مقایسه ساختار مولکولی کربوهیدرات در انواع مختلف غلات (جو، ذرت و سورگوم) با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه

حجت قلی زاده[1*]، عباسعلی ناصریان[1]، رضا ولی زاده[1]، عبدالمنصور طهماسبی[1] و پی کوآنگ یو[2]

۱- گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ساسکاچوآن

*Gholizadeh.hojat@gmail.com

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی ساختار مولکولی کربوهیدرات جو، ذرت و سورگوم با استفاده از روش طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه انجام شد. پیک های جذب مولکول کربوهیدرات مطالعه شده در این آزمایش شامل: سطوح پیک جذب ۸۶۰ (کربوهیدرات غیر ساختمانی؛ cm^{-1} ۸۸۰-۸۱۸)، ۹۲۸ (کربوهیدرات غیر ساختمانی؛ cm^{-1} ۹۴۶-۸۸۰)، کربوهیدرات کل (cm^{-1} ۱۱۸۶-۹۴۷)، سطح پیک cm^{-1} ۱۰۱۷ (نشاسته) و ترکیبات سلولزی (کربوهیدرات های ساختمانی؛ cm^{-1} ۱۲۹۱-۱۱۸۶) بود. نتایج به دست آمده نشان داد که ساختار مولکولی کربوهیدرات به لحاظ کربوهیدرات های ساختمانی و غیر ساختمانی تفاوت معنی داری بین غلات داشت. جو بیشترین سطح پیک جذب ۸۶۰ (۰/۳۷)، ۹۲۸ (۰/۴۶) کربوهیدرات کل (۱۹/۲۲)، نشاسته (۹/۳۲) و ترکیبات سلولزی (۰/۲۴) را داشت. سطح پیک جذب کربوهیدرات های ساختمانی و غیر ساختمانی بین ذرت وسورگوم تفاوت معنی داری نداشت (P>۰/۰۵). این تفاوت ها در ساختار مولکولی کربوهیدرات ممکن است هضم و قابلیت دسترسی کربوهیدرات دانه غلات در تغذیه نشخوارکنندگان را تحت تاثیر قرار دهد، لذا مطالعات و آزمایشات بیشتری لازم است تا ارتباط بین ساختار مولکولی کربوهیدرات با مصرف، هضم و قابلیت دسترسی مواد مغذی در تغذیه نشخوارکنندگان بررسی شود.

کلمات کلیدی: ساختار مولکولی کربوهیدرات- غلات- طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه

مقدمه

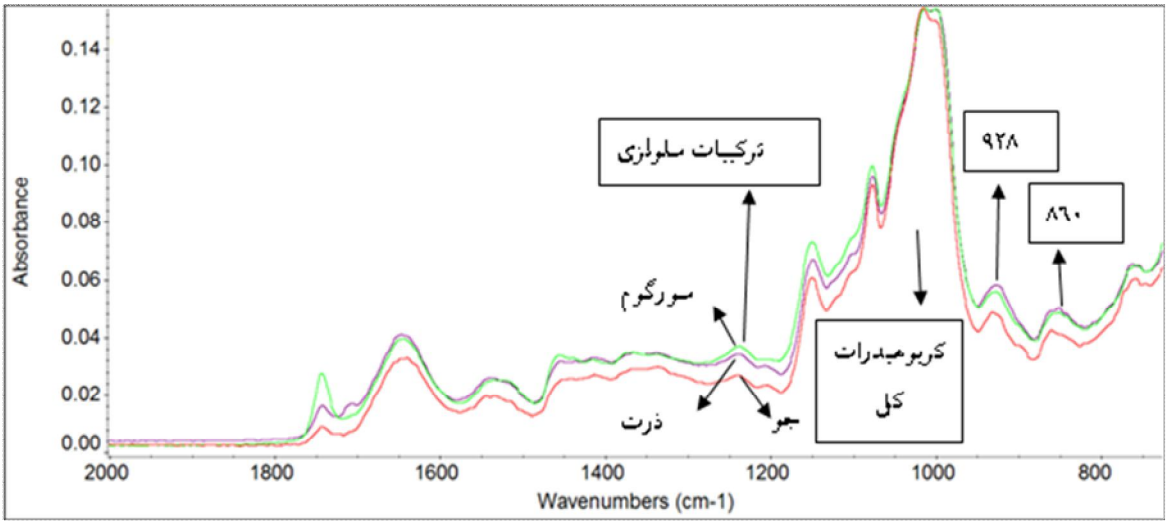
غلات بخش مهمی از جیره غذایی نشخوارکنندگان و حیوانات تک معده‌ای را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی در تامین انرژی و تا اندازه‌ای پروتئین دارند. غلات به طور متوسط ۳۰-۲۵ درصد ماده خشک، ۳۵-۳۰ درصد انرژی، ۲۰-۱۵ درصد پروتئین و ۸۰-۷۰ درصد نشاسته مورد نیاز گاوهای شیرده را تامین می‌کنند. سازمان جهانی خواربار و کشاورزی سازمان ملل، حجم کل تولید غلات در ایران برای سال زراعی ۲۰۱۲ را ۲۰ میلیون تن گزارش کرده است که از این مقدار ۳/۴ و ۲/۴ میلیون تن مربوط به جو و ذرت می-باشد (۱). مطالعات انجام شده نشان دادند که غلات و ارقام درون آنها به لحاظ ترکیب شیمیایی (۲)، بخش های پروتئین و کربوهیدرات(۳و۴)، تجزیه پذیری (۲و۵) و پارامترهای متابولیکی پروتئین (۲و۶) تفاوت معنی داری دارند. اخیراً مطالعات انجام شده به وسیله یو و همکاران (۷-۱۱) نشان دادند که ساختار مولکولی پروتئین و کربوهیدرات بین غلات و ارقام درون غلات تفاوت معنی داری دارد و این تفاوت ها می‌تواند ارزش تغذیه ای، مصرف و خصوصیات هضم یک خوراک را تحت تاثیر قرار دهد. با توجه به اینکه آزمایشات و اطلاعات کمی در رابطه با ساختار مولکولی کربوهیدرات غلات (جو، ذرت و سورگوم) تولید شده در ایران وجود دارد، لذا آزمایش زیر به منظور بررسی و مقایسه ساختار مولکولی کربوهیدرات جو، ذرت و سورگوم با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه ((Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)) انجام شد.

مواد و روش

ارقام جو، ذرت و سورگوم از مرکز تحقیقات کشاورزی کرج تهیه و با الک ۰/۵ میلی متر آسیاب شدند (Retsch ZM200, Rose, Scientific Ltd., Canada). طیف جذب مولکولی ارقام جو، ذرت و سورگوم با استفاده از دستگاه طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه (JASCO FTIR-ATR-4200 JASCO Corporation, Tokyo, Japan) در دامنه ۸۰۰–۴۰۰۰ cm^{-1} گرفته شد. پیک جذب گروه های عاملی کربوهیدرات با استفاده از نرم افزار (OMNIC 7.3 software Spectra Tech, Madison, WI, USA) تعیین شد. گروه های عاملی کربوهیدرات مطالعه شده شامل سطح پیک جذب ۸۶۰ (کربوهیدرات غیر ساختمانی؛ ۸۱۸–۸۸۰ cm^{-1})، ۹۲۸ (کربوهیدرات غیر ساختمانی؛ ۸۸۰–۹۴۶ cm^{-1})، کربوهیدرات کل (۹۴۷–۱۱۸۶ cm^{-1})، پیک جذب ۱۰۱۷ cm^{-1} (نشاسته) و ترکیبات سلولزی (کربوهیدرات ساختمانی؛ ۱۱۸۶–۱۲۹۱ cm^{-1}) بود. داده ها با استفاده از رویه آماری MIXED نرم افزار SAS آنالیز شد. مدل استفاده شده برای آنالیز به صورت طرح کاملا تصادفی بود. میانگین داده ها با استفاده از آزمون توکی مقایسه شدند و سطح معنی داری $P<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. کلیه مراحل آزمایش در دانشگاه ساسکاچوآن کانادا انجام شد.

نتایج و بحث

طیف جذب مولکولی غلات در دامنه ۸۰۰–۲۰۰۰ cm^{-1} و گروه های عاملی مولکول کربوهیدرات مطالعه شده در شکل ۱ نشان داده شده است. پیک های جذب در ناحیه ۸۶۰ cm^{-1} و ۹۲۸ مربوط به کربوهیدرات های غیر ساختمانی هستند و میزان انرژی لازم برای ارتعاش پیوندهای آنها در مقایسه با کربوهیدرات های ساختمانی کمتر می‌باشد. دامنه ۹۵۰–۱۱۸۶ cm^{-1} مربوط به جذب مولکولی کربوهیدرات کل می‌باشد که در این ناحیه سه پیک بزرگ در نواحی تقریبی ۱۰۱۷ cm^{-1}، ۱۰۷۴ و ۱۱۵۲ وجود دارد. با توجه به اینکه بخش عمده آندوسپرم غلات از نشاسته تشکیل شده و نقش مهمی در تامین انرژی دارند، پیک جذبی در ناحیه ۱۰۱۷ cm^{-1}مربوط به نشاسته می‌باشد. پیک جذبی در ناحیه ۱۱۸۶–۱۲۹۱ cm^{-1} مربوط به ارتعاشات پیوندی ترکیبات سلولزی است. پیک های جذب مولکول کربوهیدرات مطالعه شده در این آزمایش با نتایج منتشر شده توسط یو و زانگ مطابقت داشت (۹و۱۰).



شکل ۱. طیف مادون قرمز تبدیل فوریه جو، ذرت و سورگوم در دامنه ۸۰۰–۲۰۰۰ cm^{-1} و پیک های جذب ۸۶۰ و ۹۲۸، کربوهیدرات کل و ترکیبات سلولزی.

آنالیز یک متغیره سطح پیک جذب کربوهیدرات های ساختمانی و غیر ساختمانی در جدول ۱ نشان داده شده است. تفاوت های معنی داری بین غلات به لحاظ ساختار مولکولی کربوهیدرات وجود داشت (P<۰/۰۵). جو بیشترین میزان سطح پیک جذب ۸۶۰ (کربوهیدرات های غیر ساختمانی)، ۹۲۸ (کربوهیدرات های غیر ساختمانی)، کربوهیدرات کل، نشاسته و ترکیبات سلولزی را در مقایسه با ذرت و سورگوم داشت. تفاوت در سطح پیک جذب کربوهیدرات های ساختمانی و غیر ساختمانی بین جو، ذرت و سورگوم به دلیل تفاوت در ارتعاشات کششی پیوندهای C-C، C-H و C-O-H مولکول کربوهیدرات می‌باشد(۱۲). به لحاظ ساختاری نشاسته از دونوع کربوهیدرات به نام آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است. واحدهای گلوکز در آمیلوز به صورت پیوندهای آلفا ۱ به ۴ و در آمیلوپکتین به صورت آلفا ۱ به ۶ قرار گرفتند. تفاوت در محتوای آمیلوز، آمیلوپکتین و نسبت آنها در غلات می‌تواند شکل طیف مادون قرمز در ناحیه جذب کربوهیدرات را تحت تاثیر قرار دهد. غلات نه تنها به لحاظ محتوای نشاسته با یکدیگر تفاوت معنی داری دارند بلکه به لحاظ پلی ساکاریدهای غیر نشاسته ای مانند پنتوزآن ها و بتاگلوکان ها نیز تفاوت معنی داری دارند، لذا بخشی از تفاوت در ساختار مولکولی کربوهیدرات های غیر ساختمانی احتمالاً به دلیل تفاوت در محتوای پلی ساکاریدهای غیر نشاسته ای در غلات می‌باشد. بیشتر بودن سطح پیک جذب ترکیبات سلولزی در جو به دلیل وجود پوسته فیبری در دانه جو می‌باشد. یو وهمکاران(۹) ساختار مولکولی کربوهیدرات گندم و ذرت را مطالعه کردند و گزارش کردند که سطح پیک جذب کربوهیدرات کل و کربوهیدرات غیر ساختمانی تفاوت معنی داری بین گندم و ذرت داشت، اما به لحاظ کربوهیدرات های ساختمانی تفاوت معنی داری نداشتند. زانگ و یو(۱۰) ساختار مولکولی کربوهیدرات در جو و مخلوط جو با فرآورده های فرعی حاصل از تولید اتانول از گندم را بررسی کردند و گزارش کردند که ساختار مولکولی کربوهیدرات تفاوت معنی داری بین جو و مخلوط جو با فرآورده های فرعی داشت. والکر وهمکاران(۱۳) گزارش کردند که ساختار مولکولی پروتئین و کربوهیدرات در جو، ذرت و ارقام مختلف جو تفاوت معنی داری داشت. نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌دهد که ساختار مولکولی کربوهیدرات به لحاظ کربوهیدرات های ساختمانی و غیر ساختمانی بین جو، ذرت و سورگوم تفاوت معنی داری دارد. تفاوت در ساختار مولکولی کربوهیدرات ممکن است هضم و مصرف کربوهیدرات غلات در تغذیه نشخوارکنندگان را تحت تاثیر قرار دهد. مطالعات و آزمایشات بیشتری لازم است تا ارتباط بین ساختار مولکولی کربوهیدرات غلات با ترکیب شیمیایی، بخش های کربوهیدرات، تجزیه پذیری غلات و پارامترهای متابولیکی پروتئین در تغذیه نشخوارکنندگان بررسی شود.

جدول ۱. سطح پیک جذب گروه های عاملی مولکول کربوهیدرات مطالعه شده با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه در جو، ذرت و سورگوم.

گروه های عاملی مولکول کربوهیدرات	غلات			SEM	P
	جو	ذرت	سورگوم		
سطح پیک جذب ۸۶۰	۰/۳۷[a]	۰/۳۳[b]	۰/۲۵[b]	۰/۰۱	۰/۰۱
سطح پیک جذب ۹۲۸	۰/۴۶[a]	۰/۴۰[a]	۰/۲۵[b]	۰/۰۱	<۰/۰۱
سطح پیک کربوهیدرات کل	۱۹/۲۲[a]	۱۲/۷۴[b]	۱۱/۲۳[b]	۰/۵۲	<۰/۰۱
سطح پیک جذب نشاسته	۹/۳۲[a]	۵/۸۴[b]	۵/۰۵[b]	۰/۲۶	<۰/۰۱
سطح پیک ترکیبات سلولزی	۰/۲۴[a]	۰/۲۱[b]	۰/۱۷[C]	۰/۰۱	<۰/۰۱

SEM= میانگین خطای استاندارد

منابع

1. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012; Available from: http://www.faostat.fao.org./

2. NRC, Nutrient Requirements of Dairy Cattle, Seventh Revised ed. 2001: The National Academies Press.

3. Lanzas, C., C. J. Sniffen., S. Seo., L. O. Tedeschi and D. G. Fox. 2007. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. Animal Feed Science and Technology. 136: 167-190.

4. Sniffen, C. J., J. D. O'connor., P. J. Van Doest., D. G. Fox and J. B. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science. 70: 3562.

5. Nocek, J.E. 1998. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. Journal of Dairy Science. 71: 2051-2069.

6. Tamminga, S., W. M. Van Straalen., A. P. J. Subnel., R. G. M. Meijer., A. Steg., C. J. G. Wever and M. C. Blok. 1994. The Dutch protein evaluation system: the DVE/OEB-system. Livestock Production Science. 40: 139-155.

7. Yu, P. 2012.Study of barley grain molecular structure for ruminants using DRIFT, FTIR-ATR and Synchrotron Radiation Infrared Microspectroscopy (SR-IMS): A Review. Journal of Physics: 359: 012008.

8. Yu, P. 2007. Molecular chemical structure of barley proteins revealed by ultra-spatially resolved synchrotron light sourced FTIR microspectroscopy: Comparison of barley varieties. Biopolymers. 85: 308-317.

9. Yu, P., A. Azarfar and Z. Niu. 2011. Detecting molecular features of spectera mainly associated with structural and non-structural carbohydrates in co-products from bioethanol production using DRIFT with uni and multivariate molecular spectral analysis. International Journal of Molecular Sciences. 12: 1921-1935.

10. Zhang, X. and P. Yu. 2012. Relationship of carbohydrate molecular spectroscopic features in combined feeds to carbohydrate utilization and availability in ruminants. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy.92: 225-233.

11. Yu, P. and W.G. Nuez-Ortin. 2010. Relationship of protein molecular structure to metabolisable proteins in different types of dried distillers grains with solubles: a novel approach. The British journal of nutrition. 104: 1429-37.

12. Yu, P., C. R. Chreistensen., D. A. Christensen and J. J. Mckinnon. 2005. Ultrastructural-chemical makeup of yellow-(Brassica Rapa) and brown-seeded (Brassica Napus) canola within cellular dimensions, explored with synchrotron reflection FTIR microspectroscopy. Canadian Journal Plant Science. 85: 533-541.

13. Walker, A.M., P. Yu., C. R. Christensen., D. A. Christensen and J. J. Mckinnon. 2009. Fourier transform infrared microspectroscopic analysis of the effects of cereal type and variety within a type of grain on structural makeup in relation to rumen degradation kinetics. Journal of agricultural and food chemistry. 57:6871-8.

Comparison of carbohydrate molecular structure in different types of cereal grains (barley, corn and sorghum) using Fourier Transform Infrared Spectroscopy

Hojjat Gholizadeh[1*], Abbas Ali Naserian[1], Reza Valizadeh[1], Abdol Mansour Tahmasbi[1] and Peiqiang Yu[2]

1- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2- Department of Animal Science College of Agriculture, University of Saskatchewan

* Corresponding E-mail address: Gholizadeh.hojat@gmail.com

Abstract

This study was carried out to investigate the carbohydrate molecular structure of barley, corn and sorghum grains using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Molecular spectral peak bands assessed in this study included: peak area 860 (non-structural carbohydrates; 818-880 cm^{-1}), peak area 928 (non structural carbohydrates; 880-946 cm^{-1}), peak area total carbohydrate (947-1186 cm^{-1}), peak area 1017 cm^{-1} (starch), and cellulosic compounds (structural carbohydrates; 1186-1291 cm^{-1}). Results showed that the carbohydrate molecular structures in terms of structural carbohydrates and non-structural carbohydrates significantly differed between cereal grains. Barley had the greatest peak area 860 (0.37), 928 (0.46), total carbohydrate (19.22), starch (9.32) and cellulosic compounds (0.24). The peak area of structural carbohydrates and non-structural carbohydrates did not differ between corn and sorghum ($P>0.05$). These differences in carbihydrate molecular structure may impact the carbohydrate digestion and utilization of cereal grains in ruminant nutrition. Further study needed to investigate the relationship of carbohydrate molecular structure with intake, digestion and availability of nutrients in ruminant nutrition.

Keywords: Carbohydrate molecular structure- cereal grains- FTIR