FMVZ-UNAM) ubicado en Tlapacoyan, Veracruz, en las coordenadas 19° 56’ y 20° 08’ de altitud norte y los meridianos 97° 05’ y 97° 16’ de longitud oeste. El clima es cálido húmedo con temperaturas de 22 a 26 °C y precipitación de 1980 mm promedio anuales (INEGI, 2010).

La recolecta de los subproductos y la realización de los microsilos se realizaron en el municipio de Palmar de Bravo, Puebla, ubicado los paralelos 18° 43’ y 18° 58’ de latitud norte y los meridianos 97° 22’ y 97° 41’ de longitud oeste, a una altura entre 2100 a 2900 msnm. El clima es semiseco templado con lluvias en verano, la temperatura es de 12 a 18°C y la precipitación varia de 300 a 700 mm anuales (INEGI, 2010).

Recoleción de los subproductos hortícolas

Los subproductos de hortalizas fueron colectados del 27 al 30 de octubre de 2019 en la comunidad de San Miguel Xaltepec, Palmar de Bravo, Puebla, basado en su frecuencia de siembra y en la superficie dedicada a su producción. De cada cultivo se colectaron diferentes subproductos de las hortalizas que no se comercializan como hojas, tallos y productos que no cumplen los estándares de calidad descritos por la La Norma Oficial Mexicana NMX–FF–046–1982. Los seleccionados y sus partes fueron:

Brócoli: hojas, tallos y floretes que no cumplían con los parámetros de calidad.

Cebollín: hojas y tubérculos que no cumplen con las características de tamaño para el mercado después de un minucioso proceso de selección.

Col: hojas y coles sin peso ni diámetro adecuados para su comercialización.

Zanahoria: hojas, tallos y tubérculos sin tamaño adecuado para comercializar.

Estos se colectaron en el campo después de la cosecha en cajas de plástico con medidas de 52 cm de largo, 34 de ancho y 30 cm de alto, con excepción del cebollin, pues este se colecto después del proceso de selección y empaque del producto, ya que es donde

se generan más residuos. De cada subproducto se recogieron 50 kg, todos en fresco y el mismo día se elaboraron los microsilos.

Elaboración de microsilos

Para la elaboración de los microsilos se utilizaron cubetas de PVC (policloruro de vinilo) con capacidad de 19 L. En el fondo de la cubeta se colocó una capa de arena de 4 cm y la arena, se cubrió con periódico para evitar el contacto con el material a ensilar y promover la absorción de los efluentes generados durante el ensilado. Los microsilos de cada subproducto fueron realizados por triplicado. El proceso a detalle de la elaboración se describe a continuación:

Picado

El material a ensilar se picó de manera manual (con un machete) con un tamaño de partícula aproximado de 2 cm. Los contenedores (cubetas) facilitaron el transporte de los silos, así como asegurar la protección contra ataques de insectos y roedores, los cuales podrían adelantar el deterioro del ensilado (Nakamanee, 1999).

Toma de muestras

Antes de iniciar la elaboración del ensilado, se tomaron las muestras de cada subproducto en fresco para la realización del análisis químico proximal (AQP). El muestreo se realizó mediante la técnica de cuarteo, la cual consiste en tomar un muestra representativa, extenderla en una zona limpia (el piso, en este caso), dividirla en cuatro cuadrantes y eliminar al azar dos cuadrantes diagonalmente opuestos. Esta secuencia de pasos se repitió hasta obtener la muestra (dos muestras de 1 kg) que se colocó en una bolsa de nailon y fue cerrada (Alcocer y Sandy 2015). Las muestras se mantuvieron en refrigeración a 3-5 °C durante 4 d, con el fin de disminuir la actividad enzimática (Herrera, 2007) hasta su transporte al laboratorio.

Compactado

El material vegetal picado se colocó en capas de 10 cm en los contenedores y se realizó una compactación manual, de acuerdo con la metodología propuesta por Reyes *et al.,* (2008), hasta llenar el contenedor.

Cerrado hermético

Una vez que los contendedores se llenaron, se taparon con una bolsa de plástico y se colocó la tapa para un sellado hermético. Los microsilos fueron pesados (no se considera el peso de la arena y el contenedor) y se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Peso de microsilos.

No.	Material vegetal	Peso (kg)
1	Brócoli 1	14.988
2	Brócoli 2	14.416
3	Brócoli 3	13.300
4	Cebolla 1	14.470
5	Cebolla 2	14.172
6	Cebolla 3	13.608
7	Col 1	12.420
8	Col 2	12.260
9	Col 3	12.408
10	Zanahoria 1	12.136
11	Zanahoria 2	11.602
12	Zanahoria 3	11.966

Conservación de los microsilos

Los microsilos se transportaron al CEIEGT-FMVZ-UNAM donde se almacenaron en lugar fresco y seco durante 90 días.

Evaluación de pH y las características organolépticas de los microsilos

Pasado el tiempo de conservación, se abrieron los microsilos, se eliminó la primera capa de aproximadamente 10 cm y se tomó una muestra de 25 g del ensilado. Posteriormente, la muestra se colocó en una licuadora con 50 ml de agua destilada, se mezcló todo y se agrego a un vaso de precipitado de 250 mL (Kimax®) y se dejo reposar por 15 min. Luego, a la solución se le tomó el pH con un potenciómetro (Hanna® HI98130, Romania; calibración pH 7 y 4)(Jaimes *et al.,* 2009; Silvia y Queiroz 2002).

En el Cuadro 7 se muestran las características organolépticas de los ensilados de acuerdo a los indicadores propuestos por Betancourt *et al.,* (2005). La evaluación se realizó por una persona después de la toma de muestra para el pH.

Cuadro 7. Clasificación de las características organolépticas de ensilados.

	Clasificación			
Característica	**Excelente**	**Bueno**	**Regular**	**Malo**
Color	Verde Olivo	Verde amarillento	Verde oscuro	Oscuro (negro)
Olor	Fruta madura	Vinagre	Fuerte olor a vinagre	Putrefacto
Textura	Conservación de todos los bordes definidos.	Conservación de todos los bordes definidos.	No hay definición de los bordes.	No se aprecia diferencia entre hojas y tallos

Fuente: Betancourt *et al.*, 2005.

Toma de muestra de ensilado y análisis químico proximal (AQP)

Las muestras del material vegetal en fresco y de microsilo se transportaron al laboratorio de Nutrición Animal del CEIEGT-FMVZ-UNAM, donde se realizó el AQP y las pruebas de degradabilidad "*in situ*".

De cada silo se tomaron dos muestras de 1kg del centro del recipiente y se metieron a la estufa de aire forzado a 60 °C hasta que alcanzaron peso constante, en el material vegetal de CEBFR y ZANFR fue a las 84 h, mientras que en BROFR, BROEN, CEBEN, COLFR y COLEN fue a las 96 h, finalmente la ZANEN alcanzo peso constante a las 108 h.

Análisis químico proximal de las muestras de subproductos

Para determinar la MS, se metieron 24 crisoles de porcelana a la estufa de aire forzado a 60 ° C (para eliminar la humedad) al igual que las muestras de 1 kg se introdujeron a la estufa de aire forzado a 60 °C hasta que alcanzaron peso constante, posteriormente se molieron en un molino (Thomas-Wiley, modelo 4, Thomas Scientific, USA) con criba de 2 mm. Se colocaron 1.5 g de muestra en los crisoles y nuevamente se introdujeron en la estufa de aire forzado por 24 h (por duplicado). Transcurrido el periodo se metieron en una campana de desecación y se pesaron en una balanza analítica. Finalmente se registró el peso. Para determinar el %MS se utilizo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MS} = 100 - (\text{Peso fresco} - \text{Peso Seco} / \text{Peso fresco} * 100)$$

Las cenizas se determinaron usando las muestras anteriores, se colocaron en la mufla durante 5 h a 600 ° C, el peso se registró al día siguiente en una balanza analítica. La fórmula para determinarla fue la siguiente:

% Cenizas = ((Peso del crisol + Cenizas) – Peso del Crisol solo / g de la muestra) * 100

La proteína cruda se determinó a través del método Kjeldahl (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2005), el cual consiste en dos partes, la digestión y la destilación. Durante la digestión se pesaron 0.5 g de muestra en una balanza analítica, la muestra se coloca en un papel filtro el cual a su vez se introduce en un matraz. Posteriormente se aplican 300 mg de mezcla catalizadora, 15 ml de Ác. Sulfúrico (H_2SO_4) y se coloca en el Bio-Digestor hasta que la disolución adquiere un color verde esmeralda.

En la etapa de destilación, en un matraz Erlenmeyer se aplicaron 70 mL de ac. bórico al 4% (H_3BO_3), mientras que al matraz de la disolución se le colocaron 3 perlas de zing, 3 perlas de porcelana, 300 mL de agua destilada y 50 mL de Hidróxido de Sodio (NaOH). Posteriormente, se colocó en el equipo para la destilación hasta que se obtuvieron 250 ml de la disolución en el matraz Erlenmeyer. Finalmente, para realizar la titulación, se colocó el ac. clorhídrico (HCl) con una normalidad de 0.1035 a la bureta y se procedió a aplicarlos al matraz Erlenmeyer hasta que la solución tenía un ligero color violeta y se registraron los ml HCl gastados. Para obtener el resultado de la PC se tomó el factor de 6.25 y se usó la siguiente fórmula:

% PC = ((ml de HCl * Normalidad de HCl * 0.014 * 6.25) / g de la muestra) * 100

El análisis de FDN, FDA y lignina se realizó por el método de Van Soest (1963), se utilizó un digestor de fibra ANKOM200 (Ankom Technology, Macedon, New York, EE. UU.). Tal método es un proceso secuencial, que inicio preparando la muestra. Se usaron bolsas filtro (ANKOM Technology F57 filter bags), las cuales se rotularon y pesaron en una balanza analítica, se registro el peso de la bolsa vacía (PBV), se taro la balanza, se le agregaron 0.5 g de la muestra (GM) del subproducto y se cerraron las bolsas filtro con una selladora por calor. También se incluyeron 2 bolsas filtro vacías, las cuales también fueron pesadas (Bolsa Blanco Vacía BBV) y selladas , con el fin de realizar la corrección por blancos.

Las bolsas filtro se acomodaron en la gradilla, se introdujeron al vaso de digestión del ANKOM200, se agregaron 100 mL de Solución de Detergente Neutro (SDN) por bolsa filtro, se cerró y selló el vaso de digestión y se activó la agitación y el calor durante 75 min. Transcurrido el periodo, se apagó la agitación y el calor y se dreno la SDN. Posteriormente, se dieron tres ciclos de lavado aplicando agua caliente común y 4 mL de alpha amylase, se activa la agitación por 5 min y se drena. En el último ciclo de lavado se realizó solo con agua caliente y al concluir los ciclos se extraen las bolsas y se pusieron a secar a temperatura ambiente.

Para concluir, se lavaron las bolsas con acetona por inmersión durante 5 min en un vaso de precipitado, después se extrajeron y se colocaron en una charola hasta que se evaporo la acetona y se metieron a la estufa de aire forzado a 60° C durante 24 h. Transcurrido el periodo, se sacaron y se colocaron en una campana de desecación, se registro el peso (PMDFDN) al igual que las bolsas blanco (BBDFDN). Se determinó la FDN con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ FDN} = \frac{\left(PMDFDN - (PBV * PCB)\right) * 100}{(\text{GM} * \text{Materia Seca}) * 100}$$

Donde:
PMDFDN = Peso de la muestra después de la digestión para FDN.
PBV = Peso de la Bolsa Vacía.
GM = Gramos de Muestra.
PCM = Promedio de la Corrección de Blancos (BBV/BBDFDN).

Para determinar FDA se utilizaron las mismas muestras y se realizó prácticamente el mismo procedimiento, difiriendo en que se aplicó Solución Detergente Acido (SDA), el periodo de agitación y calor solo es de 60 min y los ciclos de lavado son solo con agua caliente. Se secan las muestras se sumergen en acetona e igualmente se colocaron en la estufa las 24 h. Se registró el peso de las muestras (PMDFDA) y blancos (BBDFDA), para determinar FDA la fórmula es la siguiente:

$$\% \text{ FDA} = \frac{\left(PMDFDA - (PBV * PCB)\right) * 100}{(\text{GM} * \text{Materia Seca}) * 100}$$

Donde:
PMDFDN = Peso de la Muestra Después de la Digestión para FDA.
PBV = Peso de la Bolsa Vacía.
GM = Gramos de Muestra.

PCM = Promedio de la Corrección de Blancos (BBV/BBDFDA).

Después de determinar FDA se determinó la lignina. Se utilizaron las mismas bolsas filtro, se colocaron en un vaso de precipitado de 3 L y se aplica ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 72%, suficiente para sumergir completamente las bolsas (aproximadamente 250 mL) con ayuda de un vaso de precipitado de 2 L. Inicialmente se mueve suavemente se presiona hacia abajo y se levanta aproximadamente 30 veces con el vaso de precipitado, el mismo procedimiento se realiza cada 30 min durante 3 h.

Al concluir el periodo se retira el ác. sulfúrico, se lava el residuo con agua y se dan dos ciclos de lavado de 5 min en el ANKOM 200 con agua caliente. Al terminar el lavado se secan a temperatura ambiente y se introducen en un vaso de precipitado con acetona durante 5 min, se sacan del recipiente, se deja que se evapore la acetona y se meten a la estufa durante 24 h, transcurrido el periodo se registra el peso (PML). Finalmente se colocaron las bolsas filtro en crisoles, se introducen a la mufla durante 3 h a 600°C y 24 h después se registra el peso.

$$\%\ \text{Lignina} = \frac{\big(PML - (PBV * PCB)\big) * 100}{(\text{GM} * \text{Materia Seca}) * 100}$$

Donde:
PML = Peso de la Muestra después de la Lignificación.
PBV = Peso de la Bolsa Vacía.
GM = Gramos de Muestra.
PCM = Promedio de la Corrección de Blancos (BBV/BBL).

Para la determinación de Extracto Etéreo (EE) se usó el método Gold Fish que consistió en pesar cartuchos de papel filtro (PCV) previo a eso pasaron 24 h en la estufa a 60 ° C para extraer la humedad, se taro y se pesaron 3 g de muestra, se registraron los datos (GM) y posteriormente los cartuchos se colocaron en los dedales de alundum que se insertan en el resorte del condensador del extractor de grasa Gol Fish. Para continuar se coloca 40 mL de éter de petróleo en un vaso de precipitado y se engrana al condensador con ayuda de un anillo de cierre y empaque, después se desliza la caja del calentador hacia arriba para alcanzar el vaso de precipitado y se aplica calor. Las muestras pasan 5 h en el extractor, posteriormente se sacan, se espera a que se evapore el éter de

petróleo, se meten a la estufa durante 24 h y se pesan los cartuchos (PFM). Se determina el EE por diferencia de peso como se muestra a continuación.

$$\% \text{ EE} = \frac{(\text{PCV} + \text{GM}) - PFM}{GM} * 100$$

Donde:
PCV = Peso del Cartucho Vacío.
GM = Gramos de Muestra.
PFM = Peso Final de la Muestra.

La Fibra Cruda fue determinada por el método de Wendee, se utilizó un digestor de fibra ANKOM200 (Ankom Technology, Macedon, New York, EE. UU). Se usaron bolsas rotuladas, pesadas en una balanza analítica y se registró el peso (PB), posteriormente se agregó 1 g de muestra (GM); además, también se incluyen bolsas blanco (CB) y se cierran con una selladora por calor.

Posteriormente para extraer la grasa de la muestra se colocan las bolsas en un vaso de precipitado de 250 mL y se agregó éter de petróleo hasta cubrir las muestras durante 10 min. Al terminar este periodo se sacan y se dejan secar a temperatura ambiente. A continuación se ponen las bolsas en la gradilla y se colocaron en el vaso digestor del ANKOM, donde se aplicaron 100 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) por bolsa filtro, se cerró y se activó la agitación y el calor durante 40 min. Transcurrido tal periodo se drena el H_2SO_4 y se dan dos lavados de 5 min con agua caliente.

Posteriormente se agregaron 100 mL de hidróxido de sodio (NaOH) por bolsa filtro, se activa el calor y agitación por 40 min, transcurrido el periodo se drena la solución, se agrega agua caliente y se dan tres periodos de lavados de 5 min. Después de los lavados se sacaron las muestras del digestor se escurre el residuo de agua, se colocan en un vaso de precipitado y se agrega acetona hasta cubrir bien las muestras durante 5 min, después se sacaron y se esperó a que se evaporará la acetona. Para concluir se meten a la estufa a 102 °C durante 4 h y se registra el peso.

Para finalizar se colocaron las bolsas en crisoles previamente pesados y se introdujeron a la mufla durante 4 h a 600 °C, al concluir el periodo se registró el peso de las cenizas (PMO). La FC se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ FC} = 100 * \frac{(\text{PMO} - (\text{PB} * \text{CB}))}{GM}$$

Donde:
PC = Peso del la Materia Organica.
PB = Peso de la Bolsa filtro vacía.
CB = Correccion de Blanco.
GM = Gramos de Muestra.

Degradabilidad *in situ*

Preparación de las muestras para la prueba de degradabilidad *in situ*

Para la prueba de degradabilidad se utilizaron 60 bolsas de dacrón (Bar Diamond, Inc. Parma Idaho USA) son de monofilamento blanco, con tamaño de poro de 53±10 micrones de 10 x 20 cm para 3.2 g de muestra, las cuales se metieron a la estufa de aire forzado durante 24 h para eliminar la humedad, transcurrido ese periodo se colocaron en la campana de desecación para evitar que absorbieran humedad posteriormente fueron pesadas en una balanza analítica y se registró su peso, además de se enumeraron con un marcador permanente.

Las muestras de los subproductos fueron molidas en un molino Wiley con criba de 2 mm, una vez listas las muestras de los subproductos y las bolsas de dacron se procedió a preparar las muestras, pesando los 3.2 g de muestra en cada bolsa con una balanza analítica.

De las 60 bolsas para la prueba 24 fueron para subproducto de brócoli, cebolla, col y zanahoria en fresco, 24 para la repetición 1 y 2 del ensilado de cada subproducto y 6 para muestras estándar (*Pennisetum purpureum*) y 6 blancos.

Etapa de acostumbramiento de vacas fistuladas.

Las vacas que incubaron las muestras tenían 7 años de edad, 700 y 650 kg de peso. La etapa de acostumbramiento consistió en que pastarán en un potrero de 1.5 ha más 2 kg de concentrado para cada una durante 10 d, 5 antes y 5 durante la prueba de degradabilidad.

Proceso de la prueba de degradabilidad "*in situ*"

La degradabilidad se determinó por la técnica de la bolsa de dacrón (Ørskov *et al.,* 1980), una vez listas las muestras se introdujeron al rumen de las vacas para determinar la degradabilidad a 48 h. Una vez transcurrido el periodo, las muestras se extrajeron del rumen y fueron transportadas al laboratorio en una hielera con agua fría a 4° C con el fin de detener la actividad microbiana en las bolsas antes del lavado. Las muestras se llevaron al laboratorio y se realizo el lavado de estas con agua corriente para eliminar cualquier materia microbiana del rumen o residuos ajenos a las muestras, posteriormente fueron colocadas en la lavadora y realizaron varios ciclos de lavado hasta que el agua salió limpia, las bolsas fueron colgadas para que se escurrieran durante 12 h, transcurrido tal periodo se introdujeron a la estufa de aire forzado durante 72 h.

Obtención de la degradación "*in situ*"

Después de las 72 h se pesaron las bolsas en una báscula analítica, la degradación se obtuvo con el peso inicial de las muestras antes de ser introducidas al rumen y el peso final después de su permanencia en el rumen.

Analisis estadístico de la información generada

Los datos del AQP y degradabilidad se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) para prueba de tipo 3 y una prueba de comparación de medias de Tukey (P≤0.05), para comparar los resultados de los AQP de los subproductos en fresco y ensilados se usaron contrastes ortogonales con el paquete estadístico JASP (2020).

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau + \xi_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta en tratamiento i, repetición j.

μ = Media general.

τ = Efecto del tratamiento.

ξ_{ij} = Error aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad nutricional de los subproductos agrícolas

Materia seca

La relevancia de la MS en el material vegetal a ensilar se debe a que controla la generación de efluentes y la perdida de carbohidratos, en forrajes convencionales la MS recomendada para un buen ensilaje es de 25% kg/MS (Sánchez, 2018; Vallejo, 1995). Mientras que en la presente investigación el contenido de MS de los subproductos hortícolas en fresco y ensilados vario de 5.56 a 16.75% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Contenido de MS de los subproductos agrícolas en fresco y ensilados.

Muestra	% MS	Muestra	% MS
BROFR	6.37	COLFR	8.96
BROEN	6.58	COLEN	10.66
CEBFR	5.56	ZANFR	15.05
CEBEN	6.25	ZANEN	16.75

BROFR, Brócoli Fresco; BROEN, Brócoli Ensilada; CEBFR, Cebollin Fresco; CEBEN, Cebollin Ensilada; COLFR, Col Fresca; COLEN, Col Ensilada; ZANFR, Zanahoria Fresca; ZANEN, Zanahoria Ensilada.

El contenido de MS del brócoli fue de 6.37% en fresco, los cuales difieren con los mencionados por Wang *et al.* (2017) ya que el contenido que reportan es mayor (8.53%) en material vegetal sin ningún proceso de conservación. En el ensilado fue de 6.58%, tales resultados no coinciden con los informados por Meneses *et al.* (2020) y Monllor *et al.* (2020) quienes encontraron valores de 11.7 y 15.4%, debido a que el origen de ambos subproductos es diferente, en el primero provienen de floretes precosidos y en el segundo son residuos después de un proceso industrial. Mientras que en esta investigación se utilizó la planta completa (hojas, tallos y floretes) y se ensilo inmediatamente después de la colección en campo.

En subproductos de col no se han encontrado estudios donde estos se hayan sometido a procesos de conservación como el ensilaje, pero si hay referencias de métodos de conservación como la deshidratación tal es el caso de Negesse *et al.* (2009) quienes obtuvieron 10.3% de MS en subproductos generados en cosinas, mientras que los encontrados en este estudio son 8.96% en fresco y 10.66% ensilados, ya que tales residuos son los generados en campo después de la cosecha.

Los resultados de MS en subproductos de zanahoria (hojas, tallos y tuberculo) se muestran en el Cuadro 8, los cuales son mayores en fresco y ensilados a los reportados por Rinne *et al.* (2019), ya que evaluaron exclusivamente subproductos de tuberculos (8.7 y 8.1% respectivamente). Mientras que Çağrı *et al.* 2017 obtuvieron resultados mayores (20.89%), ya que evaluaron exclusivamente las hojas.

La MS de los subproductos de cebollin que se evaluaron (hoja, cascacara y raíz posterior a la cosecha) fue de 5.56% en material vegetal en fresco y 6.25% después de ensilar, estos valores son menores a los reportados por Marino *et al.* (2010) y Negesse *et al.* (2009) con 10 y 16.2% respectivamente, ya que los residuos que evaluaron son los generados en supermercados (vegetales que no se venden) y cascaras de cebolla colectadas en cafeterias (sometidos a un proceso de deshidratación al sol).

Características organolépticas de los ensilados y evaluación de pH

En el Cuadro 9 se muestran los resultados de la evaluación de las características organolépticas de los ensilados, en cuanto al color fueron de verde olivo a verde obscuro, referente al olor fue un característico olor a vinagre y con respecto a la textura el material vegetal, conservo sus bordes, de acuerdo a los indicadores propuestos por Betancourt *et al.,* (2005). Cabe mencionar que el material vegetal evaluado es de naturaleza distinta a los forrajes y tal evaluación es una apreciación subjetiva por medio de los sentidos (Urdaneta y Borges 2013).

Para un adecuado proceso de ensilaje el pH debe ser menor a 4.2, el cual es un indicador de estabilidad en el proceso de fermentación (Muck, 1988), mientras que los valores de pH en la presente investigación fueron de 3.1 a 5.6.

Cuadro 9. Evaluación del pH y características organolépticas de los subproductos.

Subproductos	pH	Color	Olor	Textura
Brócoli	5.6	Bueno	Regular	Regular
Cebollín	5.2	Regular	Regular	Bueno
Col	3.1	Excelente	Bueno	Excelente
Zanahoria	4.7	Bueno	Bueno	Excelente

El valor del pH en el ensilado de brócoli y cebollín es de 5.6 y 5.2 respectivamente, tales valores indican que el proceso de fermentación fue inestable, lo que produce deterioro en el material vegetal (De la Roza 2005). Muhammed *et al.* (2018) reportan un valor menor de pH de 4.1 en subproductos de brócoli ensilado, debido a que el material vegetal ensilado fue sometido a un proceso de deshidratación, además de que agregaron un aditivo (1.5 kg de melaza por cada 48.5 kg) durante su elaboración. En cuanto a cebollín no hay reporte de algún proceso de conservación diferente a la deshidratación (Negesse *et al.,* 2009).

Mientras que para el ensilado de col (ensilado de subproductos de cosecha sin aditivos), los valores del pH fueron de 3.1, este es menor al reportado por Vilela *et al*. (2015) con 3.82 dicho esilado fue adicionado con maíz molido para para mejorar la calidad del ensilaje. Referente a la zanahoria el pH fue de 4.7 mientras que Rinne *et al.* (2019) reportan valores menores, que van de 3.37 a 3.68 debido a que usaron diversos aditivos para mejorar la fermentación además de que los subproductos fueron exclusivamente el tubérculo después de un proceso de lavado y calentado, comparados con el material vegetal evaluado en este estudio, que fue toda la planta (hojas, tallos y tubérculos de descarte).

Calidad Nutricional de los subproductos

En el Cuadro 10 se observan las concentraciónes de PC, EE, FC, FDN, FDA, Lignina y Cenizas, referente al brócoli los valores son similares a los de Muhammed *et al.* (2018), ya que en fresco reportaron que el contenido de PC, FC y Cenizas fue de 22.04, 13.7 y 19.1% respectivamente; mientras que cuando el material vegetal se ensilo la PC, EE, FC, FDN, FDA y Ceniza los valores fueron de 19.45, 0.29, 21.90, 30.59, 23.34 y 19.18% correspondientemente, difiriendo en el EE ya que los valores encontrados en este estudio son mayores en el material vegetal en fresco y ensilado (3.9 y 0.29%). Los valores de los subproductos de cebolla en fresco que se encontraron son mayores a los reportados por Negesse *et al.* (2009) (PC 15.9%, FDN 19.4%, FDA 15.4%, EE 0.9% y Lignina 2.7%). El contenido de PC de la col en fresco coincide con el que obtuvieron Wadhwa *et al.* (2006) ya que la diferencia entre los valores es de 0.46%, mientras que para el subproducto ensilado los valores son similares a los de *Vilela et al.* (2015) en la FDN (42.8%), FDA (21.0%) y Lignina (2.29%). Finalmente para zanahoria,los valores reportados de PC van de 4.45 a 18.36%, para FDN hay registro de 7.5 a 29%, mientras que para FDA los valores los valores son de 21 a 33%, en el EE reportan valores de 1 a 5%, mientras que la lignina va de 1 a 5% (Azevêdo *et al.,* 2012; Ezeldin *et al.,* 2016; Çağrı *et al.*, 2017; Soldado *et al.,* 2017).

Cuadro 10. Calidad nutricional de subproductos agrícolas en fresco y ensilados (%MS).

Muestra	%MS	PC	EE	FC	FDN	FDA	Lignina	Cenizas
BROEN	95.59	19.16±1.49	13.26±0.08	24.84±3.98	29.70±1.10	24.05±0.39	4.28±0.46	17.60
CEBEN	96.34	17.03±1.26	12.36±1.26	20.45±4.12	33.70±1.52	27.62±1.90	11.06±1.35	19.35
COLEN	96.09	18.56±3.33	7.28±0.83	10.22±0.26	17.21±0.03	13.48±0.58	4.12±0.26	12.47
ZANEN	97.50	12.50±0.36	5.32±0.76	10.80±0.12	43.21±2.39	33.08±2.14	21.43±1.20	32.55
BROFR	93.31	22.68±1.09	10.51±0.50	16.84±0.31	43.80±1.93	24.29±0.89	5.35±0.63	21.37
CEBFR	92.58	20.55±1.11	11.96±0.64	15.08±0.43	41.88±1.00	26.98±0.14	10.66±0.41	21.13
COLFR	93.88	19.94±0.89	8.54±0.38	11.88±0.01	27.57±0.47	16.45±0.01	3.51±0.04	10.65
ZANFR	95.31	12.45±0.43	6.73±0.23	12.80±0.77	48.06±2.20	36.51±1.95	24.35±1.78	33.53

MS, Materia Seca; PC, Proteína Cruda; EE, Extracto Etéreo; FDN, Fibra Detergente Neutra; FDA, Fibra Detergente Acida; FC, Fibra Cruda; BROFR, Brócoli Fresco; BROEN, Brócoli Ensilada; CEBFR, Cebollin Fresca; CEBEN, Cebollin Ensilada; COLFR, Col Fresca; COLEN, Col Ensilada; ZANFR, Zanahoria Fresca; ZANEN, Zanahoria Ensilada.

Calidad nutricional de subproductos agrícolas en fresco vs ensilados

El proceso de ensilado en subproductos agrícolas conserva la calidad nutrimental de los mismos, ya que no hay diferencias significativas (P>0.05) al comparar el material en fresco vs ensilado (Cuadro 11), lo que difiere con De Haro *et al.* (2001), quienes evaluaron subproductos de hortalizas (Pimiento) recolectados en invernadero (fresco vs ensilado), ya que sus resultados en FDN, FDA y Cenizas incrementaron después del ensilaje, mientras que en el EE no encontraron diferencia al igual que en este estudio. Mientras que Gutiérrez (2017) en FC, FDN y FDA no obtuvo diferencias en maíz ensilado pues se conservó la calidad nutrimental del material vegetal en freso, lo que coincide con este estudio.

Cuadro 11. Calidad nutricional de subproductos agrícolas en fresco vs ensilados (%MS).

Muestra	PC	EE	FC	FDN	FDA	Lignina	Cenizas
Subproductos ensilados	16.81± 3.1	9.55± 3.6	16.58± 7.0	30.95± 10.0	24.56± 7.7	10.22± 7.57	20.49± 7.9
Subproductos en fresco	18.90± 4.1	9.43± 2.1	14.15± 2.1	40.33± 8.3	26.06± 7.7	10.97± 8.75	21.67± 8.6
P> |t|	0.278	0.938	0.366	0.061	0.703	0.858	0.781

MS, Materia Seca; PC, Proteína Cruda; EE, Extracto Etéreo; FDN, Fibra Detergente Neutra; FDA, Fibra Detergente Acida; FC, Fibra Cruda; P> |t| = es la probabilidad de encontrar un valor mayor a la F calculada por la prueba t.

Contrastes Ortogonales

En el contraste de la especie brócoli (BROFR – BROEN) la concentración de PC, EE, FC y FDN son distintas al ser sometidas del proceso de fermentación. La PC y la FDN disminuyeron después del ensilado, mientras que el EE y la FC son mayores en el mismo. Mientras que la FDA y la Lignina son iguales en el BROFR – BROEN.

Respecto a los subproductos de CEBFR en contraste con BROEN, BROFR y CEBEN en las concentraciones de PC y EE no hay diferencias, pero si en FC, FDN, FDA y lignina.

La calidad nutricional de la COLFR es igual al BROEN, BROFR, CEBEN, CEBFR y COLEN en el EE, FC, FDN, FDA y Lignina. Mientras que en la única que hay diferencia es en la PC.

La zanahoria fresca tiene diferente calidad nutricional (PC, EE, FDN, FDA y Lignina) en comparación con las especies evaluadas, BROFR, BROEN, CEBFR, CEBEN, COLFR, COLEN y ZANEN, exceptuando la FC pues en tal variable todas contienen concentraciones similares a ZANFR.

Cuadro 12. Contrastes ortogonales de la calidad nutricional de los subproductos de hortalizas ensiladas y frescas.

Contraste Ortogonal	PC			EE			FC			FDN			FDA			Lignina		
	Est	ES	Sign	Est	ES	Sign	Est	ES	Sign	Est	ES	Sign	Est	ES	Sign	Est	ES	Sign
BROFR - BROEN	3.52	1.52	*	-2.75	0.68	**	-8.00	2.05	**	14.10	1.54	***	0.24	1.29	NS	1.07	0.95	NS
CEBFR - BROEN, BROFR, CEBEN	0.92	1.24	NS	-0.08	0.56	NS	-5.63	1.68	**	6.14	1.26	***	1.66	1.05	NS	3.76	0.78	***
COLFR - BROEN, BROFR, CEBEN, CEBFR, COLEN	0.34	1.17	NS	-2.53	0.53	***	-5.60	1.59	**	-5.68	1.19	***	-6.83	1.00	***	-3.57	0.74	***
ZANFR - BROEN, BROFR, CEBEN, CEBFR, COLEN, COLFR, ZANEN	-6.18	1.15	***	-3.15	0.51	***	-2.93	1.55	NS	14.19	1.16	***	12.80	0.97	***	15.72	0.72	***

MS, Materia Seca; PC, Proteína Cruda; EE, Extracto Etéreo; FDN, Fibra Detergente Neutra; FDA, Fibra Detergente Acida; FC, Fibra Cruda; BROFR, Brócoli Fresco; BROEN, Brócoli Ensilada; CEBFR, Cebollin Fresca; CEBEN, Cebollin Ensilada; COLFR, Col Fresca; COLEN, Col Ensilada; ZANFR, Zanahoria Fresca; ZANEN, Zanahoria Ensilada; Est, Estimador; ES, Error Estándar; Significancia; *** (P<0.001); ** (P<0.01); * (P<0.05); NS, No Significa

En el Cuadro 12 se muestran los contrastes ortogonales de material fresco vs ensilado por especie, en el caso de PC se encontraron diferencias (P<0.049) en brócoli, donde se observa que la PC disminuye de fresco a ensilado (22.68±1.09 vs 19.16±1.49%), lo que podría indicar degradación de la proteína por proteólisis, que está relacionado con la degradación del ensilado (McDonald *et al.,* 1991). Lo contrario ocurrió en la zanahoria donde hubo diferencias (P<0.001) debido a que en fresco es de 12.45±0.43 y aumentó después del proceso de ensilado a 12.50±0.36.

En el EE hubo diferencias en brócoli (P<0.004), debido a que los valores obtenidos en fresco son de 10.51±0.50, mientras que ensilado se registró un aumento 13.26±0.08%. Mientras que en la col y la zanahoria se observan diferencias (P<0.001), ya que disminuyo la concentración de EE (8.54±0.38 y 8.54±0.23) en el material en fresco en contraste con los ensilados (7.28±0.83, 5.32±0.76 respectivamente) lo que puede deberse a el consumo de energía en forma de ácidos grasos por parte de la microbiota que incrementan proporcionalmente con una disminución del EE (Ojeda *et al.,* 1990).

La FC en brócoli y cebollin indica diferencias estadísticas (P<0.005, P<0.010) ya que la concentración de BROFR (16.84±0.31%) y CEBFR (15.08±0.43%) y aumentaron después del proceso de ensilado 24.84±3.9 y 20.45±1.22% respectivamente, lo que se relaciona con las perdidas hidrosolubles de hidratos de carbono durante la fase de fermentación (Asbell y Donahaye, 1984). Lo contrario ocurrió en la col (P<0.008) ya que la concentración de FC en fresco es de 11.88±0.01 lo que disminuyo a 10.22±0.26% posterior al ensilado.

La concentración de FDN disminuyó en el ensilado en comparación con el material en fresco de todos los materiales vegetales evaluados, donde se encontraron diferencias significativas (P<0.001). A diferencia de la FDA, donde decreció (P<0.001) en el material ensilado de col y zanahoria con 13.48±0.58 y 33.08±2.14% correspondientemente mientras que en fresco es de 16.45±0.01) al material ensilado 13.48±0.58), lo mismo se observa en la zanahoria en fresco (36.51±1.95) y ensilada (33.08±2.14). Finalmente, en los contrastes de Lignina la concentración fue mayor después del ensilado en la cebollin y la col (11.06±1.35 y 4.12±0.26 con respecto a el valor en fresco de 10.66±0.41 y

3.51±0.04), mientras que en la zanahoria disminuyó de 24.35±1.78 (en fresco) a 21.43±1.20 (ensilado) (P<0.001).

Degradabilidad "*in situ*"

De acuerdo con los resultados obtenidos en el Anova para prueba tipo tres en la degradabibilidad no se observan diferencias estadísticas (P>0.05) a 48 h en los subproductos ensilados y frescos, los subproductos ensilados obtuvieron una digestibilidad promedio de 94.4±3.5% mientras que el material vegetal en fresco fue de 95.37±2.8%, tales datos coinciden con los reportados por Meneses *et al.,* (2020) quienes encontraron en subproductos agroindustriales de brócoli una degradabilidad de 95.6% a 48 h, mientras que en cebollín, col y zanahoria la degradabilidad reportada por Marino *et al.,* (2010) es menor con 77.4, 79 y 71.9% respectivamente, tal diferencia puede deberse a que son subproductos generados durante la distribución y a que dicha degradabilidad se realizó *in vitro.*

Cuadro 13. Digestibilidad a 48 h de subproductos frescos y ensilados.

Muestra	% Digestibilidad	Muestra	% Digestibilidad
BROFR	95.87	BROEN	94.93
CEBFR	94.73	CEBEN	91.95
COLFR	99.09	COLEN	99.11
ZANFR	91.38	ZANEN	90.74
Pr > |t|	0.325		

BROFR, Brócoli Fresco; BROEN, Brócoli Ensilada; CEBFR, Cebollin Fresca; CEBEN, Cebollin Ensilada; COLFR, Col Fresca; COLEN, Col Ensilada; ZANFR, Zanahoria Fresca; ZANEN, Zanahoria Ensilada; P> |t|, es la probabilidad de encontrar un valor mayor a la F calculada por la prueba t.

CONCLUSIÓN

Con base en el Análisis Químico Próximal de los subproductos en fresco de brócoli, cebollín, col y zanahoria se concluye que la calidad nutrimental se mantiene después del proceso de ensilado. Las características organolépticas (color, olor y textura) confirmaron que la calidad de los ensilados fueron de regular a excelente. El proceso de ensilado no afecta la degradabilidad de los subproductos agrícolas ya que esta es superior al 90% tanto en material en fresco como ensilado. Los subproductos hortícolas ensilados pueden considerarse en la alimentación animal.

Literatura Citada

1. Ajila, C., Brar, S.,Verma, M., Rao, U. (2011). Sustainable solutions for agro processing waste management: An Overview. Environmental Protection Strategies for Sustainable Development. 65–109.

2.Alacocer, E., Sandy, X., (2015). Manual de control de calidad en laboratorio y centro de acopio. Métodos de muestreo. Widllife Conservation Society (WCS). 1-9.

3.Ángel, D. (2004.) Efecto del empaque de polietileno en la calidad del cebollín (*Allium schoenoprasum*) en almacenamiento refrigerado. Trabajo de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

4.Angulo, J., Mahecha, L., Yepes, S., Yepes, A., Bustamante, G., Jaramillo, H., Valencia, E., Villamil, T., Gallo, J. (2012). Quantitative and nutritional characterization of fruit and vegetable waste from Marketplace: A potential use as bovine feedstuff? Journal of Environmental Management.95, 203-209.

5.Arvizu, E., Jiménez, L., Jiménez, M., Quispe, A., Villa, M., Ávila, J. (2014). Análisis de producción y comercialización de hortalizas: caso del mercado de Huixcolotla, Puebla. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 5, 4, 687-694.

6.Arvizu, E., Mayett, Y., Martínez, J., Olivares, E. (2015a). Mercados rurales agrícolas de Huixcolotla y Zacapoaxtla, Puebla:Potencial para el desarrollo económico regional. Revista Global de negocios. 3, 2, 71-82.

7.Arvizu, E., Mayett, Y., Martínez, J., Olivares, E., Miranda, L.(2015b). Análisis de producción y comercialización hortícola del estado de Puebla: un enfoque de cadena de valor. Revista Mexicana de ciencias agrícolas. 6,4, 779-792.

8.Ashbell, G., Donahaye, E. (1984). Losses in orange peel silage. Agricultural wastes. 11, 73-77.

9.Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). Official methods of analysis (18 ed). Gainthersburrg. MD, USA: Author.

10.Azevêdo, J., Valadares, S., Pina, D., Detman, E., Pereira, L., Valadares, R., Fernandes, H.,Silva, l., Benedeti, P. (2012). Nutritional diversity of agricultura and agro-industrial by-products for ruminant feeding. Arq. Bras. Medicina. Veterinario. Zootec. 64, 5, 1246-1255.

11.Bakshi, M., Wadhwa M., Makkar H. (2016). Waste to worth: vegetable wastes as animal feed. CAB Reviews. 11, 12, 1-21.

12.Betancourt, M., González I., Martínez M. (2005). Evaluación de la calidad de los ensilajes. Rev. digit. cent. nac. investig. agropecu. 8,1-5.

13.Bedoić, R., Ćosić, B., Duić, N. (2019). Technical potential and geographic distribution of agricultural residues, co-products and by-products in the European Union. Science of the total environment.686, 568-579.

14.Bohórquez, O. (2005). Guía para post cosecha y mercadeo de productos agrícolas. Post Cosecha. CAB Ciencia y Ténología. 118, 7-9.

15.Çağrı Özgür, Ö., Özer K., Ali İhsan A., Emrah K., Adem K. (2017). Determination of chemical composition and nutritive value of some vegetable leaves for rumiant animals. Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech .7, 1, 371-376.

16.Campas, O., Sánchez, D., Bueno, C., Núñez, J., Reyes, C., López, J. (2009). Biochemical composition and physicochemical properties of broccoli flours. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 60,4, 163-173.

17.Cantwell, M., Suslow, T. (2007). Indicadores básicos del manejo postcosecha de Brócoli. Postharvest Technology. Universidad de California, Davis E. U. 4.

18.Christaki E., Bonos E., Florou-Paneri P. (2012). Nutritional and functional properties of Cynara Crops (Globe Artichoke and Cardoon) and their Potential Applications: A review. International Journal of Applied Science and Trchnology.2, 2, 64-70.

19.De Haro, J.,Rebolloso, M., Garcia, F., Guil, J. (2001). Efecto de distintos tratamientos sobre los principios nutritivos, características fermentativas y digestibilidad *in vitro* de ensilados de subproductos de pimiento. Archivos de Zootecnia.50. 323-333.

20.De la Roza, B. (2005). El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad y sus indicadores de calidad. In IV Jornadas de alimentación animal. Pontevedra, España. Laboratorio de Mouriscade. 1-20.

21.Denek, N. and Can, A. (2006). Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awaasi sheep. Small Ruminant Research. 65, 260-265

22.Diario Oficial de la Federación. (12 de Enero de 1983). Norma Oficial Mexicana NOM-FF-48-1982, productos alimenticios no industrializados para uso humano- hortalizas en estado fresco- col (repollo). http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4791713&fecha=12/01/1983

23.Diario Oficial de la Federación. (14 de Enero de 1983). Norma Oficial Mexicana NOM.FF-46-1982 productos alimenticios no industrializados para uso humano hortalizas en estado fresco brócoli. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4791906&fecha=14/01/1983

24.Diario Oficial de la Federación. (s.f.). Norma Oficial Mexicana NMX-FF-024-1982 productos alimenticios no industrializados para uso humano tubérculo zanahoria (Daucus Carota) especificaciones. https://caisatech.net/uploads/XXI_2_MXD_C107_NMX-FF-024-1982_R0_3FEB1982.pdf

25.DOF (Diario Oficial de la Federación). 2013. Decreto por el que se aprueba el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. Cuarta Sección. 13 de diciembre. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).

26.Echavarría, F., Gómez, W. (2013). Los sistemas de producción de rumiantes menores en México y sus limitaciones productivas en Iñiguez Rojas. L.(Editor). La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica 1ra. Ed. Embrapa, Basília, DF. 95-114.

27.Escobedo, J. (2010). Estructuración de los sistemas productivos que se incorporan en la cadena agroalimentaria de la especie bovina en Chignahuapan Puebla. Revista Mexicana de agronegocios. 26, 240-250.

28.Evan, T., Marcos, C., Ranilla, M., Carro, M. (2020).In Vitro and In Situ Evaluation of broccoli waste as potential feed for ruminants. Animals.10, 1989, 1-14.

29.Evan, T., Vintimilla, A., Marcos, C., Ranilla, M., Carro, D. (2019). Evaluation of Brassica Vegetables as potential Feed for Ruminants. Animals.9, 588, 2-13.

30.Ezeldin, I., Omer Massaad Elbashier, Shadia Abdelati Omer. (2016). Evaluation of Some Vegetable Waste as Feedstuff for ruminants. International Journal of Science and Research (IJSR). 5, 3, 628-631.

31.FAO (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Roma.

32.FAO. 2013. Ganadería primaria. http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QL/E

33.FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Base de datos estadísticos con relación a la alimentación y agricultura. Recuperado: http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor

34.Flores, M. (2013). Producción de forrajes cultivados para las zonas áridas y semiáridas de México. Iñiguez L.(Editor). La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica 1ra. Ed. Embrapa, Basília, DF. 340-344.

35.Fonseca, L., Saavedra, M., Rodríguez, M. (2018). Elaboración de un alimento para ganado bovino a base de zanahoria (Daucus carota L.) mediante fermentación en estado sólido como una alternativa ecoeficiente. Revista colombiana de ciencias hortícolas. 12, 1, 175-182.

36.Galaviz, R., Vargas, S., Zaragoza, J., Bustamante, A., Ramírez, E., Guerrero, J., Hernandez, S. (2011). Evaluacion Territorial de los sistemas de producción ovina en la región nor-poniente de Tlaxcala. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 2,1, 53-68.

37.Gallardo, L., Riestra, D., Aluja, S., Martínez, D. (2002). Factores que determinan la diversidad agrícola y los propósitos de producción en los agroecosistemas del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Agrociencia. 36, 4, 496-502.

38.García, A., Esteban, M., Márquez, M., Ramos, P., (2005). Biodegradable municipal solid waste: Characterization and potential use as animal feedstuffs. Waste Management.25, 780-787.

39.Góngora, R., Góngora, F., Magaña, M., Lara, P. (2010). Caracterización técnica y socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán, México. Agronomía mesoamericana. 21, 1, 131-144.

40.González, R., Blardony, K., Ramos, J., Ramírez, B., Sosa, R. y Gaona, M. (2013). Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipos de alimentación. Avances en investigación agropecuaria. 17, 1, 135-148.

41.Gutiérrez, E., Aranda, J., Rodríguez, R., Bolio, M., Cámara, E., Ramírez, S., Acosta, M. (2013). Características del subsistema de producción animal de traspatio en Yucatán, México en Pacheco Castro, J., Lugo Pérez, J., Tzuc Canche, L. Ruíz Piña, H. (USC CIR-UADY). Estudios multidiciplinarios de las enfermedades zoonóticas y ETVs en Yucatán. 1.

42.Gutiérrez, E. (2017). Evaluación económica y productiva de procesos tecnológicos sobre maíz fresco y ensilado como suplemento para bovinos en la Vereda de la Hormiga de Tame Arauca. [Tesis de licenciatura]. Escuela de ciencias agrícolas y pecuarias del medio ambiente.

43.Herrera, R. (2007). Toma de procesamiento de la muestra de pasto. Su influencia en indicadores morfológicos y composición química. Revista Cubana de Ciencia Agrícolas. 41, 3, 209-2016.

44.Hu, C. H., A. Y. Zuo, D. G. Wang, H. Y. Pan, W. B. Zheng, Z. C. Qian, y X. T. Zou. (2011). Effects of broccoli stems and leaves meal on production performance and egg quality of laying hens. Anim. Feed Science and Technology. 170, 117–121.

45.Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010 Palmar de Bravo. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21110.pdf

46.Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010 Martínez de la Torre. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30102.pdf

47.Jaimes, J., Hernández, J., Vargas, M. (2009). Efecto de tres niveles de carbohidratos sobre la calidad del ensilado. Revista Chapingo serie Zonas Áridas.8, 2, 11-18.

48.Liu, M., Lihua Zhang, Suk Lan Ser, Jonathan R., Cumming, Kang-Mo Ku. (2018). Comparative phytonutrient Analysis of Broccoli by-Products: The Potentials for Broccoli by-Product utilization. Molecules. 23, 0, 3-18.

49.Macedo, R., Castellanos, Y. (2004). Rentabilidad de un sistema intensivo de producción ovino en el trópico. Avances en investigación agropecuaria. 8, 3, 1-9.

50.Mahmoud M.M. Yasmin. (2016). Using broccoli plant wastes in sheep rations. Egyptian J. Nutrition and Feeds. 19, 2, 277-287.

51.Makkar, H. (2018). Review: Feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change. Animal. 12, 89, 1744-1754.

52.Marino, C., Rodrigues, P., Borgatti, L., Meyer, P., Silva, E., Ørskov, E. (2010).Characterization of vegetables and fruits potential as ruminant feed by *in vintro* gas production technique. Livestock Research for Rural Development.22-9.

53.Martínez, J., Castillo, S., Villalobos, A., Hernández, J. (2017). Sistemas de producción con rumiantes en México. Ciencia agropecuaria. 26, 132-152.

54.Martínez, M., Villagómez, J., Mora, A. (2018). Rentabilidad del sistema de producción ovina en el Bajo Mixe, Oaxaca, México. Agrociencias. 52, 107-122.

55.McDonald, P., Henderson, N., Heron, S. (1991). The Biochemistry of Silage, 2nd Chalcombe Publications. Marlow Bottom, England.

56.Megías, D., Hernández, F., Madrid, J., Martínez, A. (2002). Feeding value, *in vitro* digestibility and *in vitro* gas production of different by-products for ruminant nutrition. Journal of the science of food and agriculture. 82, 567-572.

57.Meneses, M., Martínez, A., Madrid, J., Martinez, A., Hernández F., Megías M. (2020). Ensilability, in vitro and in vivo values of the agro-industrial by-products of artichoke and broccoli. Environmental Science and Pollution Research. 24, 2919-2925.

58.Meneses, M., Megías, M., Madrid, J., Martínez, A., Hernández, F., Oliva, J. (2007). Evaluation of the phytosanitary, fermentative and nutritive characteritics of the silage made from crude artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-product feeding for ruminants. Small Ruminant Research. 70, 292-296.

59.Monllor, P.,Romero, G., Muelas, R., Sandoval, C., Sendra, E., Ramón J. (2020).Ensiling process in commercial bales of horticultural by-products from artichoke and broccoli. Animals. 10,831, 1-15.

60.Muck, R. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. Journal of Dairy Science. 71,11, 2992-3002

61.Muhammed, A., Gharib, a., Sadq, S. (2018). A comparative study between broccoli silages produced in three different locations in Sulaimani Governorate. Jordan journal of agricultural sciences. 14,1, 1-10.

62.Nájera, A., Piedra, R., Albarrán, B., García, A. (2016). Cambios en la ganadería de doble propósito en el trópico seco del Estado de México. Agrociencia.50, 701-710.

63.Nakamanee, G. (1999). Éxito de los pequeños campesinos en la producción de ensilajes: Estudio de caso en el Nordestes de Tailandia. L. ‘t Mannetje (Ed.), *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos* (15-16). Roma.

64.Negesse, T., Makkar, H., Becker, K. (2009). Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an *in vitro* gas method. Animal Fed Science and Technology.154, 204-2017.

65.Nkosi, B., Meeske, R., Ratsaka, M., Langa, T., Motiang, M., Groenewald, I. (2016). Effects of dietary inclusion of discarded cabbage (Brassica oleracea var. capitata) on the growth performance of South African Dorper lambs. South African Journal of Animal Science. 46, 1, 35-41.

66.Nuñez, G., Díaz, E., Espinosa, J., Ortega, L., Hernández, L., Vera, H., Román, H., Medina, M., Ruiz F. (2009). Producción de leche de bovino en el sistema intensivo. No 23. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, MX. 373.

67.Omirou, M., Papadopoulou, K., Papastylianou, L., Constantinou, M., Karpouzas, D., Asimakoulos, L., Ehaliotis, C. (2009). Impact of Nitrogen and Sulfur Fertilization on the Composition of Glucosinolates in Relation to Sulfur Assimilation in Different Plant Organs of Broccoli. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 57, 9408-9417.

68.Ojeda, F., Cáceres, O., Matamoros, E. (1990). Conservación de pastos y forrajes en zonas tropicales. In: Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. Cuba. Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Indio Hatuey. 54.

69.Ørskov, E. R. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feddstuffs. Tropical Animal Production. 5, 3, 195-213

70.Parfitt, J., Barthel, M., Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. Philosophical transactions of the royal society. 365, 3065-3081.

71.Partida, J., Ríos, F., Cruz, L., Buendía, G. (2017). Caracterización de las canales ovinas producidas en México. Revista mexicana de ciencias pecuarias.8, 3, 269-277.

72.Plata, P. (2016). *Caracterización de los sistemas de producción ovina en el área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca* (tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

73.Puebla, S., Rebollar, S., Gómez, G., Hernández, J., Guzmán, E. (2018). Factores determinantes de la oferta regional de carne bovina en México 1994-2013. Región y sociedad. 72, 1-14.

74.Qdais, H., Abdulla, F., Qrenawi, L. (2010).Solid waste Landfills as a source of green energy: Case study of al Akeeder Landfill. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering. 4, 1, 69-74.

75.Rao, P., Rathod, V. (2019). Valorization of food and agricultural waste: a step towards greener future. The chemical record.19, 1858-1871.

76.Reyes, N., Mendieta, B., Fariñas, T.,Mena, M. (2008). Elaboración de microsilos para los ejercicios de descubrimiento y experimentación en fincas. Guía de suplementación alimenticia estratégica para bovinos en época de seca. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua, 63.

77.Rinne, M., Franco, M., Jalava, T., Järvenpää, E., Kahala, M., Blasco, L., Siljander-Rasi, H., Kuoppala, K. (2019). Carrot by-product fermentation quality and aerobic spoilage could be modified with silage additives. Agricultural and food science.28, 59-69.

78.Rodríguez, J. Moreno, S. Hernández, J. Robles, M. Rodríguez, E. (2017). El indicador CASI en la rentabilidad ovina. Revista Mexicana de Agronegocios. 41, 764-777.

79.Rubio, L., Braña, d., Méndez, R., Delgado, E. (2013). Sistemas de producción y calidad de carne bovina. Folleto Técnico No. 18. Ajuchitlán, Colón, Querétaro. México.28.

80.Saavedra, G., Cala, D., Rodríguez, C. (2018). Evaluation of agricultural subproducts submitted to fermentation in a solid state. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. 16, 1, 13-27.

81.Sanchez, L. (2018). Potencial de los forrajes para producer alimentos de calidad. Alcances tecnológicos. 12,1, 49-58.

82.Schader, C., Muller, A., Scialabba, N., Hecht, J., Isensee, A., Heinz, K., Smith, P., Makkar, H., Klocke, P., Leiber, F., Schwegler, P., Stolze, M., Niggli, U. (2015). Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. Royal Society Publishing. 1-12.

83.Schieber, A., Stintzing, F.c., Carle, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds- recent developments. Trends in Food Science &Technology. 12, 401-413.

84.Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. (2015). *Producción Agrícola.* https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119

85.Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. (2019). *Población Ganadera*. https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762?idiom=es

86.Silva, D., Queiroz, A. (2002). Análisis de alimentos: métodos químicos y biológicos. 3a ed. Viçosa UFV, Brasilia, Brasil, 235.

87.Simón, C., Palacios, M., Vargas, J. (2016). Dinámica de la innovación en la producción de hortalizas en Tecamachalco, Puebla. *Esocite*, 3. Obtenido de http://www.esocite2016.esocite.net/resources/anais/9/1472754364_ARQUIVO_CesarSimonCalderon.pdf

88.Soldado, G., Valiño, E., Fernández, L., Viafara, D., Huilca, W., Morocho, E., Ortíz, P., Riofrío, A., Andrade, V. (2017). Efecto de los tiempos de recolección post cosecha de *Daucus carota* sobre la composición química del tubérculo, hojas y tallos como sustrato para ensilaje. Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias. 2, 1, 20-24.

89.Urdaneta, J., Borges, J. (2013). Características organolépticas, fermentativas y nutricionales de silajes mixtos de *Pennsetum spp. hibridum*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 1-7.

90.Vallejo, S. 1995. Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 115.

91.Van Soest, P. J. (1963).Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Journal of the Association of Official Analytical Chemists. 46, 829-835.

92.Vázquez, I., Jaramillo, J., Vargas, S., Torres, G., Pittroff W. (2018) b. Estructura y tipología de las unidades de producción ovinas en el centro de México. Agricultura, sociedad y desarrollo. 15, 1, 85-97.

93.Vázquez, I., Vargas, S., Zaragoza, J., Bustamante, A., Calderón, F., Rojas, J., Casiano, M. (2009). Tipología de explotaciones ovinas en la sierra norte del estado de Puebla. Téc Pecu Méx. 47, 4, 357-369.

94.Vilela, A., Silveira, C., Machado, M., Joice, C., Micaela, R. (2015). Wasted cabbage (Brasssica oleracea) silages treated with different levels of ground and silage inoculant. Revista Brasileira de Zootecnia. 44,8, 296-302.

95.Villamar, A., Segura, M., Barrera, W., Guzmán. V., Domínguez, I. (2000). La producción de carne en México y sus perspectivas 1990-2000. En: Lastra. M. Peralta. A. (Coordinadores de la Publicación). Disponible en: http://www.sagar.gob.mx.

96.Wadhwa, M., Kaushal, S., Bakshi, M. (2006). Nutritive evaluation of vegetable wastes as complete feed for goat bucks. Small Ruminant Research. 64, 279-284.

97.Wang Jian, Chen Lei, Yuan Xian-Jun, Guo Gang, Li Jun-Feng, Bai Yun-Feng, Shao Tao. (2017). Effects of molasses on the fermentation characteristics of mixed silage prepared with rice straw, local vegetable by-products and alfalfa in Southeast China. Journañ of Integrative Agrculture. 16, 3, 664-670.

98.Wilkinson, J. M., Rinne, M. (2017). Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. Grass and forage science. 73, 40-52.

99.Yi, XW., Yang, F., Liu, JX., Wang, Jk. (2015).Effects of replacement of concentrate mixture by Broccoli Byproducts on lactating performance in dairy cows. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS). 28, 1449-1453.