

The effect of adding surfactants on appearance specification and nutrients content of processed corn grain using steam-flaked technique

Farzaneh Mohammad¹, Mohsen Danesh Mesgaran^{2*}, Alireza Vakili², Abdolmansour Tahmasebi², Mohammad Reza Hossein Dokht³

1-PhD. Candidate of Animal Science, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2-Professor, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

3-Professor, Chemistry Department, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

danesh@um.ac.ir

DOI: 10.22067/ijasr.2023.84688.1175

Introduction Corn grain is one of the main sources of energy in the dairy cow diets; about 70% of corn's weight is due to starch. The starch granule is the basic unit of starch in corn endosperm and is a part of the starch–protein matrix. Its digestibility is influenced by the starch–protein matrix, granule morphology and size, as well as the degree of granule crystallinity and extent of granule damage. Cereal starch digestibility in ruminants is improved by an average of 10% by the application of heat, moisture and pressure during the steam flaking process. Depending on the processing method, the digestion site shifts from the rumen to the intestine, which is a significant factor in determining the rate of nutrient absorption that influences animal performance. Surface-active, foam-forming properties can increase water penetration and, consequently, the digestibility of processed grain. The most significant physicochemical property of surfactants is their ability to reduce surface tension, which is known as their interface activity. Low surface tension in rumen fluid may expedite food absorption and digestion. The main aim of this study was to evaluate the effect of various surfactants on nutrients content and appearance specification of steam-flaked corn grain.

Materials and methods In the present study, a steamed-flaked (SF) method was applied to processed corn grains. During the steaming, grains did not treated with the surfactants (CON) or treated with 1% Tween 80 (TW80), 1% sodium dodecyl sulfate (SD), 1% Alum (AL), and 1% extract of *Laurus nobilis* (LN) as surfactants. The ethanolic extract of *Laurus nobilis* (Ln) was provided by dissolving 100 g of dried and ground Ln in 500 mL of 96% v/v ethanol/water and shaking for 72 hours, then, the plant extract was prepared using evaporating method. Non-treated or treated corn grains were then steamed for approximately 35 minutes at 96 °C. Scanning electron microscopy (SEM) to achieve the best scanning quality of starch granule structure and surface in processed corn grain with the surfactants through steam-flaked were taken. The samples were assayed at 25 kV accelerating voltage and 2500x magnification. Physical properties (Giger-Reverdin, 2000) and chemical composition (AOAC, 2012) were then examined. The Robertson and Eastwood, (1998) method was used to calculate water holding capacity. According to Aghajani et al. (2012), the grain density was calculated as the ratio of the grain's mass to the sample's particle volume. Crude protein and carbohydrate fractionations were carried out (Higgs et al., 2015). Protein fractions reported as NH3 (A1), soluble protein (A2), insoluble true protein (B1), fiber-bound protein (B2) and indigestible protein (C). Carbohydrates were divided into five fractions including A4 (water soluble carbohydrates or sugar), B1 (starch), B2 (soluble fiber), B3 (digestible fiber), and CC (ingestible fiber).

Results and discussion Scanning electron microscopy (SEM) analysis displayed that the processed corn grain using surfactants had larger surface starch granules than the SFC. All physical properties of the processed corn grain were significantly influenced by the chemically

and physically procedures applied ($P < 0.05$). The highest bulk density was shown in LN ($P < 0.05$). Flaked corn grain treated with Tween 80 (TW80) had significantly ($P < 0.05$) higher volume compared with those of the others. The CP content of LN was higher than those of SD, TW80 and AL. Furthermore, the NDF content in SD was higher than that of LN and AL ($P < 0.05$). The total carbohydrates, non-fiber carbohydrates, digestible fiber and Indigestible fiber fractions of the processed corn grain were affected by the surfactant ($P < 0.05$). The total carbohydrates and non-fiber carbohydrates fractions in LN were lower than that of the TW80, SD and AL. Digestible fiber and Indigestible fiber fractions were greater ($P < 0.05$) in AL than SD.

Conclusion All processed grains showed a different starch granule structure and surface compared with that of CON. Our findings illustrated that treating corn grain with the surfactants, applied in the present study during the steaming, improved the physically and chemically properties of the grain. Various alterations in carbohydrate fractions were traced in processed corn grain with the surfactants through steam-flaked procedure. The grain treated with extract of *Laurus nobilis* illustrated a reduction in both non fiber carbohydrates and soluble fiber concentration.

Keywords: Surfactant, Steamed, Tween 80, Bulk density, Carbohydrate.

اثر مواد فعال سطحی (سورفاکتانت ها) بر ویژگی های ظاهری و غلظت مواد مغذی دانه ذرت

فرآوری شده با روش بخارپز-پولکی

فرزانه محمدی^۱، محسن دانش مسگران^{۲*}، سیدعلیرضا وکیلی^۲، عبدالمنصور طهماسبی^۲ و محمدرضا حسین دخت^۳

- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
- استاد، گروه شیمی، دانشکده علوم؛ گروه شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

danesh@um.ac.ir

DOI: 10.22067/ijasr.2023.84688.1175

چکیده

در این آزمایش از روش بخارپز-پولکی (SF) برای فرآوری دانه ذرت با استفاده از بخار اشباع در دمای ۹۶ درجه سلسیوس به مدت ۵۰ دقیقه استفاده شد. در مرحله پخت از مواد فعال سطحی (سورفاکتانتها) شیمیایی یا گیاهی استفاده شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: دانه های ذرت پولکی خام (CON)، دانه های ذرت پولکی عمل آوری شده با توئین ۸۰ (TW80)، دانه های ذرت پولکی عمل آوری شده با آلوم (AL)، دانه های ذرت پولکی عمل آوری شده با سدیم دودسیل سولفات (SD) و دانه های ذرت پولکی عمل آوری شده با عصاره برگ گیاه برگ بو (LN). با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) شکل ظاهری ریز ذرات نشاسته در دانه های بخارپز و پخارپز-پولکی شده مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این، ویژگی های فیزیکی، غلظت مواد مغذی، بخش های پروتئین و کربوهیدرات نیز تعیین شد. ویژگی های فیزیکی شامل جرم توده ای، ظرفیت نگهداری آب، حجم و جرم حجمی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند.

جرم توده‌ای و ظرفیت نگهداری آب در LN به طور معنی داری بیشتر از AL و SD بود. دانه های فرآوری شده با توئین ۸۰ به طور معنی داری حجم بیشتری در مقایسه با سایر دانه های پولکی داشتند. همچنین مقایسات مستقل LN در مقابل SD و AL نشان داد که استفاده از LN باعث کاهش معنی داری حجم در دانه های ذرت شد. غلظت چربی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی دانه ذرت پولکی به طور معنی داری تحت تأثیر استفاده از سورفاکتانت‌ها قرار گرفت. غلظت پروتئین خام در LN به طور معنی داری بیشتر از AL و SD بود. مقایسه مستقل SD و AL نشان داد که استفاده از AL باعث افزایش معنی دار غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی دانه‌های عمل آوری می شود. غلظت بخش‌های مجموع کربوهیدرات‌ها، کربوهیدرات‌های غیرالیافی، الیاف قابل هضم و الیاف غیرقابل هضم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. غلظت مجموع کربوهیدرات‌ها و کربوهیدرات‌های غیرالیافی در LN به طور معنی داری کمتر از سایر دانه های عمل آوری شده بود. غلظت الیاف قابل هضم و غیرقابل هضم AL بیشتر از SD بود. به طور کل، نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از سورفاکتانت‌ها در مرحله پخت با بخار در روش فرآوری بخارپز-پولکی موجب تغییر بهینه ویژگی‌های فیزیکی، شکل ظاهری ریز ذرات نشاسته و غلظت بخش‌های کربوهیدرات دانه ذرت می شود.

واژه های کلیدی: سورفاکتانت، بخارپز، توئین ۸۰، جرم توده‌ای و کربوهیدرات

مقدمه

دانه‌های غلات، به لحاظ تراکم انرژی قابل استفاده در نشخوارکنندگان، همواره مورد توجه تولیدکنندگان شیر و گوشت بوده است. در بین دانه های غلات، دانه ذرت به لحاظ تراکم انرژی قابل متابولیسم از اهمیت ویژه ای برخوردار است (Wulff *et al.*, 2020). مواد مغذی دانه ذرت با اتصالاتی از نوع فیزیکی یا شیمیایی با هم در ارتباط هستند و میزان دسترسی به این مواد مغذی است که تعیین کننده ارزش غذایی دانه در هر گونه حیوانی است (Wulff *et al.*, 2020). بنابراین ساختار نشاسته، به عنوان عامل درونی، و فرآوری دانه، به عنوان عامل بیرونی، از مهم ترین عواملی هستند که قابلیت استفاده از مواد مغذی و انرژی را در دانه ذرت تحت تأثیر قرار می دهند (Li *et al.*, 2014). به عنوان مثال، ماتریکس پروتئینی که در اطراف ریز ذرات نشاسته دانه ذرت قرار دارد فراتر از ویژگی خود نشاسته (اندازه ریزدانه ها و ترکیب نشاسته) بر میزان گوارش پذیری آن اثرگذار است (Allen *et al.*, 2008). لذا، به منظور استفاده بهینه از مواد مغذی دانه ذرت (به ویژه نشاسته) در حال حاضر از روش‌های فراوری شیمیایی و فیزیکی متفاوتی استفاده می شود (Schiff *et al.*, 2023). یکی از مهمترین روش‌های متداول، استفاده از بخار اشباع برای پخت دانه همراه با پولکی کردن دانه پخت شده است (Steam Flaked). این فرآوری باعث افزایش سطح ریز ذرات نشاسته قابل دسترس برای اتصال و تجمع میکروارگانیزم های شکمبه می شود، و همچنین نرخ و میزان گوارش پذیری نشاسته را نیز تحت تأثیر قرار می دهد (Xu *et al.*, 2019). تغییر شکل ظاهری ریز ذرات نشاسته از دیگر عوامل مهمی است که در نتیجه فرآوری بخارپز-پولکی اتفاق می افتد، و می تواند محل گوارش نشاسته را از شکمبه به روده تغییر داده و در نتیجه افزایش هضم روده ای را منجر شود. این تغییر در محل هضم موجب افزایش جذب گلوکز از دیواره روده باریک می گردد، که این خود می تواند بر عملکرد تولیدی حیوان نیز اثر مثبت بگذارد (Safaei and Yang., 2017). اما در فرآوری دانه غلات با روش بخارپز-پولکی نیاز به مصرف انرژی به ویژه برای تولید بخار است (Kokić *et al.*, 2022). لذا کاهش زمان پخت دانه با بخار می تواند یکی از عوامل مهم و تأثیر گذار در بهره وری از انرژی در این روش فرآوری باشد (Song *et al.*, 2017). بدین منظور تلاشهایی برای افزایش نرخ جذب بخار و کاهش زمان پخت با استفاده از پخت تحت فشار (Xu

[\(et al., 2019\)](#) و یا استفاده از ترکیبات با ویژگی مواد فعال سطحی (سورفاکتانت ها) در مرحله پخت با بخار ([Song et al., 2017](#)) صورت گرفته است. سورفاکتانت‌ها مولکول‌های دوگانه با سر آبدوست و دم آبریز هستند که در غلظت کم باعث کاهش کشش سطحی (تنش) به مقدار چشمگیری می‌شوند ([Hristov, et al., 2007](#)). گروه‌های آبریز غالباً از یک زنجیره هیدروکربنی طولانی تشکیل شده‌اند و گروه آبدوست دارای یک گروه یونی و یا قطبی است ([Anvari et al., 2015](#)). سورفاکتانت‌ها به دو گروه سنتزی و زیستی طبقه‌بندی می‌شوند. سورفاکتانت‌های سنتزی براساس ساختار مولکولی به ۴ دسته غیریونی، آنیونی، کاتیونی و آمفوتری تقسیم می‌شوند، که همگی آن‌ها منجر به کاهش سطحی و نیز بین سطحی می‌گردند. سورفاکتانت‌های زیستی عموماً متابولیت‌های ثانویه گیاهان هستند ([Ingle et al., 2020](#)). تاکنون مطالعات محدودی از نظر تأثیر سورفاکتانت‌ها در هنگام فرآوری بخارپز-پولکی دانه غلات انجام شده است ([Xu et al., 2019](#)). نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که سورفاکتانت‌ها در فرآوری دانه غلات باعث کاهش کشش سطحی آب و نفوذ بهتر آن به درون دانه و در نتیجه یکنواختی پراکنش رطوبت و همچنین کاهش زمان پخت می‌شوند ([Bell and Labuza., 2000](#)). مهمترین تأثیر سورفاکتانت‌ها در روش پخت رطوبتی، افزایش پتانسیل دانه پخت شده به لحاظ ظرفیت نگهداری آب است ([Hristov et al., 2007](#)). توئین ۸۰ از جمله مواد فعال سطحی غیریونی است که در فرآوری منابع خوراک دام استفاده می‌شود، و منجر به بهبود هضم آنها نیز می‌شود ([Goto et al., 2003](#)). علاوه بر این، سورفاکتانت‌های غیریونی (توئین ۸۰) می‌توانند نفوذپذیری سلولی میکروارگانیسم‌های شکمبه را تغییر داده و به تبع آن تولید آنزیم توسط آن‌ها را نیز تحریک نماید ([Lee et al., 2003](#)), زیرا رشد باکتری‌ها و فعالیت شان در شکمبه به کشش سطحی مایع شکمبه ارتباط دارد ([Tang et al., 2021; Liu et al., 2013](#)). هدف این آزمایش استفاده از سورفاکتانت‌های شیمیایی و یا آلی قابل دسترس در مقایسه با یک سورفاکتانت سنتتیک (توئین ۸۰) به منظور افزایش بهره‌وری عمل‌آوری بخارپز-پولکی دانه ذرت (نوع معمولی) از طریق بررسی ویژگی‌های ظاهری ریز ذرات نشاسته، ویژگی‌های فیزیکی، غلظت مواد مغذی، بخش بندی پروتئین و کربوهیدرات‌های آن بود. اهمیت این بررسی تبیین ایجاد تغییرات فیزیکی در دانه با حفظ ظرفیت مواد مغذی، عدم تغییر در غلظت زیرمجموعه‌های پروتئین دار و همچنین افزایش غلظت زیرمجموعه‌های کربوهیدرات‌ها با پتانسیل هضم بهتر در دانه ذرت است.

مواد و روش

دانه ذرت و سورفاکتانت

در این آزمایش از ذرت نوع معمولی با درصد ماده خشک معادل ۹۳۰ (گرم نسبت به ماده خشک) و پروتئین خام معادل ۸۸/۹، لیاف نامحلول در شوینده خنثی معادل ۱۰۱/۹، لیاف نامحلول در شوینده اسیدی معادل ۴۳/۷ و نشاسته معادل ۷۰۲/۳ براساس گرم در کیلوگرم ماده خشک استفاده گردید. در این پژوهش از سورفاکتانت متفاوت سنتتیک، شیمیایی و یا آلی استفاده شد. سورفاکتانت سنتتیک توئین ۸۰ (Merck KGaA 64271 Darmstadt, TW80)، و سورفاکتانت‌های سدیم دودسیل سولفات (Merck KGaA 64271 Darmstadt, SD) و آلوم یا زاج سفید با فرمول شیمیایی ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, AL) به عنوان سورفاکتانت‌های غیرآلی و از عصاره برگ گیاه برگ بو (LN) به عنوان سورفاکتانت آلی استفاده شد. برای تهیه عصاره برگ گیاه برگ بو، به ۱۰۰ گرم برگ آسیاب شده مقدار ۵۰۰ میلی لیتر محلول حاوی آب دو بار تقطیر و اتانول ۹۶ درصد (نسبت ۴ به ۱) اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق بر روی دستگاه همزن (GFL, Orbital shaker 3005) قرار داده شد. سپس با استفاده از کاغذ صافی (واتمن

شماره ۱) بخش محلول از مخلوط تهیه شده، جدا گردید. محلول به دست آمده با استفاده از دستگاه چرخنده تبخیر (Rotary evaporators LABOROTA4000) تغلیظ شد و محصول عاری از الکل به عنوان عصاره در فراوری دانه ذرت مورد استفاده قرار گرفت.

روش عمل آوری دانه ذرت

پس از قرار گرفتن دانه های خام ذرت در مخزن پخت با بخار، مرحله پخت بدون استفاده از سورفاکتانت ها و یا با استفاده از آنها انجام شد. در این مرحله از سورفاکتانت ها به میزان یک درصد وزن دانه استفاده شد. دانه های ذرت بدون سورفاکتانت ها و یا با مواد فعال سطحی به مدت ۵۰ دقیقه مورد پخت با بخار قرار گرفتند (بخار اشباع و دمای ۹۶ درجه ساسیوس، فشار یک اتمسفر). دانه ها پس از خروج از محفظه پخت با بخار، بلافاصله به دستگاه فلیکر منتقل و پولکی شدند (SF). تیمارهای آزمایشی شامل: دانه ذرت پولکی خام (CON)، دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با توئین ۸۰ (TW80)، دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با آلوم (AL)، دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با سدیم دودسیل سولفات (SD) و دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با عصاره گیاه برگ بو (LN) بود.

بررسی ریز ذرات نشاسته با میکروسکوپ الکترونی

تصاویر مربوط به ریز ذرات نشاسته و ماتریکس پروتئینی دانه های ذرت فراوری شده در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد و توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی (LEO 1450 VP, USA) تهیه شد. دانه ها در بهترین سطح خود با استفاده از نیتروژن مایع به دو قسمت تقسیم و با لایه ای از طلا-پالادیوم پوشش داده شدند. تصویر برداری در ولتاژ ۲۵ کیلو ولت و بزرگنمایی ۲۵۰۰ انجام شد. در موارد ارزیابی با میکروسکوپ الکترونی برای رویت بهتر تغییرات استثنا هم پس از مرحله پخت و هم پس از پولکی شدن نمونه ها بررسی شدند.

تعیین ویژگیهای فیزیکی و ترکیب مواد مغذی

ویژگیهای فیزیکی شامل جرم توده ای، ظرفیت نگهداری آب، جرم حجمی و حجم دانه خام و یا دانه های فراوری شده مورد بررسی قرار گرفت (Reynolds et al., 2000). جرم توده ای^۱ معادل با وزن نمونه در حجم است. به این منظور یک استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتری با قطر داخلی ۲/۵ سانتیمتر، تا ۵۰ میلی لیتر با نمونه پر و برای ۱۵ ثانیه تکان داده شد. سپس مقدار نمونه تا پر شدن استوانه و رسیدن به حجم ۱۰۰ میلی لیتر اضافه شد. وزن استوانه پر شده از نمونه ثبت و تفاضل آن از استوانه خالی معادل وزن نمونه در نظر گرفته شد (Giger-Reverdin., 2000).

برای تعیین ظرفیت نگهداری آب^۲ از روش رابرتسون و ایست وود^۳ (۱۹۹۸) استفاده شد. بدین منظور ۲/۵ گرم نمونه به مدت ۲۴ ساعت در ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر خیسانیده شد سپس نمونه ها با کروزه مشبک با قطر ۲ صاف شدند و بعد از ۱۰ دقیقه وزن کشی شدند (Robertson and Eastwood., 1981).

برای اندازه گیری حجم و جرم حجمی^۴ از پیکنومتر و تولوئن استفاده شد (Reynolds et al., 2000). مقدار کافی از نمونه را درون پیکنومتر قرار داده و وزن کشی شد (به اندازه یک سوم حجم پیکنومتر). بقیه حجم پیکنومتر با تولوئن پر

¹ Bulk density

² Water holding capacity

³ Robertson and Eastwood

⁴ Density

شد. هوای محبوس شده درون خلل و فرج دانه ها داخل پیکنومتر توسط پمپ خلا خارج شد و پر کردن بخش خالی پیکنومتر با تولوئن انجام شد (Aghajani et al., 2012).

$$\rho = \frac{Mps - Mp}{vp} \quad \text{و} \quad V = \frac{Mtd}{\rho td} = \frac{(Mt - Mp) - (Mpts - Mps)}{\rho t}$$

وزن نمونه و پیکنومتر (Mps)، وزن پیکنومتر نمونه و تولوئن (Mpts)، وزن پیکنومتر خشک خالی (Mp)، وزن پیکنومتر پر شده با تولوئن (Mt)، دانسیته (ρt)

برای تعیین ماده خشک نمونه‌ها از آن تحت خلا و دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت استفاده شد. برای تعیین غلظت مواد مغذی میزان پروتئین خام براساس انجمن رسمی شیمی دانان کشاورزی (۲۰۰۵)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی براساس روش ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) و خاکستر براساس انجمن رسمی شیمی دانان کشاورزی (۲۰۰۵) انجام شد (Van soest et al., 1991; AOAC., 2012).

برای اندازه گیری نشاسته نمونه های دانه ذرت بر اساس روش رز و همکاران (۱۹۹۱) و با استفاده از پرکلریک اسید و معرف انترن استفاده شد. مقدار آمیلوز و آمیلوپکتین نمونه های دانه ذرت بر اساس روش هو و همکاران (۲۰۱۰) تعیین شد (Rose et al., 1991, Hu and Yang., 2010).

در این پژوهش بخش بندی پروتئین و کربوهیدرات نمونه های آزمایشی بر اساس رویه سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل (CNCPS) ویرایش ۶/۵ انجام شد (Higgs et al., 2015). مواد آزمایشی و حلال های مورد استفاده جهت تعیین بخش های محلول و غیر محلول پروتئین و کربوهیدرات ها بر اساس دستورالعمل های ارائه شده توسط هیگز و همکاران (۲۰۱۵) تهیه شد. در این روش پروتئین خام به ۵ بخش تقسیم شد. آمونیاک معادل پروتئین (A1)، پروتئین حقیقی محلول (A2)، پروتئین حقیقی نامحلول (B1)، پروتئین متصل به الیاف (B2) و پروتئین غیر قابل هضم (C) تقسیم شدند. کربوهیدرات های موجود در نمونه های آزمایشی نیز به بخش های کربوهیدرات های کل (CHO)، کربوهیدرات های غیر الیافی (NFC)، کربوهیدرات های محلول در آب (A4)، نشاسته (B1)، الیاف محلول (B2)، الیاف قابل هضم (B3) و الیاف غیر قابل هضم (CC)، بخش بندی شدند. چون نمونه های مورد آزمایش فاقد اسیدهای چرب و سایر اسیدهای آلی بودند، لذا در این بخش بندی لحاظ نشدند (Higgs et al., 2015).

تجزیه آماری:

داده های بدست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM و با استفاده از نرم افزار آماری SAS ویرایش 9.4 مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مدل ریاضی طرح آماری استفاده شده عبارت بودند از: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ که Y_{ij} = متغیر وابسته، μ = اثر ثابت میانگین، T_i = اثر تیمار و e_{ij} = خطای آزمایش است. برای مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن استفاده شد. تفاوت بین میانگین ها در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد بعنوان معنی داری گزارش شد. جهت تعیین اثرات مربوط به سورفاکتانت های گیاهی و شیمیایی مقایسات مستقل میانگین ها بین آنها انجام شد.

نتایج و بحث

تصاویر مربوط به میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) با بزرگنمایی ۲۵۰۰ برای دانه ذرت بخارپز و بخارپز-پولکی شده در شکل ۱ نشان داده شده است. نسبت انواع ریز دانه‌های نشاسته برای دانه ذرت بخارپز و بخارپز-پولکی شده در جدول ۱ آمده است. ریزدانه‌های نشاسته در دانه ذرت خام از ویژگی‌های مورفولوژیکی (شکل و اندازه) منطبق بر تیپ عمده نشاسته دانه ذرت معمولی برخوردار بود (Butrim et al., 2009). ریز ذرات نشاسته در دانه‌های بخارپز و یا بخارپز-پولکی شده کاملاً تحت تاثیر روش عمل آوری فیزیکی دانه قرار گرفت. تغییرات به وجود آمده به لحاظ روش انجام شده از یکدیگر متفاوت بود (Kokić et al., 2022). تصاویر نشان داده شده در شکل ۱ به وضوح بیانگر ایجاد حفره و زاویه در ریز ذرات نشاسته پس از پولکی کردن آنها است (Zinn et al., 2002). از سوی دیگر این حفره‌ها و زوایای ایجاد شده کاملاً تحت تاثیر نوع سورفاکتانت قرار گرفت. براساس اطلاعات نویسندگان این مقاله، این تصاویر در ارتباط با استفاده از سورفاکتانت‌ها در فراوری پخت بخارپز-پولکی دانه ذرت برای اولین بار در منابع علمی منتشر می‌شود، که بدین لحاظ حائز اهمیت است. براساس تطبیق تصاویر نسبت به یکدیگر در روش بخارپز اندازه ریز ذرات نشاسته به طور معمول بیشتر از ذرت بدون فراوری و از سوی دیگر استفاده از سورفاکتانت‌ها همراه با پولکی کردن موجب درهم گسیختگی گرانول‌های نشاسته و همچنین شکل ظاهری آنها گردید و تفاوت بین ریز ذرات نشاسته پس از پولکی کردن با ریز ذرات بخارپز بیانگر تخریب برخی از ریز ذرات و همچنین رشته‌های تنیده شده در بین ریز ذرات بود (Azizi and Rao., 2004). کولیک و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که روش پولکی کردن پس از پخت حرارتی باعث درهم گسیختگی و تغییر شکل ظاهری و آرایش ریز ذرات نشاسته در دانه ذرت می‌شود. هرچند که برخی از دانه‌ها همچنان از پایداری شکلی پس از عمل آوری برخوردار بودند. نتایج آزمایش حاضر بیانگر این واقعیت است که در اثر استفاده از سورفاکتانت‌ها حجم ریزدانه‌های نشاسته و فاصله بین آنها نیز افزایش می‌یابد (جدول ۱). هرچند که نیاز به پژوهش‌های بیشتری در خصوص علت این پدیده مورد نیاز است.

ویژگی‌های فیزیکی دانه خام ذرت و دانه‌های فراوری شده با استفاده از سورفاکتانت‌های شیمیایی و یا آلی در روش بخارپز-پولکی در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. نتایج این آزمایش نشان داد که تمامی ویژگی‌های فیزیکی دانه‌های عمل آوری شده تحت تاثیر نوع سورفاکتانت به کار برده شده قرار گرفت ($P < 0.05$). کمترین جرم توده ای در SD در مقایسه با سایر عمل‌آوری‌ها مشاهده شد. مقایسات مستقل نشان داد که دانه‌های ذرت عمل آوری شده با عصاره برگ گیاه برگ بو نسبت به سدیم دودسیل سولفات و آلوم جرم توده ای بیشتری داشت (به ترتیب افزایش ۲۴/۶۵ و ۸/۸۲ درصدی). بیشترین و کمترین ظرفیت نگهداری آب در دانه‌های بخارپز-پولکی بدون استفاده از سورفاکتانت و دانه‌های فراوری شده با آلوم مشاهده گردید (۱/۶۸ و ۱/۴۷ مترمکعب در تن). عمل آوری دانه ذرت با سدیم دودسیل سولفات و آلوم نسبت به عمل آوری با عصاره برگ گیاه برگ بو حجم را به طور معنی داری افزایش داد ($P < 0.05$). تیمار LN با ۹۳۲/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین جرم حجمی را در بین تیمارهای آزمایشی داشت. استفاده از توئین ۸۰ نسبت به سدیم دودسیل سولفات و آلوم جرم حجمی را به طور معنی داری کاهش داد (کاهش به ترتیب ۱/۶۲ و ۱/۷۷ درصدی). استفاده از عصاره برگ گیاه برگ بو در مقایسه با سدیم دودسیل سولفات و آلوم جرم حجمی را به ترتیب ۸/۶۲ و ۸/۴۵ درصد افزایش داد. یکی از عوامل تاثیرگذار بر هضم نشاسته غلات و ویژگی فیزیکی نشاسته آن است (Kokić et al., 2022). به نظر میرسد که قابلیت هضم نشاسته ذرت تحت تاثیر اندازه، درجه کریستالیزه شدن، ترکیبات غیرنشاسته ای در بین ریز ذرات نشاسته و اثر مشترک آنها با ریز ذرات نشاسته در دانه باشد (Gómez et al., 2016). بنابراین نوع و میزان فرایند انجام شده به دلیل تغییر در ویژگی‌های فیزیکی نشاسته دانه می‌تواند باعث تغییر در قابلیت هضم آن شود (Luciano et al., 2020). استفاده از روش‌های بخارپز-حرارتی همراه با پولکی کردن به دلیل ایجاد گاز در بین ریز ذرات نشاسته موجب افزایش هضم ریز ذرات و همچنین حجم بافت نشاسته ای به دلیل تفاضل بین آنها می‌شود

(Schiff et al., 2023). استفاده از سورفاکتانت ها باعث افزایش نرخ جذب آب در دانه ذرت فراوری در روش بخارپز می گردد (Hristov, et al., 2007). سورفاکتانت های شیمیایی تاکنون مورد توجه و استفاده قرار گرفته اند (Lee, et al., 2003). ما در این پژوهش ضمن استفاده از سورفاکتانت های شیمیایی از یک سورفاکتانت آلی نیز استفاده کردیم. سورفاکتانت های آلی ضمن ویژگی طبیعت دوستی کمترین زیان ممکن در سیستم فراوری مکانیکی را نیز به همراه خواهند داشت (Hristov et al., 2007). نتایج این آزمایش نشان داد که عصاره برگ گیاه برگ بو و آلوم به عنوان سورفاکتانت می توانند به لحاظ تغییرات ویژه ای که در دانه ذرت ایجاد کرده اند مورد توجه قرار گیرند. به طور معمول ویژگی های فیزیکی دانه بخارپز- پولکی با اندازه گیری جرم توده ای آن تعیین می شود (Domy et al., 2014). جرم توده ای برای دانه ذرت پولکی در دامنه ۲۵۷ تا ۴۱۲ گرم در لیتر گزارش شده است، که نتایج آزمایش حاضر، این نتایج را تایید می کند (Trota et al., 2022). در دسترس بودن نشاسته برای دانه های ذرت بخارپز- پولکی که جرم توده ای در آن ها ۲۷۰ گرم در لیتر (۸۳/۷ درصد) در مقایسه با ذرت پولکی (۴۳/۳ درصد) تقریباً ۲ برابر بیشتر است (Trota et al., 2022). مناسب ترین جرم توده ای پیشنهاد شده برای دانه ذرت بخارپز- پولکی در دامنه ۳۲۰ تا ۳۶۰ گرم در لیتر (میانگین ۳۵۰ گرم در لیتر) است، که بهترین پاسخ در تیمار SD در این آزمایش مشاهده شد (Samuelson et al., 2016). با افزایش جرم توده ای ذرت بخارپز- پولکی از ۲۵۷ به ۴۱۲ گرم در لیتر بخش محلول دانه از ۴۴/۲ به ۲۵/۹ درصد کاهش یافت. تغییراتی که در بخش های محلول و دارای پتانسیل هضم پذیری دانه بخارپز- پولکی رخ می دهد، می تواند به دلیل افزایش ضخامت دانه و کاهش سطح دانه باشد (Trota et al., 2022). زین و همکاران (۲۰۰۲)، جرم توده ای در ذرت های پولکی شده را ۳۰۰، ۳۶۰ و ۴۲۰ گرم در لیتر گزارش کردند، که این آزمایش نتایج آن را تایید می کند. در آزمایشی تاثیر جرم توده ای مختلف بر عملکرد گاوهای گوشتی مورد آزمایش قرار گرفت. دامنه جرم توده ای ذرت های پولکی مابین ۳۱۰ تا ۳۹۰ گرم در لیتر گزارش شد (Gutierrez et al., 2018). آنها گزارش کردند که با افزایش جرم توده ای هیدرولیز آنزیمی نشاسته و مقدار انرژی خام ذرت کاهش یافت. رحیمی و همکاران (۲۰۲۰)، جرم توده ای دانه ذرت بخارپز- پولکی را $406 \pm 11/5$ گرم در لیتر گزارش کردند. آنها نشان دادند که ذرت های با جرم توده ای پایین تر (پهن تر) به طور معنی داری ناپدید شدن نشاسته را در شرایط درون کیسه ای افزایش می دهند (Rahimi et al., 2020).

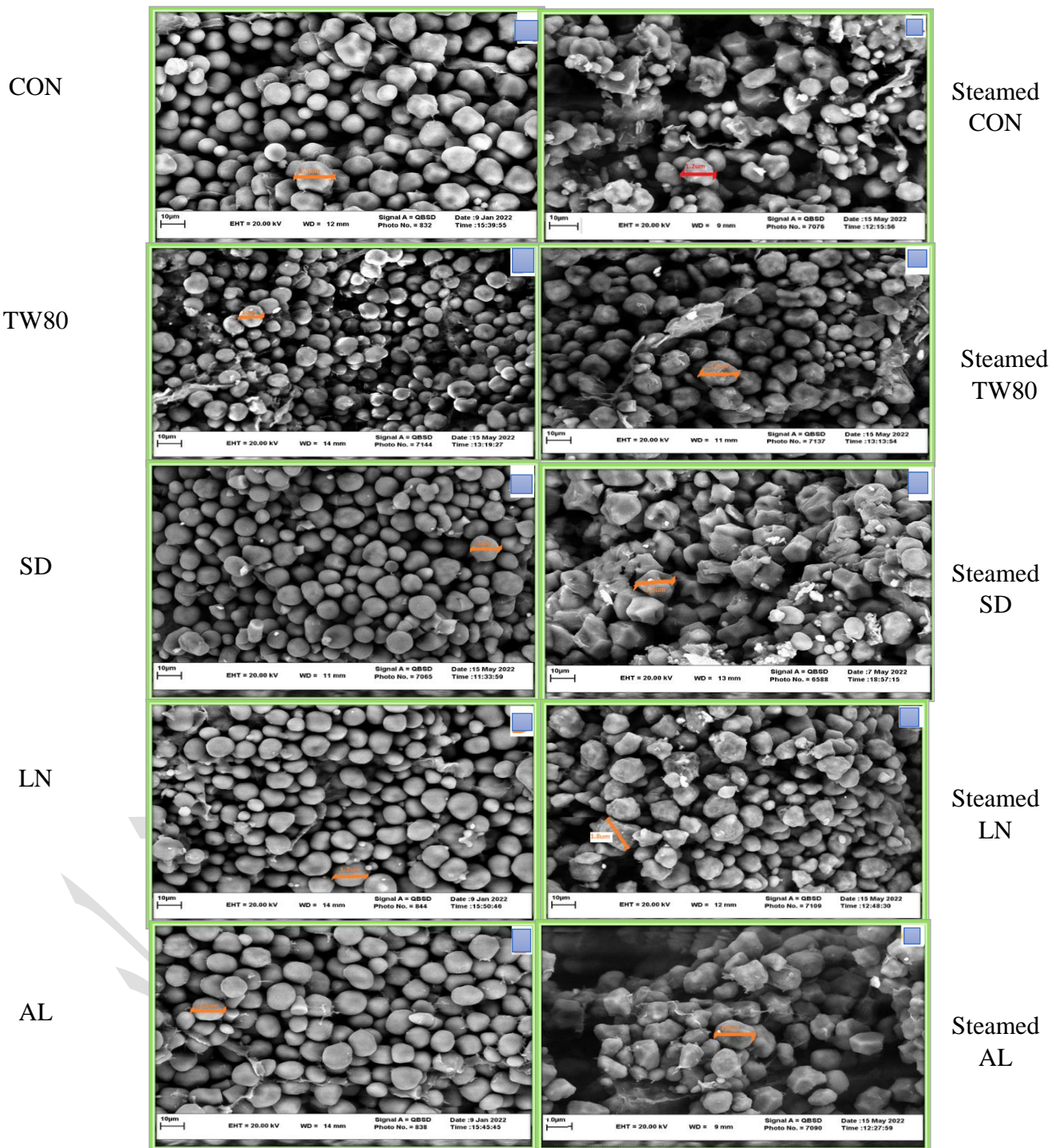
جدول ۱- تاثیر مرحله بخارپز و یا بخارپز-پولکی بر درصد انواع ریزدانه های نشاسته دانه ذرت فرآوری شده با انواع مواد فعال سطحی (سورفاکتانتها)

Table 1- The effect of steamed and/or steamed-flaked on percentage of starch granule types of processed corn grain used various surfactants

تیمارهای آزمایشی* Experimental treatments	انواع گرانول نشاسته ذرت type of corn starch granule		
	ریز ذرات نشاسته نوع A A- starch granules (> 15 μm)	ریز ذرات نشاسته نوع B B- starch granules (5-15 μm)	ریز ذرات نشاسته نوع C C- starch granules (< 5 μm)
	CON	8.9	90.7
LN	9.0	91.5	0.5
TW80	8.5	91.1	0.4
SD	9.1	90.6	0.3
AL	8.8	90.9	0.3
Steamed CON	9.3	90.4	0.3
Steamed LN	8.7	90.6	0.7
Steamed TW80	8.7	90.9	0.4
Steamed SD	8.9	90.7	0.4
Steamed AL	8.6	91.0	0.4

*تیمارهای آزمایشی: CON) دانه ذرت پولکی شده خام، LN) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با عصاره برگ بو (TW80) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با توئین ۸۰، SD) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با سدیم دودسیل سولفات، AL) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با آلوم، Steamed CON) دانه ذرت بخارپز شده، Steamed LN) دانه ذرت بخارپز شده عمل آوری شده با عصاره برگ گیاه برگ بو، Steamed TW80) دانه ذرت بخارپز شده عمل آوری شده با توئین ۸۰، Steamed SD) دانه ذرت بخارپز شده عمل آوری شده با سدیم دودسیل سولفات، Steamed AL) دانه ذرت بخارپز شده عمل آوری شده با آلوم.

Experimental treatments were: CON) Steam-flaking of corn grain, LN) Steam-flaking of corn grain treated with extract of *Laurus nobilis*, TW80) Steam-flaking of corn grain treated with Tween80, SD) steam flaking of corn grain treated with sodium dodecyl sulfate, AL) steam flaking of corn grain treated with Alum, Steamed CON) Steamed corn grain, Steamed LN) Steamed corn grain treated with extract of *Laurus nobilis* Steamed TW80) Steamed corn grain treated with Tween 80, Steamed SD) Steamed corn grain treated with sodium dodecyl sulfate, Steamed AL) Steamed corn grain treated with Alum



شکل ۱- تاثیر مرحله بخارپز و یا بخارپز-پولکی بر ویژگیهای ظاهری ریز ذرات نشاسته دانه ذرت فرآوری شده با انواع مواد فعال سطحی (سورفاکتانتها)

Figure 1- The effect of steamed and/or steamed- flaked on starch granule appearance (SEM images- 5000x) of processed corn grain used various surfactants.

*تیمارهای آزمایشی: (CON) دانه ذرت پولکی شده خام، (LN) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با عصاره برگ بو (TW80) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با توتین، (AL) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با سدیم دودسیل سولفات، (SD) دانه ذرت بخارپز شده، (Steamed CON) دانه ذرت بخارپز شده،

(Steamed LN) ، دانه ذرت بخارپز شده عمل آوری شده با عصاره برگ گیاه برگ بو، (Steamed TW80) دانه ذرت بخارپز شده عمل آوری شده با توئین ۸۰،
(Steamed SD) دانه ذرت بخارپز شده عمل آوری شده با سدیم دودسیل سولفات ، (Steamed AL) دانه ذرت بخارپز شده عمل آوری شده با آلوم.

Experimental treatments were: CON) Steam-flaking of corn grain, LN) Steam-flaking of corn grain treated with extract of *Laurus nobilis*, TW80) Steam-flaking of corn grain treated with Tween80, SD) steam flaking of corn grain treated with sodium dodecyl sulfate, AL) steam flaking of corn grain treated with Alum, Steamed CON) Steamed corn grain, Steamed LN) Steamed corn grain treated with extract of *Laurus nobilis* Steamed TW80) Steamed corn grain treated with Tween 80, Steamed SD) Steamed corn grain treated with sodium dodecyl sulfate, Steamed AL) Steamed corn grain treated with Alum

مجله علمی دانش کشاورزی

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی دانه ذرت عمل‌آوری شده با انواع مواد فعال سطحی همراه با فرآوری بخارپز- پولکی
Table2- The effect of various surfactants of steamed-flacked corn grain on physically properties

تیمارهای آزمایشی* Experimental treatments	سطح معنی داری P-Value									
	مقیاسات مستقل Contrasts									
	الف A	ب B	ج C	تیمار Treatment	SEM					
خصوصیات فیزیکی Physical properties	CON	LN	TW80	SD	AL					
جرم توده ای (گرم به ازای لیتر) Bulk density (g/L)	403.86 ^a	408.76 ^a	372.53 ^b	327.92 ^c	375.61 ^b	5.207	0<0001	0.7749	0<0001	0<0001
ظرفیت نگهداری آب (متر مکعب در تن) Water holding capacity (m ³ /Ton)	1.68 ^a	1.66 ^a	1.63 ^{ab}	1.58 ^{ab}	1.47 ^b	0.033	0.0111	0.1688	0.0473	0.0105
حجم (متر مکعب در تن) Volume(m ³ /Ton)	1.11 ^c	1.07 ^d	1.18 ^a	1.17 ^{ab}	1.16 ^b	0.042	0<0001	0<0001	0.8203	0<0001
جرم حجمی (کیلوگرم در متر مکعب) Density (Kg/m ³)	898.6 ^b	932.05 ^a	844.17 ^d	858.07 ^c	859.37 ^c	3.016	0<0001	0<0001	0.7698	0<0001

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی داری می‌باشند (P<0/05)

Means with different superscript letters in each row indicate significant different (P<0.05).

*تیمارهای آزمایشی شامل: (CON) دانه ذرت پولکی شده خام، (LN) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با استخراج *Laurus nobilis*، (TW80) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با استخراج *Laurus nobilis*، (SD) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با سدیم دودسیل سولفات، (AL) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با آلوم
 Experimental treatments were: (CON) Steam-flaking of corn grain, (LN) Steam-flaking of corn grain treated with extract of *Laurus nobilis*, (TW80) Steam-flaking of corn grain treated with Tween80, (SD) steam flaking of corn grain treated with sodium dodecyl sulfate, (AL) steam flaking of corn grain treated with Alum.

مقیاسات مستقل: الف) توئین ۸۰ در مقابل دیگر فعال کننده های سطحی ب) آلوم در مقابل سدیم دودسیل سولفات ج) عصاره برگ بو در مقابل آلوم و سدیم دودسیل سولفات

Contrasts: A) Tween 80 vs other surfactants, B) Alum vs sodium dodecyl sulfate, C) Extract of *Laurus nobilis* vs sodium dodecyl sulfate

داده‌های مربوط به غلظت مواد مغذی دانه های ذرت عمل آوری شده با سورفاکتانت ها در روش بخارپز-پولکی در جدول ۲ گزارش شده است. نتایج این آزمایش نشان داد که غلظت پروتئین خام، چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی تحت تاثیر سورفاکتانت ها استفاده شده قرار گرفت ($P < 0.05$). استفاده از عصاره برگ گیاه برگ بو موجب افزایش غلظت پروتئین خام دانه ذرت عمل آوری شده گردید. مقایسه مستقل بین عصاره برگ گیاه برگ بو با آلوم و سدیم دودسیل سولفات تفاوت معنی داری را نشان داد ($P < 0.01$). مقایسه مستقل بین آلوم و سدیم دودسیل سولفات نشان داد که استفاده از سدیم دودسیل سولفات باعث کاهش غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی در دانه ذرت فراوری شده گردید ($P < 0.05$). غلظت چربی خام در دانه های ذرت عمل آوری شده با سدیم دودسیل سولفات (۳۶/۵۹ گرم در کیلوگرم) به طور معنی داری کمتر از ذرت های عمل آوری شده با آلوم (۳۹/۳۵ گرم در کیلوگرم) بود ($P > 0.05$). عمل آوری با عصاره برگ گیاه برگ بو در مقایسه با آلوم غلظت NDF را ۲/۱۶ درصد کاهش داد ($P > 0.05$). همچنین استفاده از سدیم دودسیل سولفات به عنوان یک سورفاکتانت باعث کاهش غلظت چربی خام در مقایسه با آلوم در این پژوهش شد. هدف این آزمایش استفاده از سورفاکتانت های با پتانسیل متفاوت به منظور بررسی تاثیر آنها بر ویژگی های فیزیکی و غلظت مواد مغذی دانه های فراوری شده بود. تاکنون پژوهش های متفاوتی برای برآورد ویژگی های فیزیکی دانه ذرت عمل آوری شده در روش بخارپز-پولکی انجام شده است (Ahn et al., 2019). اما براساس دانسته های نویسندگان این مقاله برای اولین بار است که از آلوم و عصاره برگ گیاه برگ بو به عنوان سورفاکتانت در روش بخارپز-پولکی دانه ذرت استفاده شده است. به نظر می رسد که تاثیر عصاره برگ گیاه برگ بو بر پروتئین خام، ناشی از وجود ترکیبات نیتروژنه همراه با عصاره این گیاه است که در فراوری دانه ذرت استفاده شده، باشد (Stefanova et al., 2020). از سوی دیگر استفاده از سدیم دودسیل سولفات و تاثیر آن بر غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی و چربی خام نیز می تواند ناشی از پتانسیل شویندگی این سورفاکتانت باشد (Crison et al., 1997). در آزمایش تروتا و همکاران (۲۰۲۲)، غلظت مواد مغذی دانه های ذرت پولکی با جرم های توده ای ۳۰۹ تا ۳۸۶ گرم در لیتر اندازه گیری شد. دامنه غلظت مواد مغذی عبارت بودند از: پروتئین خام ۷/۹ تا ۸/۳ درصد، NDF ۶/۷ تا ۸/۲ درصد، ADF ۳/۳ تا ۴/۶ و نشاسته ۷۸/۸ تا ۸۰ درصد ماده خشک. آزمایش حاضر، نتایج گزارش شده توسط این نویسندگان تایید نمی نماید، زیرا که در این آزمایش علاوه بر فراوری فیزیکی، عمل آوری شیمیایی با فعال کننده های سطحی نیز انجام شد (Trotta et al., 2022). در مطالعه ای غلظت مواد مغذی انواع ذرت پولکی با درصد های مختلف ژلاتیناسیون نشاسته اندازه گیری شد. دامنه غلظت پروتئین خام ۸۸ تا ۸۲، چربی خام ۴۹ تا ۲۹، خاکستر ۸ تا ۱۴ و نشاسته ۷۰۴ تا ۷۵۸ گرم در کیلوگرم گزارش شد. نتایج آزمایش حاضر، نتایج غلظت های چربی خام، خاکستر و نشاسته را تایید می کند (Kang et al., 2021). آنها گزارش کردند که عواملی مانند دما، رطوبت و فشار، که به صورت همزمان اتفاق می افتد، می تواند منجر به تغییر در ساختار و غلظت مواد مغذی دانه شود. در نتایج پژوهش های قبل نشان داده شد که سورفاکتانت ها پتانسیل جذب آب توسط دانه در زمان بخارپز شدن را افزایش می دهند (Azizi and Rao., 2004). به نظر می رسد این افزایش در نرخ جذب آب همراه با تخریب رشته های پروتئین در ماتریکس پروتئین-نشاسته و پروتئین-چربی در داخل دانه و در نتیجه تغییر در غلظت مواد مغذی آنها باشد (Sindt, et al., 2006). در آزمایش حاضر به منظور بررسی تاثیر سورفاکتانت ها در فراوری بخارپز-پولکی دانه ذرت از روش بخش بندی پروتئین استفاده شد (Higgs et al., 2015). در این روش پروتئین به زیربخش های آمونیاک، پروتئین حقیقی محلول و همچنین پروتئین حقیقی نامحلول همراه با پروتئین متصل شده به الیاف و پروتئین غیرقابل هضم تقسیم می گردد. به منظور بیان اطمینان در روش های عمل آوری دانه ها، در حال حاضر، از بخش بندی پروتئین به عنوان شاخص بیانگر ماهیت پروتئین استفاده می شود (Higgs et al., 2015) نتایج مربوط به بخش های پروتئین دار دانه های فراوری شده بدون استفاده از سورفاکتانت و یا با استفاده از سورفاکتانت در عمل آوری

بخارپز-پولکی در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج حاضر بیانگر مهمترین ویژگی این بخش بندی از نقطه نظر بخش های پروتئین حقیقی و پروتئین قابل هضم به لحاظ تاثیر سورفاکتانت ها و روش عمل آوری فیزیکی است. نتایج نشان داد که استفاده از سورفاکتانت های آزمایش حاضر موجب تغییر در ماهیت پروتئین خام دانه های عمل آوری شده در روش بخارپز-پولکی نمی شود. این می تواند بیانگر اطمینان از عدم تاثیر منفی سورفاکتانت ها بر دانه های ذرت عمل آوری شده باشد ([Hristov, et al., 2007](#)).

نسخه پیش انتشار

جدول ۳- ترکیب شیمیایی دانه ذرت عمل آوری شده با انواع مواد فعال سطحی همراه با فرآوری بخارپز- پولکی

Table3- The effect of various surfactants of steamed-flacked corn grain on chemical composition

غذای مواد مغذی (گرم به کیلوگرم) Chemical composition(g/kg)	تیمارهای آزمایشی* Experimental treatments					SEM	سطح معنی داری P-Value			
	CON	LN	TW80	SD	AL		تیمار Treatment	مقایسات مستقل Contrasts		
								الف A	ب B	ج C
چربی Eater Extract	38.29 ^a	38.50 ^a	37.72 ^{ab}	36.59 ^b	39.35 ^a	0.3631	0.0038	0.3305	0.0003	0.2593
خاکستر Ash	12.11	11.89	12	12.10	11.66	0.5329	0.9724	0.8851	0.5770	0.9942
پروتئین خام Crude Protein	89.99 ^b	101.32 ^a	90.23 ^b	90.23 ^b	86.49 ^b	1.497	0.0004	0.1865	0.1081	0<0.0001
نشاسته Starch	704.43	702.66	701.8	703.88	703.95	1.68	0.7946	0.4018	0.9760	0.5574
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber (NDF)	100.48 ^{ab}	99.55 ^b	100.27 ^{ab}	98.73 ^b	101.75 ^a	0.45	0.0088	0.6255	0.0008	0.2378
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid Detergent Fiber (ADF)	43.02	40.19	42.13	41.21	42.26	1.7518	0.1547	0.3180	0.3457	0.1238
قندهای محلول Water soluble carbohydrates	45.82	42.11	43.85	45.09	45.26	1.763	0.6062	0.8853	0.9490	0.1865
(درصد) آمیلوز Amylose (%)	27.5	27.33	27.11	26.88	27.42	0.1922	0.6232	0.7768	0.2385	0.6442
(درصد) آمیلوپکتین Amylopectin (%)	72.50	72.67	72.89	73.12	72.58	0.3089	0.6232	0.7768	0.2385	0.6442

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی داری می‌باشند (P<0.05)

Means with different superscript letters in each row indicate significant different (P<0.05).

*تیمارهای آزمایشی شامل: (CON) دانه ذرت پولکی شده خام، (LN) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با عصاره برگ بو، (TW80) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با سدیوم دودسیل سولفات، (SD) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با سدیوم دودسیل سولفات، (AL) دانه ذرت پولکی عمل آوری شده با آلوم
Experimental treatments were: (CON) Steam-flaking of corn grain, (LN) Steam-flaking of corn grain treated with extract of *Laurus nobilis*, (TW80) Steam-flaking of corn grain treated with Tween80, (SD) steam flaking of corn grain treated with sodium dodecyl sulfate, (AL) steam flaking of corn grain treated with Alum

مقایسات مستقل: الف) توئین ۸۰ در مقابل دیگر فعال کننده های سطحی ب) آلوم در مقابل سدیوم دودسیل سولفات ج) عصاره برگ بو در مقابل آلوم و سدیوم دودسیل سولفات

Contrasts: A) Tween 80 vs other surfactants, B) Alum vs sodium dodecyl sulfate, C) Extract of *Laurus nobilis* vs sodium dodecyl sulfate

دانه های ذرت براساس ماهیت شیمیایی و مقاومت فیزیکی به شش گروه اصلی شامل: ذرت دندان اسبی، ذرت شیرین، ذرت غلاف دار، ذرت آردی، ذرت پاپ کورن و ذرت مومی تقسیم میشوند (Subaedah et al., 2021) زین و همکاران (۲۰۰۲) در یک تقسیم بندی ساده تر دانه های ذرت را به سه دسته معمولی، واکسی و غنی از آمیلوز تقسیم کردند. در ذرت های واکسی غلظت آمیلوز کمتر از ذرت های معمولی است (Atkin et al., 1998). از سوی دیگر در این ذرت ها ویژگی های فیزیکی کربوهیدرات ها پس از فراوری با بخار و حرارت کاملا متفاوت از سایر انواع ذرت است. در آزمایش حاضر ما از ذرت معمولی استفاده کردیم که این ذرت غنی از نشاسته (حدودا ۷۰ درصد) و کاملا مستعد تغییر در بخش های کربوهیدراته پس از فراوری است. هیگنز و همکاران (۲۰۱۵) پیشنهاد دادند که می توان منابع خوراکی را براساس مدل های تامین نیاز حیوان به بخش های شامل مجموع کربوهیدرات ها، کربوهیدرات های غیرالیافی، الیاف غیرقابل و قابل هضم و همچنین نشاسته و قندهای محلول تقسیم کرد. بنابراین برای شناخت بیشتر تاثیر سورفاکتانت ها در عمل آوری بخارپز-پولکی این بخش بندی کربوهیدرات در دانه های فراوری شده مورد ارزیابی قرار گرفت. داده های به دست آمده در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بخش های کربوهیدراته دانه ذرت تحت تاثیر معنی دار نوع سورفاکتانت ها در روش بخارپز-پولکی قرار می گیرند ($P < 0.05$). غلظت مجموع کربوهیدرات ها (۸۴۸/۲۹ گرم در کیلوگرم) و کربوهیدرات های غیر الیافی (۷۵۲/۲۴ گرم در کیلوگرم) در LN نسبت به سایر دانه های فراوری شده به طور معنی داری کمتر بود ($P < 0.05$). مقایسات مستقل نشان داد که در عمل آوری دانه ذرت با عصاره برگ گیاه برگ بو در مقایسه با سدیم دودسیل سولفات و آلوم غلظت مجموع کربوهیدرات ها (به ترتیب ۱/۴۸ و ۲/۴۳ درصد) و کربوهیدرات های غیر الیافی (به ترتیب ۱/۷۶ و ۱/۵۹ درصد) کاهش یافت ($P < 0.05$). دانه های مربوط به گروه AL با ۹۵/۷۵ گرم در کیلوگرم بیشترین غلظت الیاف قابل هضم را در بین تیمارهای آزمایشی داشت ($P < 0.05$). عمل آوری با آلوم نسبت به عمل آوری با سدیم دودسیل سولفات غلظت الیاف قابل هضم را افزایش معنی دار داد (۵۲/۶۲ درصد، $P < 0.05$). کمترین غلظت الیاف غیر قابل هضم با ۱/۹۹ گرم در کیلوگرم در SD مشاهده شد. نتایج مقایسات مستقل نشان داد استفاده از آلوم در مقابل سدیم دودسیل سولفات افزایش معنی دار داشت (۱۳/۵۶ درصد، $P > 0.05$). با توجه به این که غلظت های مجموع کربوهیدرات ها و کربوهیدرات های غیر الیافی از طریق محاسبات ریاضی به دست می آید (مراجعه به قسمت مواد و روش)، احتمالا کاهش این بخش ها در LN به دلیل افزایش غلظت پروتئین خام در این تیمار است. با افزایش مدت زمان فرآیند بخارپز-پولکی میزان قندهای محلول و الیاف غیر قابل هضم کاهش و غلظت بخش های الیاف محلول و کربوهیدرات های غیر الیافی نسبت به دانه خام افزایش یافت (Xin et al., 2021). در آزمایش زین و همکاران (۲۰۲۰)، غلظت مجموع کربوهیدرات های ذرت خام را ۸۶۲/۱، کربوهیدرات های غیر الیافی ۷۲۸/۸، نشاسته ۶۹۸/۷، قندهای محلول ۱۳/۰۱، الیاف محلول ۲۴/۷۴، الیاف قابل هضم ۱۳۱/۹۸ و الیاف غیر قابل هضم ۲/۱۵ گرم در کیلوگرم گزارش شد و نتایج آزمایش حاضر، نتایج آن ها را تایید نمی نماید، زیرا که این نویسندگان فراوری شیمیایی در دانه ذرت انجام ندادند (Xin et al., 2020). اسپینوزا و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که پخت با بخار به همراه امواج مایکروویو منجر به کاهش بخش سریع تجزیه (قندهای محلول)، افزایش بخش متوسط تجزیه (نشاسته و الیاف محلول) و کاهش بخش غیر قابل تجزیه کربوهیدرات ها می شود (Espinosa et al., 2020).

جمع بندی:

در آزمایش حاضر تاثیر سورفاکتانت ها در عمل آوری دانه ذرت با روش بخارپز- پولکی بر شکل ظاهری ریز ذرات نشاسته، ویژگی های فیزیکی، ترکیب مواد مغذی و زیربخش های پروتئین و کربوهیدرات مورد بررسی قرار گرفت. داده های این آزمایش نشان داد که استفاده از آلوم و عصاره برگ گیاه برگ بو به لحاظ تاثیر بر ویژگیهای فیزیکی و ترکیب مواد مغذی دانه ذرت پخت شده با روش بخارپز- پولکی می تواند به عنوان ترکیب مطلوب به جای توئین ۸۰ استفاده شوند. عدم تغییر در زیربخش های پروتئین دار دانه ذرت فرآوری شده، بیانگر آن است که سورفاکتانت های مورد استفاده ضمن تغییر در شکل ظاهری ریز ذرات نشاسته، تاثیر نامطلوب بر کیفیت پروتئین دانه ذرت عمل آوری شده ندارند. سورفاکتانت های مورد استفاده در این آزمایش موجب تغییر در زیربخش های کربوهیدرات دانه شدند. هرچند که تاثیر آنها از نظر ویژگی های مولکول های کربوهیدرات نیاز به بررسی بیشتری دارد. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که شکل ظاهری دانه ذرت از نظر ریز ذرات نشاسته به شدت تحت تاثیر سورفاکتانتهای مورد استفاده در روش عمل آوری با بخار و پولکی کردن متعاقب آن قرار می گیرد. اگرچه که تاثیر غلظتهای بیشتر سورفاکتانتهای مورد استفاده و یا زمان پخت با بخار اشباع می تواند در پژوهشهای آتی مد نظر قرار گیرد.

جدول ۴- بخش‌بندی پروتئین دانه ذرت عمل‌آوری شده با انواع مواد فعال سطحی همراه با فرآوری بخارپز- پولکی بر اساس سیستم CNCPS ویرایش ۶/۵
Table4- The effect of various surfactants of steamed-flacked corn grain on protein fractionation (CNCPS- v 6.5)

بخش بندی پروتئین (درصدی از پروتئین خام) Protein fractions (% of CP)	تیمارهای آزمایشی* Experimental treatments					SEM	سطح معنی داری P-Value			
	CON	LN	TW80	SD	AL		مقایسات مستقل Contrasts			
							تیمار Treatment	الف	ب	ج
								A	B	C
آمونیاک (A1) Ammonia	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-
پروتئین حقیقی محلول (A2) Soluble true protein	2.62	2.66	3.59	2.93	2.66	0.845	0.9127	0.3993	0.8269	0.8995
پروتئین حقیقی نامحلول (B1) Insoluble true protein	88.56	88.40	88.11	88.27	88.40	0.4668	0.9904	0.7426	0.8853	0.9336
پروتئین متصل شده به الیاف (B2) Fiber-bound protein	2.98	3.38	3.22	3.22	3.38	0.1905	0.5670	0.6372	0.5642	0.7383
پروتئین غیرقابل هضم (C) Indigestible protein	5.84	5.55	5.06	5.57	5.55	0.2673	0.3964	0.1326	0.9437	0.9675

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی داری می‌باشند ($P < 0.05$)

Means with different superscript letters in each row indicate significant different ($P < 0.05$).

*تیمارهای آزمایشی شامل: (CON) دانه ذرت پولکی شده خام، (LN) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با عصاره برگ بو، (TW80) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با سدیوم دودسیل سولفات، (SD) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با سدیوم دودسیل سولفات، (AL) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با آلوم
 Experimental treatments were: (CON) Steam-flaking of corn grain, (LN) Steam-flaking of corn grain treated with extract of *Laurus nobilis*, (TW80) Steam-flaking of corn grain treated with Tween80, (SD) steam flaking of corn grain treated with sodium dodecyl sulfate, (AL) steam flaking of corn grain treated with Alum

مقایسات مستقل: الف) توئین ۸۰ در مقابل دیگر فعال‌کننده‌های سطحی (ب) آلوم در مقابل سدیوم دودسیل سولفات (ج) عصاره برگ بو در مقابل آلوم و سدیوم دودسیل سولفات

Contrasts: A) Tween 80 vs other surfactants, B) Alum vs sodium dodecyl sulfate, C) Extract of *Laurus nobilis* vs sodium dodecyl sulfate

جدول ۵- بخش‌بندی کربوهیدرات دانه ذرت عمل‌آوری شده با انواع مواد فعال سطحی همراه با فرآوری بخارپز- پولکی بر اساس سیستم CNCPS و برایش ۶/۵
Table5- The effect of various surfactants of steamed-flacked corn grain on carbohydrate fractionation (CNCPS- v 6.5)

تیمارهای آزمایشی* Experimental treatments	سطح معنی داری P-Value					مقایسات مستقل Contrasts				
	SEM	تیمار Treatment	الف A	ب B	ج C					
بخش بندی کربوهیدرات (گرم در کیلوگرم) Carbohydrate fractions(g/kg)	CON	LN	TW80	SD	AL					
نشاسته (B1) Starch	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-
قندهای محلول (A4) Water soluble carbohydrates	45.82	42.11	43.85	45.09	45.26	1.763	0.6062	0.8853	0.9490	0.1865
مجموع کربوهیدرات Carbohydrates	859.59 ^a	848.29 ^b	860.05 ^a	861.07 ^a	869.49 ^a	1.92	0.0026	0.2406	0.6129	0.0002
کربوهیدراتهای غیر الیافی Non fiber carbohydrates	762.92 ^a	752.24 ^b	763.28 ^a	765.77 ^a	764.47 ^a	1.91	0.0036	0.2491	0.6408	0.0003
الیاف محلول (B2) Soluble fiber	13.99	11.46	14.29	16.80	15.26	3.79	0.6945	0.9435	0.6852	0.1826
الیاف قابل هضم (B3) Digestible fiber	94.44 ^{ab}	93.87 ^{ab}	94.52 ^{ab}	93.30 ^b	95.75 ^a	0.44	0.0299	0.6926	0.003	0.2529
الیاف غیر قابل هضم (CC) Indigestible fiber	2.23 ^a	2.18 ^{ab}	2.25 ^a	1.99 ^b	2.26 ^a	0.049	0.0161	0.0866	0.0031	0.4199

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی داری می‌باشند (P<0.05)

Means with different superscript letters in each row indicate significant different (P<0.05).

*تیمارهای آزمایشی شامل: (CON) دانه ذرت پولکی شده خام، (LN) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با سدیوم دودسیل سولفات، (SD) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با سدیوم دودسیل سولفات، (AL) دانه ذرت پولکی عمل‌آوری شده با آلوم
 Experimental treatments were: (CON) Steam-flaking of corn grain, (LN) Steam-flaking of corn grain treated with extract of *Laurus nobilis*, (TW80) Steam-flaking of corn grain treated with Tween80, (SD) steam flaking of corn grain treated with sodium dodecyl sulfate, (AL) steam flaking of corn grain treated with Alum

مقایسات مستقل: الف) توئین ۸۰ در مقابل دیگر فعال کننده های سطحی ب) آلوم در مقابل سدیوم دودسیل سولفات ج) عصاره برگ بو در مقابل آلوم و سدیوم دودسیل سولفات

Contrasts: A) Tween 80 vs other surfactants, B) Alum vs sodium dodecyl sulfate, C) Extract of *Laurus nobilis* vs sodium dodecyl sulfate

References

1. Aghajani, N., Ansaripour, E., & Kashaninejad, M. (2012). Effect of moisture content on physical properties of barley seeds. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *14*(1), 161-172.
2. Ahn, J. S., Shin, J. S., Kim, M. J., Son, G. H., Kwon, E. G., Shim, J. Y., ... & Park, B. K. (2019). A study on comparative feeding value of corn flakes according to temperature and retention time in the pressurized steam chamber. *Journal of Animal Science and Technology*, *61*(3), 170.
3. Allen, M. S., Longuski, R. A., & Ying, Y. (2008). Endosperm type of dry ground corn grain affects ruminal and total tract digestion of starch in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*, *91*(Suppl 1), 529.
4. Anvari, S., Hajfarajollah, H., Mokhtarani, B., and Noghabi, K. A. (2015). Physicochemical and thermodynamic characterization of lipopeptide biosurfactant secreted by *Bacillus tequilensis* HK01. *RSC advances*, *5*(111), 91836-91845.
5. AOAC, 2012. Official Methods of Analysis, 19th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 121-130.
6. Atkin, N. J., Abeysekera, R. M., & Robards, A. W. (1998). The events leading to the formation of ghost remnants from the starch granule surface and the contribution of the granule surface to the gelatinization endotherm. *Carbohydrate Polymers*, *36*(2-3), 193-204.
7. Azizi, M. H., & Rao, G. V. (2005). Effect of surfactant in pasting characteristics of various starches. *Food Hydrocolloids*, *19*(4), 739-743.
8. Beauchemin, K. A., Yang, W. Z., & Rode, L. M. (2001). Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. *Journal of Animal Science*, *79*(7), 1925-1936.
9. Bell, L. N., & Labuza, T. P. (2000). Practical Aspects of Moisture Sorption Isotherm Measurement and Use, 2nd Edition.
10. Bengochea, W. L., Lardy, G. P., Bauer, M. L., & Soto-Navarro, S. A. (2005). Effect of grain processing degree on intake, digestion, ruminal fermentation, and performance characteristics of steers fed medium-concentrate growing diets. *Journal of Animal Science*, *83*(12), 2815-2825.
11. Butrim, S. M., Litvyak, V. V., & Moskva, V. V. (2009). A study of physicochemical properties of extruded starches of varied biological origin. *Russian Journal of Applied Chemistry*, *82*, 1195-1199.
12. Crison, J. R., Weiner, N. D., & Amidon, G. L. (1997). Dissolution media for in vitro testing of water-insoluble drugs: Effect of surfactant purity and electrolyte on in vitro dissolution of carbamazepine in aqueous solutions of sodium lauryl sulfate. *Journal of pharmaceutical sciences*, *86*(3), 384-388.
13. Crocker, L. M., DePeters, E. J., Fadel, J. G., Perez-Monti, H., Taylor, S. J., Wyckoff, J. A., & Zinn, R. A. (1998). Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on digestion of nutrients and milk composition. *Journal of Dairy Science*, *81*(9), 2394-2407.

14. Dobby, E. M., Anele, U. Y., Gautam, K. K., Hergenreder, J. E., Pepper-Yowell, A. R., & Galyean, M. L. (2014). Interactive effects of bulk density of steam-flaked corn and concentration of Sweet Bran on feedlot cattle performance, carcass characteristics, and apparent total tract nutrient digestibility. *Journal of animal science*, 92(3), 1133-1143.
15. Espinosa, M. E. R., Guevara-Oquendo, V. H., Newkirk, R. W., & Yu, P. (2020). Effect of heat processing methods on the protein molecular structure, physicochemical, and nutritional characteristics of faba bean (low and normal tannin) grown in western Canada. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114681.
16. Giger-Reverdin, S. (2000). Characterisation of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. *Animal Feed Science and Technology*, 86(1-2), 53-69.
17. Gómez, L. M., Posada, S. L., & Olivera, M. (2016). Starch in ruminant diets: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 29(2), 77-90.
18. Goto, M., Bae, H., Lee, S. S., Yahaya, M. S., Karita, S., Wanjae, K., & Cheng, K. J. (2003). Effects of surfactant Tween 80 on forage degradability and microbial growth on the in vitro rumen mixed and pure cultures. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 16(5), 672-676.
19. Gutierrez, B. H., Alvarez, E. G., Montano, M. F., Salinas-Chavira, J., Torrentera, N. G., & Zinn, R. A. (2018). Influence of flake density and tempering on the feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 155-158.
20. Higgs, R. J., Chase, L. E., Ross, D. A., & Van Amburgh, M. E. (2015). Updating the Cornell Net Carbohydrate and Protein System feed library and analyzing model sensitivity to feed inputs. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 6340-6360.
21. Hristov, A. N., Zaman, S., VanderPol, M., Szasz, P., Huber, K., & Greer, D. (2007). Effect of a saponin-based surfactant and aging time on ruminal degradability of flaked corn grain dry matter and starch. *Journal of animal science*, 85(6), 1459-1466.
22. Hu, G., Burton, C., & Yang, C. (2010). Efficient measurement of amylose content in cereal grains. *Journal of cereal Science*, 51(1), 35-40.
23. Ingle, A. P., Chandel, A. K., & da Silva, S. S. (Eds.). (2020). *Lignocellulosic Biorefining Technologies*. Wiley-Blackwell.
24. Kang, H., Lee, M., Jeon, S., Lee, S. M., Lee, J. H., & Seo, S. (2021). Effect of flaking on the digestibility of corn in ruminants. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(5), 1018.
25. Kim, W., Gamo, Y., Sani, Y. M., Wusiman, Y., Ogawa, S., Karita, S., & Goto, M. (2006). Effect of Tween 80 on hydrolytic activity and substrate accessibility of carbohydrase I (CBH I) from *Trichoderma viride*. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 19(5), 684-689.
26. Kokić, B., Dokić, L., Pezo, L., Jovanović, R., Spasevski, N., Kojić, J., & Hadnadev, M. (2022). Physicochemical Changes of Heat-Treated Corn Grain Used in Ruminant Nutrition. *Animals*, 12(17), 2234.

27. Kokić, B., Dokić, L., Pezo, L., Jovanović, R., Spasevski, N., Kojić, J., & Hadnadev, M. (2022). Physicochemical Changes of Heat-Treated Corn Grain Used in Ruminant Nutrition. *Animals*, *12*(17), 2234.
28. Lee, S. S., & Ha, J. K. (2003). Influences of surfactant Tween 80 on the gas production, cellulose digestion and enzyme activities by mixed rumen microorganisms. *Asian-australasian journal of animal sciences*, *16*(8), 1151-1157.
29. Li, Q., Shi, M., Shi, C., Liu, D., Piao, X., Li, D., & Lai, C. (2014). Effect of variety and drying method on the nutritive value of corn for growing pigs. *Journal of animal science and biotechnology*, *5*, 1-7.
30. Liu, Y., Ran, T., Tan, Z., Tang, S., & Wang, P. (2013). Effects of surface tension and specific surface areas on in vitro fermentation of fiber. *Acta Vet. Zootech. Sin*, *44*, 901-910.
31. Luciano, A., Tretola, M., Ottoboni, M., Baldi, A., Cattaneo, D., & Pinotti, L. (2020). Potentials and challenges of former food products (food leftover) as alternative feed ingredients. *Animals*, *10*(1), 125.
32. McAllister, T. A., & Cheng, K. J. (1996). Microbial strategies in the ruminal digestion of cereal grains. *Animal feed science and technology*, *62*(1), 29-36.
33. Rahimi, A., Naserian, A. A., Valizadeh, R., Tahmasebi, A. M., Dehghani, H., Sung, K. I., & Nejad, J. G. (2020). Effect of different corn processing methods on starch gelatinization, granule structure alternation, rumen kinetic dynamics and starch digestion. *Animal Feed Science and Technology*, *268*, 114572.
34. Reynolds, W. K., Hunt, C. W., Eckert, J. W., & Hall, M. H. (1992). Evaluation of the feeding value of barley as affected by variety and location using near infrared reflectance spectroscopy. In Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci (Vol. 43, pp. 498-501).
35. Robertson, J. A., & Eastwood, M. A. (1981). An investigation of the experimental conditions which could affect water-holding capacity of dietary fibre. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *32*(8), 819-825.
36. Rose, R., Rose, C. L., Omi, S. K., Forry, K. R., Durall, D. M., & Bigg, W. L. (1991). Starch determination by perchloric acid vs enzymes: evaluating the accuracy and precision of six colorimetric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *39*(1), 2-11.
37. Safaei, K., & Yang, W. (2017). Effects of grain processing with focus on grinding and steam-flaking on dairy cow performance. In *Herbivores*. IntechOpen.
38. Samuelson, K. L., Hubbert, M. E., Galyean, M. L., & Löest, C. A. (2016). Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: the 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey. *Journal of Animal Science*, *94*(6), 2648-2663.
39. Schiff, A. P., Trotta, R. J., Holder, V., Kreikemeier, K. K., & Harmon, D. L. (2023). In vitro gas production kinetics are influenced by grain processing, flake density, starch retrogradation, and *Aspergillus oryzae* fermentation extract containing α -amylase activity. *Journal of Animal Science*, *101*, skad031.
40. Sindt, J. J., Drouillard, J. S., Titgemeyer, E. C., Montgomery, S. P., Loe, E. R., Depenbusch, B. E., & Walz, P. H. (2006). Influence of steam-flaked corn moisture

level and density on the site and extent of digestibility and feeding value for finishing cattle. *Journal of animal science*, 84(2), 424-432.

41. Song, X., Zuo, G., & Chen, F. (2018). Effect of essential oil and surfactant on the physical and antimicrobial properties of corn and wheat starch films. *International journal of biological macromolecules*, 107, 1302-1309.
42. Stefanova, G., Girova, T., Gochev, V., Stoyanova, M., Petkova, Z., Stoyanova, A., & Zheljaskov, V. D. (2020). Comparative study on the chemical composition of laurel (*Laurus nobilis* L.) leaves from Greece and Georgia and the antibacterial activity of their essential oil. *Heliyon*, 6(12).
43. Subaedah, S. T., Edy, E., & Mariana, K. (2021). Growth, yield, and sugar content of different varieties of sweet corn and harvest time. *International Journal of Agronomy*, 2021, 1-7.
44. Tang, S. X., Dang, T., Tan, Z. L., Wu, D. Q., Yan, Q. X., & Kang, J. H. (2021). Effects of nonionic surfactant source and surface tension on in vitro fermentation characteristics of cereal straws. *Animal Feed Science and Technology*, 276, 114912.
45. Trotta, R. J., Kreikemeier, K. K., Royle, R. F., Milton, T., & Harmon, D. L. (2022). Corn processing, flake density, and starch retrogradation influence ruminal solubility of starch, fiber, protein, and minerals. *Journal of Animal Science*, 100(6), skac149.
46. Van Amburgh, M. E., Collao-Saenz, E. A., Higgs, R. J., Ross, D. A., Recktenwald, E. B., Raffrenato, E., ... & Foskolos, A. (2015). The Cornell Net Carbohydrate and Protein System: Updates to the model and evaluation of version 6.5. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 6361-6380.
47. Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.
48. Wulff, D., Chan, A., Liu, Q., Gu, F. X., & Aucoin, M. G. (2020). Characterizing internal cavity modulation of corn starch microcapsules. *Heliyon*, 6(10).
49. Xin, H., Khan, N. A., & Yu, P. (2021). Steam pressure induced changes in carbohydrate molecular structures, chemical profile and in vitro fermentation characteristics of seeds from new *Brassica carinata* lines. *Animal Feed Science and Technology*, 276, 114903.
50. Xin, H., Sun, F., Sun, K., Fu, Q., Li, Y., Zhang, Y., ... & Khan, N. A. (2020). Batch-to-batch variation in carbohydrates molecular structures, nutritive value and biodegradation characteristics in corn coproducts. *Animal Feed Science and Technology*, 263, 114458.
51. Xu, N., Wang, D., & Liu, J. (2019). Variance of zein protein and starch granule morphology between corn and steam flaked products determined starch ruminal degradability through altering starch hydrolyzing bacteria attachment. *Animals*, 9(9), 626.
52. Zhong, R. Z., Li, J. G., Gao, Y. X., Tan, Z. L., & Ren, G. P. (2008). Effects of substitution of different levels of steam-flaked corn for finely ground corn on lactation and digestion in early lactation dairy cows. *Journal of dairy science*, 91(10), 3931-3937.

53. Zinn, R. A., F. N. Owens, and R. A. Ware. 2002. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1145–1156.

نسخه
پیش
انتشار