



Revista Politécnica

ISSN: 1900-2351

ISSN: 2256-5353

rpolitecnica@elpoli.edu.co

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Colombia

Gutiérrez-León, Francisco Adolfo; Artos-García,
Richard Bladimir; Portilla-Narvaez, Arnulfo Rigoberto
INFLUENCIA DEL MÉTODO DE SECADO (HORNO CON CONVECCIÓN VS HORNO
MICROONDAS), SOBRE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE DIFERENTES FORRAJES
Revista Politécnica, vol. 19, núm. 37, 2023, Enero-Junio, pp. 111-118
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Medellín, Colombia

DOI: <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n37a8>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=607874723008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

[redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

INFLUENCIA DEL MÉTODO DE SECADO (HORNO CON CONVECCIÓN VS HORNO MICROONDAS), SOBRE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE DIFERENTES FORRAJES

Francisco Adolfo Gutiérrez-León¹, Richard Bladimir Artos-García², Arnulfo Rigoberto Portilla-Narvaez³

¹ MSc, Docente titular, fgutierrez@uce.edu.ec

² Ing, estudiante, rbartos@uce.edu.ec

³ Quím, Técnico docente, arportilla@uce.edu.ec

^{1,2,3} Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Código Postal 170521, Quito, Ecuador

RESUMEN

La alimentación es el costo más importante en la producción animal. El objetivo de esta investigación fue comparar los métodos de secado en diferentes forrajes para la obtención de materia seca, horno con convección de aire (HC) y horno microondas (HM), y su efecto sobre la composición nutricional de cada forraje. Se estudiaron seis forrajes comúnmente utilizados en la producción animal: maíz duro amarillo (MA) (*Zea mays*), pasta de soya (PS) (*Glycine max L.*), rechazo de verde (RV) (*Musa × paradisiaca*), ensilaje de maíz (EM), alfalfa (AL) (*Medicago sativa*) y raigrás perenne (RP) (*Lolium perenne*). Se analizaron 40 muestras de cada forraje, cada forraje fue secado en HC, así como en HM y se estimó el contenido de materia seca (MS), luego se le realizó un análisis bromatológico; Proteína bruta (Pb), extracto etéreo (EE), fibra bruta (Fb) y cenizas. Se utilizaron un análisis de varianza y prueba de Tukey ($p < 0.05$) para determinar diferencias entre medias. Los resultados demuestran que existen diferencias ($p < 0.05$) en el contenido de (MS), siendo el HM quien alcanza un mayor nivel de MS en MA, PS, RV y AL, el RP tuvo valores más altos con el HC mientras que en el EM el contenido de MS no varía con los métodos de secado. Los métodos de secado tuvieron incidencia en la composición química de los forrajes, así por ejemplo de los 6 forrajes analizados en la Pb se observó diferencias en 5, Fb en 3, EE en 1 y cenizas en 4.

Palabras claves: alimentación, ganadería, calidad forrajera

Recibido: 26 de enero de 2023. Aceptado: 17 de febrero de 2023

Received: January 26, 2022. Accepted: February 17, 2023



INFLUENCE OF THE OVEN VS. MICROWAVE DRYING METHOD ON THE NUTRITIONAL COMPOSITION OF DIFFERENT LIVESTOCK FEEDS

ABSTRACT

Livestock feeding is the most important cost in animal production. The objective of this research is to compare the drying methods on different forages for obtaining dried matter, convection oven (CO) and microwave oven (MO), and the effect of each method on the nutritional composition of each forage. Six types of forages, commonly used in animal production, were studied: yellow hard corn (YC) (*Zea mays*), soybean paste (SP) (*Glycine max L.*), banana reject (BR) (*Musa × paradisiaca*), corn silage (CS), alfalfa (AL) (*Medicago sativa*) and perennial ryegrass (PR) (*Lolium perenne*). 40 samples of each forage were analyzed, each forage was dried using CO and MO, and the dried

matter content was estimated, then a bromatological analysis was done. Crude protein (Cp), ethereal extract (EE), crude fiber (Cf) and ashes. A variance analysis and tukey test ($p < 0.05$) were used to determine differences between means. Results show that differences ($p < 0.05$) exist in the content of DM, being that MO reaches the highest level of DM in YC, SP, BR and AL, the PR had higher values with the CO while in the CS the content of DM does not vary with the drying methods. The drying methods had incidence on the chemical composition of forages, for example of the six forages analized in the Cp differences were observed in 5, Cf in 3, EE in 1 and ashes in 4.

Keywords: feeding, livestock, forage quality

Cómo citar este artículo: Gutiérrez-León, F. A., Artos-García, R. B., Portilla-Narvaez A. R. (2023). "Influencia del método de secado (horno con convección vs horno microondas), sobre la composición nutricional de diferentes forrajes" *Revista Politécnica*, 19(37), 111-118. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n37a8>

1. INTRODUCCIÓN

Según la FAO, la alimentación es el costo más alto en la producción animal [1], por lo que, la definición precisa del valor nutritivo de los forrajes se convierte en un aspecto importante [2]. La nutrición en los animales de granja tiene relación con la composición y calidad de sus productos que se destinan a consumo humano [3]

La producción animal se ha intensificado en los últimos años y el mejoramiento genético en los animales ha generado demandas de nutrientes más específicas [6], por lo que optimizar la nutrición animal tiene gran influencia sobre el desarrollo y construcción de ganaderías eficientes [5].

Por lo anteriormente expuesto, la evaluación de los componentes nutricionales de los forrajes es de vital importancia y pone énfasis en determinar las características químicas y físicas [6]. Uno de los principales factores a evaluar es la estimación de la materia seca [MS] para, a partir de ella, estimar el consumo voluntario [7]. La MS es el principal componente por evaluar en nutrición de los animales ya que está compuesta de materia orgánica e inorgánica. Los componentes orgánicos más importantes son: i) los carbohidratos, que son abundantes en los forrajes vegetales; ii) la proteína, que es el principal compuesto nitrogenado en vegetales y animales; y iii) el contenido lipídico, que es variable en los forrajes. La fracción inorgánica está constituida por los minerales [8].

El análisis de los forrajes comienza por la estimación de humedad y MS. El método de referencia más usado es la Horno con convección de aire a convección conocido como gravimétrico, el cual es un método validado y ampliamente difundido en los laboratorios que realizan análisis de forrajes. Sin embargo, el tiempo de secado puede variar entre 24 a 72 horas, dependiendo del forraje, y el equipo puede ser costoso [9]. En contraste, el uso del horno microondas es una tecnología relativamente nueva que permite un secado de muestra en un tiempo menor que fluctúa entre 10 a 20 minutos con la posibilidad de usar electrodomésticos de bajo costo [10].

La variedad de forrajes encontrados en el mercado para la crianza de animales muestra una gran oportunidad de diseñar dietas que satisfagan los requerimientos nutricionales. Sin embargo, el origen y el contenido nutricional es muy fluctuante. Por lo que, encontrar un método de secado rápidos y que no altere la composición nutricional, sería una herramienta útil para tomar decisiones que optimicen la gestión la alimentación y corregir, de ser necesario, desbalances nutricionales. Por lo antes mencionado, el objetivo de esta investigación fue comparar los métodos de secado de forraje para obtención de materia seca por Horno con convección de aire y horno microondas en diferentes forrajes pecuarios, y el efecto de cada método sobre la composición química de cada forraje.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo de junio a diciembre del año 2022, en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agrícolas en la Universidad Central del Ecuador.

Para el estudio se seleccionaron 6 materias primas comúnmente usadas en la alimentación de los animales: maíz amarillo (MA) (*Zea mays*), pasta de soya (PS) (*Glycine max L.*) rechazo de verde (RV) (*Musa × paradisiaca*), ensilaje de maíz (EM), la alfalfa (AL) (*Medicago sativa*) se evaluó en vida media foliar cuando acumula 350 grados día de acuerdo a la temperatura promedio de 16 °C esto ocurre cada 31 días post corte y el raigrás perenne (RP) (*Lolium perenne*) se evaluó en vida media foliar, cuando acumulo 300 grados día de acuerdo a la temperatura promedio de 16 °C esto ocurre cada 25 días post corte . Se analizaron 40 muestras de cada uno de los forrajes, cada muestra se dividió en 2 submuestras para ser sometidas a los métodos secado, horno de secado con convección de aire (HC) y horno microondas (HM).

Para estimar el contenido de MS en el horno microondas se utilizó el método mencionado por [11]. El MA (figura 1), PS (figura 2), Para el MA, PS y EM el peso a secar fue de 25 g, mientras que para el RV se pesó 20 g, en la AL y RP 22 g. El tiempos de secado para el AL y RP fue 30 segundos, mientras que para el RV y EM fue de 60 segundos. El número de veces que fue necesario repetir los tiempos de secado vario dependiendo del tipo de forraje. Por ejemplo, para el secado del MA, PS, AL y RP fue necesario realizar 20 repeticiones, mientras que para RV y EM se requirió 14 y 25 repeticiones respectivamente. Se utilizó un horno microondas con capacidad de 30 L, con una potencia de salida 1000 W, una frecuencia de operación 2450 MHz y se usó la función cocción.

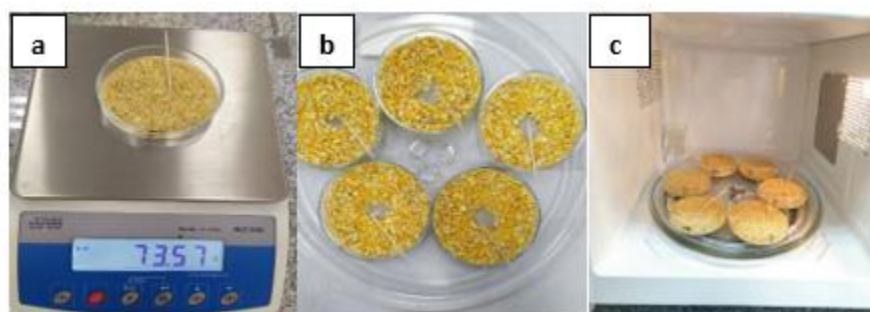


Figura 1. Proceso para determinar porcentaje de MS de maíz amarillo (*Zea mays*) en horno microondas. a] Peso de la muestra. b] Disposición de las muestras en el plato del microondas. c] las muestras en el proceso de secado



Figura 2. Proceso para la obtención de porcentaje de MS de rechazo de verde (*Musa × paradisiaca*) en horno microondas. a] Verde picado en rodajas. b] Pesaje de las muestras. c] Muestras en el microondas. d] Muestras secas.

El método de secado con Horno con convección de aire se lo realizado de acuerdo al método de [12], el cual se basa en el método gravimétrico que consiste en la eliminación de agua a través del uso de calor y ventilación constante. Se secó a una temperatura de 60 °C por 48 horas (figura 3). El

tamaño de muestra a secar fue de 20 g para MA, 21 g para PS, 110 g para RV, 100 g EM, 110 g para AL y RP. La composición química de los forrajes se determinó de acuerdo a la metodología de la AOAC: proteína bruta (Pb), fibra bruta (Fb), extracto (EE) y cenizas [13].

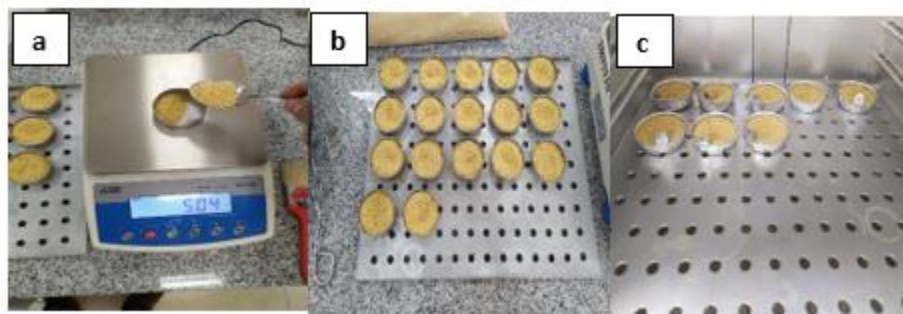


Figura 3 . Proceso para la obtención de porcentaje de MS de pasta de soya (*Glycine max L*) en Horno con convección de aire. a] Pesaje de muestras. b] Muestras listas para ser secadas. c] muestras en el proceso de secado.

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de varianza paramétrica de Tukey ($p < 0,05$), donde cada factor se sometió a un análisis en Diseño Completamente al Azar (DCA). Se realizaron análisis de los supuestos para determinar que se cumpla con la normalidad.

3. RESULTADOS

El método de secado tiene influencia sobre la concentración de MS y se diferencia estadísticas ($p < 0,05$) en los diferentes forrajes (Tabla 1). El HM obtuvo un mayor concentración de MS en los forrajes MA, PS, RV y AL, en el mismo orden 89.6 %, 94.3%, 23.3%, 14.9%; mientras que con HC los valores de MS fueron de 88.0%, 91.3%, 22.7%, 12.7%, respectivamente. Por otro lado, el RP alcanzó valores mayores concentraciones de MS con el HC 12.2 % y con HM 12.1%, mientras que el EM no tuvo diferencias estadísticas ($p > 0,05$) en los métodos de secado.

Respecto al contenido de PB se obtuvo diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en los métodos de secado, el HC tuvo mayores contenidos de PB en PS se registró 46.1 % y en EM 9.7%, con HM los contenidos de PB fueron menores de 45.3% en PS y 9.2% en EM; (Tabla 1), mientras que el HM tuvo mayores contenidos de PB en AL 33.3 % y RP 17.7% los valores registrados fueron menores con HC 31.0% y 16.2% respectivamente. El RV y el MA no vieron alterados sus contenidos de PB por los métodos de secado.

El EE fue poco influenciado por el método de secado. En MA, RV, EM, AL y RP no se observaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$). Únicamente la PS tuvo diferencias estadísticas ($p < 0,05$), las muestras que se secaron en HC tuvieron valores mayores y alcanzaron una concentración de 1.3% y con HM valores de 0.9%.

La FB tuvo diferencias estadísticas ($p < 0,05$). El MA, AL y RP al secarse en HC registraron valores de 1.1%, 16.4% y 22.2%, respectivamente; siendo estos más altos que las muestras secadas en HM en el mismo orden 0.9%, 11.8% y 21.3%. Mientras que PS, RV y EM, no vieron afectados sus valores de FB por el método de secado.

El contenido de cenizas tuvo diferencias estadísticas ($p < 0,05$). Así por ejemplo en el HC los forrajes PS, AL y RP registrando valores de 7.2, 11.2 y 11.8 respectivamente, estos valores son a los que se registraron cuando se secaron en HM en el mismo orden 6.8, 10.5 y 10.9, mientras (Tabla 1). El HM tuvo mayores valores con el RV. Mientras que el MA y EM no fueron influenciados.

Tabla 1. Efecto del método de secado horno de secado con convección de aire (HC) y horno microondas (HM) en el porcentaje de materia seca (MS) y la composición química de diferentes forrajes. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Ausencia de letras indica que no hay diferencias significativas.

Forraje	Método de secado	%						
		MS		PB	EE	FB	Cenizas	
Maíz amarillo (MA) n=40	HM	89,6	A	8,5	3,6	0,9	B	1,1
	HC	88,0	B	8,4	3,6	1,1	A	1,2
	Media	88,8		8,4	3,6	1,0		1,15
	CV	0,45		2,33	6,03	13,11		9,97
	P valor	0,0001		0,5881	0,9486	0,0003		0,4214
Pasta de soya (PS) n=40	HM	94,3	A	45,3	B	0,9	B	2,8
	HC	91,3	B	46,1	A	1,3	A	3,0
	Media	92,8		45,7		1,09		2,9
	CV	0,39		1,74	12,84	7,12		2,32
	P valor	0,0001		0,0188	0,0001	0,0617		0,0001
Rechazo de verde (RV) n=40	HM	23,3	A	3,5	1,1	1,0		5,0
	HC	22,7	B	3,4	1,1	1,0		4,4
	Media	23,03		3,4	1,1	1,0		4,7
	CV	2,22		4,24	9,68	19,85		4,45
	P valor	0,003		0,2115	0,232	0,7436		0,0001
Ensilaje de maíz (EM) n=40	HM	17,6		9,2	B	2,01		34,3
	HC	18,0		9,7	A	2,07		34,7
	Media	17,79		9,4		2,04		34,5
	CV	5,21		3,5	9,97	2,21		3,83
	P valor	0,0689		0,0020	0,214	0,2261		0,1271
Alfalfa (AL) n=40	HM	14,9	A	33,3	A	3,1	B	10,5
	HC	12,7	B	31,0	B	3,1	A	11,2
	Media	13,7		32,1		3,1		10,8
	CV	2,38		3,01	9,83	3,76		3,50
	P valor	0,0001		0,0001	0,818	0,0001		0,0001
Raigrás perenne (RP) n=40	HM	12,1	B	17,7	A	2,0	B	10,9
	HC	12,2	A	16,2	B	2,2	A	11,8
	Media	12,1		16,9		2,1		11,3
	CV	2,52		2,23	12,09	2,63		1,44
	P valor	0,0362		0,0001	0,236	0,0012		0,0001

MS: MS; Pb: proteína Bruta; EE: Extracto etéreo; HM: Horno Microondas; HC: Horno Convección de aire

4. DISCUSIÓN

La temperatura y el tiempo al cual son expuestos los forrajes para estimar su contenido de MS tienen influencia sobre el contenido de compuestos orgánicos, por lo que estos factores a estudiar para mantener intacto la composición química de los forrajes [14]. [15] afirman que se puede utilizar el HM en los análisis de humedad de rutina, reemplazando la técnica del HC que requiere tiempos más largos, sin embargo, los autores aclaran que se debe ajustar el tiempo de exposición y la potencia del microondas. [16] obtuvo datos similares a los de la esta investigación y concluyen que las

determinaciones de MS por el HM y HC fueron similares. [17] ratifica lo anterior y añade que el HM es una técnica precisa para estimar MS y sus datos son muy repetibles. [18] añade que para manejar secar muestras en el HM se debe considerar la potencia y el disminuir el espesor de las muestras, para homogenizar el tamaño de las partículas.

El HM obtuvo un mayor concentración de MS en 4 de los 6 forrajes en la investigación. Según [19] esto se debe a que la energía de microondas tiene la ventaja de una mayor penetración de energía en forrajes con alto contenido de humedad como es el caso del RV en esta investigación. [20] adiciona que, durante el secado por HM, el calor se convierte en energía electromagnética, incrementando la velocidad de secado en comparación con el secado HC, donde el calor se transfiere del exterior al interior. Sin embargo [21] aclaran que puede haber contrastes en el secado de diferentes vegetales, si bien el microondas extrae rápidamente agua en algunos de ellos se puede retener agua en tejidos vegetales.

Los análisis químicos de los forrajes permiten observar que las diferencias por el método de secado son mínimas. Según [22] concluyen que, se tienen valores de secado superiores con HM, y esto se traduce en contenidos mayores de nutrientes en base seca. No obstante [23] menciona que existen efectos nutricionales del HM sobre las proteínas, los lípidos y los minerales son mínimos, siempre que se usen de manera adecuada el microondas. [24] añaden que la exposición de los forrajes al microondas mejoró las características de la proteína, como la solubilidad de la proteína y la digestibilidad.

Si bien el uso del HM en la investigación ha demostrado ser una herramienta que se puede usar con este propósito de estimar MS en forrajes, la potencia y tiempo de exposición mal utilizados pueden alterar el contenido químico de los forrajes. Como lo aseguran [25] al afirmar que incremento de la temperatura, tiene como respuesta una carbonización en la MS. También se pueden observar cambios en los aceites como lo reportan [26] potencia superior a los 900 W de los microondas, pueden inducir a cambio en las estructuras químicas del aceite de chía y pérdidas en los componentes bioactivos. Los carbohidratos sometidos a un mal secado puede mostrar actividades inhibitorias de α -amilasa, lo cual disminuye la disponibilidad [27].

5. CONCLUSIONES.

Con base en los resultados obtenidos en la investigación se puede concluir que los métodos de secado tienen incidencia en la concentración MS, el HM alcanzo mayores % de MS en el maíz amarillo, pasta de soya, rechazo de verde y alfalfa, el HC tuvo mayores niveles de MS con el raigrás perenne, mientras que en el ensilaje de maíz obtuvo similares valores de MS en los dos métodos de secado. El método de secado tuvo incidencia en la composición química de los forrajes, así por ejemplo de los 6 forrajes analizados en la PB se observó diferencias en 5, FB en 3, EE en 1 y cenizas en 4. Finalmente, el HM puede ser utilizado como un método alternativo del HC para estimar el contenido de MS de los forrajes. Sin embargo, puede haber diferencias en las concentraciones de MS y composición nutricional de los forrajes.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador por haber financiado el proyecto de investigación

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FAO, "Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación," *Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación*, 2018. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/nutrition-feeding/es/> (accessed Sep. 28, 2022).
- [2] J. Noblet, "DESARROLLOS RECIENTES Y NUEVAS PERSPECTIVAS EN LA VALORACIÓN DE FORRAJES PARA GANADO PORCINO," *FEDNA*, 2010, Accessed: Sep.

- 27, 2022. [Online]. Available: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/188-10CAP_V.pdf
- [3] D. L. Palmquist, A. Denise Beaulieu, and D. M. Barbano, "Feed and Animal Factors Influencing Milk Fat Composition," *J. Dairy Sci.*, vol. 76, no. 6, pp. 1753–1771, Jun. 1999, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77508-6.
- [4] G. Dryden, *Animal nutrition science*. 2008. doi: 10.1079/9781845934125.0000.
- [5] F. Maroto, A. Gómez Cabrera, J. E. Guerrero Ginel, A. G. Varo, and D. C. Pérez Marín, "LA VALORACIÓN NUTRICIONAL DE LOS FORRAJES PARA ANIMALES: GÉNESIS DE LA INFORMACIÓN," *La valoración Nutr. los Aliment. para Anim. génesis la Inf.*, pp. 51–68, 2011, Accessed: Sep. 28, 2022. [Online]. Available: http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_forrajes/63-coeficientes_2.pdf
- [6] J. Francia, M. Theodorou, R. Lowman, and D. Beever, "Feed Evaluation for Animal Production 1 Feed Evaluation for Animal Production," *CAB Int.*, 2000, [Online]. Available: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20001411195>
- [7] M. N. Méndez, P. Chilibroste, and M. Aguerre, "Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effects of grazing and feeding management," *Animal*, vol. 14, no. 4, pp. 846–853, Jan. 2020, doi: 10.1017/S1751731119002349.
- [8] P. McDonald, R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, and C. A. Morgan, *Nutrición Animal*. Zaragoza, España, 2006.
- [9] H. Fernández, *Análisis químico de los forrajes: métodos clásicos*. Cuba, 2004.
- [10] Cozzolino D, "DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA CON HORNO DE MICROONDAS," *Prod. Anim.*, 2022, Accessed: Sep. 29, 2022. [Online]. Available: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5087/1/Hoja-de-Divulgacion-38.pdf>
- [11] S. Iraira and R. Saldaña, "Determinación de materia seca de forraje y ensilajes a través del uso del microondas," *INIA*, 2003, Accessed: Oct. 03, 2022. [Online]. Available: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/4088>
- [12] AOAC, "AOAC 934.01-1934, ¿Pérdida por secado (humedad) a 95°-100° para forraje," *AOAC international*, 2022. http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=671 (accessed Oct. 03, 2022).
- [13] AOAC, "Official Methods of Analysis of AOAC International," in *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 21st ed., Rockville Mariland, 2019. doi: 10.1093/9780197610138.001.0001.
- [14] S. Pinto, J. Aristizábal, M. González, O. Gutiérrez, and C. Barrera, "Influencia de los parámetros operacionales de carbonización hidrotermal asistida por microondas en la obtención de productos de valor energético: una revisión," *Tecnológicas*, vol. 25, no. 54, pp. e2265–e2265, Sep. 2022, doi: 10.22430/22565337.2265.
- [15] A. M. C. Nirmaan, B. D. Rohitha Prasantha, and B. L. Peiris, "Comparison of microwave drying and oven-drying techniques for moisture determination of three paddy (*Oryza sativa* L.) varieties," *Chem. Biol. Technol. Agric.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, Dec. 2020, doi: 10.1186/s40538-019-0164-1.
- [16] D. M. Donnelly, J. R. R. Dórea, H. Yang, and D. K. Combs, "Technical note: Comparison of dry matter measurements from handheld near-infrared units with oven drying at 60°C for 48 hours and other on-farm methods," *J. Dairy Sci.*, vol. 101, no. 11, pp. 9971–9977, Nov. 2018, doi: 10.3168/jds.2017-14027.
- [17] G. R. Oetzel, F. P. Villalba, W. J. Goodger, and K. V. Nordlund, "A Comparison of On-Farm Methods for Estimating the Dry Matter Content of Feed Ingredients," *J. Dairy Sci.*, vol. 76, no. 1, pp. 293–299, Jan. 1993, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77349-X.
- [18] H. Azimi and S. Hoseini, "Study the effect of microwave power and slices thickness on drying characteristics of potato," *Heat Mass Transf. und Stoffuebertragung*, vol. 55, no. 10, pp. 2921–2930, Oct. 2019, doi: 10.1007/s00231-019-02633-x.
- [19] Z. Cui, S. Xu, and D. Sun, "Microwave-vacuum drying kinetics of carrot slices," *J. Food Eng.*, vol. 65, no. 2, pp. 157–164, 2004, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2004.01.008.
- [20] A. Gowen, N. Abu-Ghannam, J. Frias, and J. Oliveira, "Optimisation of dehydration and rehydration properties of cooked chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing microwave-hot air combination drying," *Trends in Food Science and Technology*, vol. 17, no. 4, pp. 177–

- 183, 2006. doi: 10.1016/j.tifs.2005.11.013.
- [21] X. Lin and D. W. Sun, "Development of a general model for monitoring moisture distribution of four vegetables undergoing microwave-vacuum drying by hyperspectral imaging," *Dry. Technol.*, vol. 40, no. 7, pp. 1478–1492, 2022, doi: 10.1080/07373937.2021.1950171.
- [22] S. Suna, C. Tamer, B. İncedayı, G. Sinir, and Ö. Çopur, "Impact of drying methods on physicochemical and sensory properties of apricot pestil," *Indian J. Tradit. Knowl.*, vol. 13, no. 1, pp. 47–55, 2014, Accessed: Oct. 04, 2022. [Online]. Available: <http://acikerisim.uludag.edu.tr/jspui/handle/11452/28282>
- [23] G. A. Cross, D. Y. Fung, and R. V. Decareau, "The Effect of Microwaves on Nutrient Value of Foods," *C R C Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 16, no. 4, pp. 355–381, 1982, doi: 10.1080/10408398209527340.
- [24] T. Varghese and A. Pare, "Effect of microwave assisted extraction on yield and protein characteristics of soymilk," *J. Food Eng.*, vol. 262, pp. 92–99, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2019.05.020.
- [25] N. Pereira, A. Marsaioli, and L. Ahrné, "Effect of microwave power, air velocity and temperature on the final drying of osmotically dehydrated bananas," *J. Food Eng.*, vol. 81, no. 1, pp. 79–87, Jul. 2007, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.09.025.
- [26] M. Özcan, F. Al-Juhaimi, I. Ahmed, M. Osman, and M. Gassem, "Effect of different microwave power setting on quality of chia seed oil obtained in a cold press," *Food Chem.*, vol. 278, pp. 190–196, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.11.048.
- [27] J. Yan, L. Wu, Z. Qiao, W. Cai, and H. Ma, "Effect of different drying methods on the product quality and bioactive polysaccharides of bitter melon (*Momordica charantia* L.) slices," *Food Chem.*, vol. 271, pp. 588–596, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.08.012.