

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و مکانیکی گاوदानه (*Vicia ervilia*) و بررسی خصوصیات عملکردی آرد حاصل از آن

مسعود تقی‌زاده^{۱*}، بهداد شکرالهی یانچشمه^۲، فاطمه حامدی شهرکی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۱

چکیده

با توجه به نیاز روز افزون بشر به منابع جدید پروتئینی و میزان بالای پروتئین در دانه گاوदानه، در این پژوهش خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مکانیکی دانه گاوदानه و ویژگی‌های عملکردی آرد حاصل از آن، مورد ارزیابی قرار گرفت؛ همچنین اثر تغییرات pH بر تغییر در میزان حلالیت، ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری آن و ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری آن مورد بررسی قرار گرفت. متوسط طول، عرض و ارتفاع دانه‌ها به ترتیب ۳/۵۶۳۸، ۳/۶۱۹۷ و ۳/۸۳۶۵ میلی‌متر و میانگین حسابی و هندسی قطر، ضریب کرویت و سطح به ترتیب ۳/۶۷۳۳، ۲/۶۷۰۱ میلی‌متر، ۰/۳۱۸ و ۱/۰۴۰۵ میلی‌متر مربع بدست آمد. میانگین دانسیته واقعی، دانسیته توده و درصد تخلخل به ترتیب ۱۳۲۶/۶ کیلوگرم بر متر مکعب، ۰/۷۹۶۲ کیلوگرم بر متر مکعب و ۴۰/۲۷۵۳ درصد و متوسط ضرایب اصطکاک استاتیکی در سطوح تخته سه‌لایه، شیشه، لاستیک، فایبرگلاس و آهن گالوانیزه به ترتیب ۰/۴۳۴۴، ۰/۳۲۴۹ و ۰/۳۷۳۹ بود. آرد حاصل از این دانه دارای ۲۴ درصد پروتئین و ۹ درصد چربی بود و ظرفیت جذب آب و روغن، به ترتیب ۲/۰۱±۰/۰۱ و ۱/۷۷±۰/۰۳ (گرم آب یا روغن بر گرم نمونه) محاسبه شد. همچنین نتایج نشان داد تغییرات pH در محدوده ۳ تا ۹، میزان حلالیت، ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف و ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون آرد گاوदानه موثر بود.

واژه‌های کلیدی: گاوदानه، آرد، خواص مکانیکی، خواص عملکردی

مقدمه

حبوبات یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین به‌شمار می‌آیند، که به دلیل برخورداری از مقادیر قابل توجهی از پروتئین مرغوب (۱۷ تا ۳۸ درصد) در دانه این محصولات، در ترکیب با غلات می‌توانند یک ترکیب زیستی ارزشمند غذایی را فراهم نمایند. این ترکیبات پروتئینی را می‌توان بصورت آرد، کنسانتره و یا ایزوله پروتئینی مورد استفاده قرار داد (اسدیپور و همکاران، ۱۳۸۹؛ Boye et al, 2010).

دانه گاوदानه (*Vicia ervilia*) با نام عمومی *Bitter vetch* دانه‌ای از خانواده حبوبات است که هنگام شکستن، ظاهری شبیه به عدس قرمز دارد (Farran et al, 1998). ارزش غذایی بالای این دانه، توانایی تثبیت نیتروژن خاک و توان رشد در خاک‌های کم‌عمق و قلیایی باعث شده است که این دانه همواره مورد توجه باشد (Belido, 1994). محتوای پروتئینی این دانه بیش از ۲۶/۶۵ درصد است (Sadeghi et al, 2004). با توجه به قابلیت تولید این محصول در ایران و دارا بودن درصد پروتئین بالا در این دانه، آردهای حاصل و فرآورده‌های پروتئینی آن می‌تواند از نظر ویژگی‌های عملکردی و قابلیت استفاده در صنعت غذا مورد ارزیابی قرار گیرد.

در قرن حاضر به دلیل افزایش ناموزون جمعیت بشری و نیز رشد محدود منابع حیوانی، بحث کمبود پروتئین بخصوص در جوامع در حال توسعه بیش از پیش شدت پیدا کرده است (Arogundade et al, 2004؛ Kanu et al, 2007) بطوری که بمنظور حفظ تغذیه جمعیت جهان در سطح کنونی، ملزم به افزایش مقدار تولید منابع پروتئینی گیاهی و حیوانی خواهیم بود. واضح است که افزایش در تولید پروتئین حیوانی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه امکان‌پذیر نیست، بنابراین به علت کمبود منابع پروتئین حیوانی، تلاشی بی‌وقفه در جهت یافتن منابع جدید پروتئینی و برخورداری از هر دو ویژگی خواص عملکردی و ارزش تغذیه‌ای آنها صورت می‌گیرد (Kanu et al, 2007).

۱ و ۲- به ترتیب استادیار، دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

* - نویسنده مسئول: (Email: mtaghizadeh@um.ac.ir
DOI: 10.22067/iffstrj.v1395i0.57362

از رابطه مک کیب تعیین شد (جدول ۱). بمنظور تعیین جرم هزار دانه، ۱۰۰ دانه با ترازوی دیجیتال توزین شد و با ضرب کردن عدد حاصله در عدد ۱۰، جرم هزار دانه بدست آمد (Razavi and Fathi, 2009).

رابطه	ابعاد مورد اندازه‌گیری
$D_a = (l + w + h)/3$	میانگین قطر حسابی
$D_g = (l * w * h)^{1/3}$	قطر هندسی
$\phi = \frac{lw h^{1/3}}{l}$	ضریب کرویت
$S = \pi D_g^2$	مساحت

دانسیتته حقیقی، دانسیته توده و درصد تخلخل

دانسیته واقعی به روش پیکنومتری، با استفاده از حلال تولوئن اندازه‌گیری شد. در این روش دانسیته واقعی با استفاده از رابطه (جدول ۲) محاسبه گردید که m جرم دانه‌های ریخته شده (kg) و V_t حجم مایع جابجا شده (m^3) است (Razavi and Fathi, 2009).

جدول ۲- روابط مورد استفاده در محاسبه دانسیته و درصد تخلخل

رابطه	ابعاد مورد اندازه‌گیری
$\rho_t = \frac{m}{V_t}$	دانسیته واقعی
$\rho_b = \frac{m}{V_b}$	دانسیته توده
$\varepsilon = \left[\frac{(\rho_t - \rho_b)}{\rho_t} \right] \times 100$	درصد تخلخل

اندازه‌گیری دانسیته توده بر اساس روش (Razavi and Fathi, 2009) و درصد تخلخل دانه با استفاده از رابطه (Mohsenin, 1978) محاسبه شد که در آن ρ_t دانسیته واقعی و ρ_b دانسیته توده بود (جدول ۲).

ضریب اصطکاک استاتیکی

از سطح شیب‌دار با شیب قابل تنظیم برای تعیین ضرایب اصطکاک استاتیکی استفاده شد. سطوح مختلفی از جنس ورق گالوانیزه، تخته سه لایه، شیشه، فایبرگلاس و لاستیک روی سطح شیب‌دار تعبیه شد و ضرایب اصطکاک استاتیکی با استفاده از زاویه سرخوردن (α) از رابطه (۱) محاسبه گردید (Razavi and Fathi, 2009).

$$\mu_s = \tan \alpha \quad (1)$$

زاویه ریپوز تخلیه و پر کردن

زاویه ریپوز تخلیه با استفاده از یک جعبه چوبی به ابعاد

ویژگی عملکردی خصوصیات فیزیکوشیمیایی هستند که بر رفتار محصولات غذایی طی فرآوری، تولید، نگهداری و آماده‌سازی تأثیر می‌گذارند. از مهم‌ترین ویژگی‌های عملکردی می‌توان به ظرفیت جذب و نگهداری آب و روغن، حلالیت، ژلاتیناسیون، ویژگی‌های بین سطحی، تشکیل فیلم و کف‌کنندگی اشاره کرد (عامری شهری و همکاران، ۱۳۹۰؛ Kaur and Singh, 2007).

علاوه بر اهمیت ویژگی‌های عملکردی، خواص فیزیکوشیمیایی دانه‌ها نیز در طراحی فرآیندهای پس از برداشت اهمیت ویژه‌ای دارند؛ به‌عنوان مثال تعیین ابعاد و شکل دانه‌ها در انتخاب مش مناسب الک در فرایندهای جداسازی، تعیین سطح و حجم دانه‌ها در محاسبات مربوط به خشک کردن، زاویه ریپوز و ضرایب اصطکاک دانه‌ها بر روی سطوح مختلف در طراحی سیلوا، مخازن نگهداری و تجهیزات انتقال از قبیل تسمه نقاله‌ها بکار می‌روند. مطالعات فراوانی جهت تعیین خواص فیزیکی محصولات مختلف از قبیل دانه‌های بالنگو و شاهی (محمدی مقدم و همکاران، ۱۳۸۷)، دانه بارهنگ (رضوی و همکاران، ۱۳۸۸)، ارقام مختلف برنج (Mir et al, 2013)، لوبیای چیتی (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹)، نخود (گل‌پیرا و همکاران، ۱۳۸۸) و ۴ رقم اصلاح شده گندم ایرانی (رضوی و همکاران، ۱۳۸۵) انجام شده است.

با توجه به پتانسیل استفاده از این دانه به‌عنوان یک منبع پروتئینی جدید و شرایط بهینه استفاده از آن و عدم وجود تحقیقات در مورد آرد حاصله و ویژگی‌های عملکردی آن، تعیین خواص مکانیکی دانه و ویژگی‌های عملکردی آرد حاصل از آن ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

مواد

دانه گاو دانه به میزان لازم از بازار محلی شهر کرد تهیه شده و پس از تمیز کردن، مواد زائد و خارجی آن حذف شد و عمل پوست-گیری توسط پوست‌گیر دستی صورت پذیرفت. سپس توسط آسیاب به آرد تبدیل و از الک با مش ۳۰ عبور داده شد. آرد الک شده، تا مرحله بررسی خواص عملکردی در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری گردید.

بررسی خصوصیات فیزیکی دانه

اندازه‌گیری ابعاد و جرم هزار دانه

ابتدا ۱۰۰ دانه گاو دانه بطور تصادفی انتخاب و ابعاد آنها شامل طول (l)، عرض (w) و ارتفاع (h) توسط کولیس دیجیتال با دقت 0.01 سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین حسابی و هندسی قطر و ضریب کرویت با استفاده از رابطه محسین و مساحت سطح با استفاده

سدیم ۰/۵ مولار صورت گرفت. محلول به مدت ۳۰ دقیقه به کمک همزن مغناطیسی، در دمای اتاق هم‌زده شد. نمونه‌ها در $500 \times g$ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردید تا فاز معلق جدا شود. میزان پروتئین موجود در فاز معلق، با استفاده از روش بیورت از طریق مخلوط کردن ۱ میلی‌لیتر از نمونه با ۴ میلی‌لیتر معرف بیورت و سپس ۲۰ دقیقه قرار دادن در دمای اتاق و به کمک اسپکتروفتومتر (مدل یو وی ۲۶۰۱، شرکت رای لی چین) تعیین گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. منحنی کالیبراسیون با استفاده از محلول سرم آلبومین گاوی^۱، در غلظت‌های صفر تا ۱۰ (میلی‌گرم/میلی‌لیتر) در معرف بیورت با نسبت ۱ به ۴ رسم گردید.

ظرفیت جذب آب و روغن

برای اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب^۲ و روغن^۳ آرد از روش Kaur and Singh (2007) با اندکی تغییرات استفاده شد؛ یک گرم آرد داخل یک فالكون توزین شد و ۱۰ میلی‌لیتر روغن آفتابگردان یا آب مقطر به آرد اضافه گردید و به مدت ۲ دقیقه با استفاده از ورتکس (به‌سان، ایران) مخلوط شد. نمونه‌ها پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای اتاق، به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت $3000 \times g$ سانتریفوژ شدند. بخش مایع فوقانی دور ریخته شد و نمونه‌ها مجدداً توزین شدند. ظرفیت پیوند با آب و چربی بصورت گرم آب و یا روغن جذب شده به ازای یک گرم آرد و بر حسب درصد گزارش گردید.

ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف

ظرفیت کف‌کنندگی با تهیه محلول ۲ درصد آرد در آب مقطر و بر اساس روش Adebawale و همکاران (۲۰۰۵) تعیین شد. به‌منظور بررسی اثر تغییرات pH بر ظرفیت کف‌کنندگی آرد، pH محلول با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال و یا هیدروکسید سدیم ۰/۵ مولار، در مقادیر ۳، ۴/۵، ۶ و ۹ تنظیم شد. محلول حاصل در pH مورد نظر به مدت ۵ دقیقه توسط همزن مغناطیسی با دور ۳۶۰ rpm هم‌زده شد و سپس به فالكون یا استوانه مدرج منتقل گردید تا حجم محلول قبل از هم‌زدن اندازه‌گیری شود (V_0). محلول به مدت ۲ دقیقه با دستگاه اولتراتوراکس (مدلتی ۲۵ دیجیتال، شرکت آیکای آلمان) با دور ۱۰۰۰۰ rpm هم‌زده شد و بلافاصله ارتفاع کف ثبت شد (V_1). میزان ظرفیت کف‌کنندگی با استفاده از رابطه (۴) محاسبه گردید:

$$(4) \quad \text{درصد ظرفیت کف‌کنندگی} = (V_1/V_0) \times 100$$

پایداری کف، بصورت میزان کاهش حجم کف پس از ۳۰، ۶۰

۱۰×۱۰×۱۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. این جعبه دارای درب کشویی در یکی از وجوه جانبی است. ابتدا جعبه با دانه پر شده و سپس درب کشویی به سرعت به طرف بالا کشیده می‌شود و دانه‌ها به بیرون جعبه تخلیه می‌شوند تا یک کپه درون جعبه تشکیل شود. زاویه ریپوز از طریق اندازه‌گیری ارتفاع و فاصله افقی در دو نقطه مشخص کپه و با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$(2) \quad \theta_e = \tan^{-1} \left(\frac{h_2 - h_1}{x_2 - x_1} \right)$$

h_1 و h_2 ارتفاع در دو نقطه مشخص و x_1 و x_2 فاصله افقی بین این دو نقطه است.

زاویه ریپوز پر کردن با استفاده از یک قیف پلاستیکی که در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری سطح قرار گرفته بود اندازه‌گیری شد؛ به این ترتیب که دانه‌ها به آرامی از قیف به بیرون تخلیه می‌شوند و تشکیل یک کپه می‌دهند. ارتفاع در مرکز کپه (H) و قطر آن (D) اندازه‌گیری و در رابطه (۳) قرار گرفت:

$$(3) \quad \theta_f = \tan^{-1} \left(\frac{2H}{D} \right)$$

تعیین ترکیب شیمیایی، شاخص‌های رنگی و خواص عملکردی آرد

به‌منظور تعیین ترکیبات شیمیایی، ترکیب شیمیایی (درصد رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر) نمونه‌ها (دانه گاودانه و آرد پوست‌گیری شده گاودانه) اندازه‌گیری شد (AACC, 2003). محاسبه میزان کربوهیدرات نیز از طریق کسر درصد کلیه ترکیبات از ۱۰۰ انجام شد. کلیه آزمون‌ها با دو تکرار انجام گرفتند.

بررسی مولفه‌های رنگ

مولفه‌های رنگ (L^* ، a^* و b^*) نمونه‌های آرد گاودانه پیش و پس از پوست‌گیری با استفاده از رنگ‌سنج دیجیتال (مدل CR-410، ژاپن) تعیین شدند. مولفه L^* بیانگر درجه روشنی نمونه است که می‌تواند مقادیر ۰ تا ۱۰۰ را به‌خود اختصاص دهد. مولفه a^* گستره رنگ سبز (مقادیر منفی) تا رنگ قرمز (مقادیر مثبت) و مولفه b^* نیز گستره رنگ آبی (مقادیر منفی) تا رنگ زرد (مقادیر مثبت) را در بر می‌گیرد، کالیبراسیون اولیه دستگاه با استفاده از کاشی سفید استاندارد صورت پذیرفت و به‌منظور بررسی مولفه‌های رنگ، نمونه‌ها در یک پلیت پلاستیکی با قطر ۵۸ میلی‌متر و عمق ۱۵ میلی‌متر قرار گرفتند.

حلالیت پروتئین

میزان حلالیت پروتئین آرد حاصله در مقادیر pH بین ۳ تا ۱۰ با استفاده از روش بیورت تعیین شد (Owusu-Apenten, 2002). ابتدا محلول ۱/۵ درصد آرد دیونیزه تهیه گردید و به‌منظور بررسی اثر تغییرات pH، تنظیم pH به کمک اسید کلریدریک و یا هیدروکسید

1Bovine serum albumin (BSA)

2Water absorbtion capacity

3Oil absorbtion capacity

ترتیب پایداری امولسیون در هر pH اندازه‌گیری شد.
 (۷) $\times 100$ (ارتفاع لایه امولسیون قبل از حرارت/ ارتفاع لایه
 امولسیفیه بعد از حرارت) = درصد پایداری امولسیون

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

کلیه آزمون‌ها در دو تکرار انجام گرفتند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به منظور بررسی اثر تغییرات pH بر خواص عملکردی آرد با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری $P < 0.05$ صورت گرفت. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) تجزیه و تحلیل شدند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (Excel, 2007) استفاده شد.

نتایج و بحث:

خصوصیات فیزیکی دانه

نتایج اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و مکانیکی در جدول ۳ گزارش شده است.



شکل ۱- تصویر دانه گاوदानه

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی دانه گاوदानه.

ویژگی	تعداد تکرار	میانگین	انحراف معیار
طول (میلی‌متر)	۱۰۰	۳/۵۶۴	۰/۲۲۳
عرض (میلی‌متر)	۱۰۰	۳/۶۲۰	۰/۱۸۵
ارتفاع (میلی‌متر)	۱۰۰	۳/۸۳۶	۰/۲۲۲
میانگین حسابی قطر (میلی‌متر)	۱۰۰	۳/۶۷۳	۰/۱۸۴
میانگین هندسی قطر (میلی‌متر)	۱۰۰	۳/۶۷۰	۰/۲۲۲
ضریب کرویت	۱۰۰	۱/۰۳۲	۰/۰۳۳
سطح (میلی‌متر مربع)	۱۰۰	۴۲/۴۰۵	۴/۴۱۵
جرم هزار دانه (گرم)	۳	۳۸/۶۹۶	۳/۸۶۵
دانسیته حقیقی (کیلوگرم بر مترمکعب)	۳	۱۳۲۶/۶۰۰	۰/۰۰۹
دانسیته توده (کیلوگرم بر مترمکعب)	۳	۷۹۶/۲۶۰	۰/۰۰۹
تخلخل (درصد)	۳	۴۰/۲۷۵	۰/۶۸۰
ضریب اصطکاک استاتیکی تخته سه لایه	۳	۰/۴۳۵	۰/۰۰۳
ضریب اصطکاک استاتیکی شیشه	۳	۰/۱۹۴	۰/۰۰۳
ضریب اصطکاک استاتیکی لاستیک	۳	۰/۴۲۴	۰/۰۰۳
ضریب اصطکاک استاتیکی پیرگلاس	۳	۰/۳۲۵	۰/۰۰۳
ضریب اصطکاک استاتیکی ورق گالوانیزه	۳	۰/۳۷۴	۰/۰۰۳
زاویه ریپوز تخلیه (درجه)	۳	۳۳/۹۲۰	۰/۳۹۸
زاویه ریپوز پر کردن (درجه)	۳	۱۹/۲۴۱	۴/۹۰۴

و ۹۰ دقیقه مخلوط کردن بررسی شد. برای این منظور حجم کف باقیمانده در زمان مورد نظر (V_2) ثبت گردید و پایداری کف با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد:

$$(5) \quad 100 \times (V_2 / V_1) = \text{درصد پایداری کف}$$

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون به روش مجذوبی و همکاران (۲۰۱۲) با اندکی تغییرات اندازه‌گیری شد؛ برای این منظور محلول ۲ درصد آرد در آب تهیه گردید و سپس به منظور بررسی اثر تغییرات pH بر ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد، pH در مقادیر ۳، ۴/۵، ۶ و ۹ با استفاده از اسیدکلریدریک و یا سود ۰/۵ مولار تنظیم شد. پس از آن ۵ میلی‌لیتر روغن آفتابگردان به محلول اضافه گردید و محلول حاصل در pH مورد نظر به مدت ۳ دقیقه با استفاده از دستگاه اولتراتوراکس (مدتی ۲۵ دیجیتال، آلمان) با دور ۱۰۰۰۰ rpm هم‌وزن و ارتفاع کل محتویات امولسیون شده ثبت شد (H_0). امولسیون حاصل در $1100 \times g$ به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ شد و دوباره ارتفاع لایه امولسیون باقیمانده ثبت شد (H_1). ظرفیت امولسیون‌کنندگی (EC) با استفاده از رابطه (۶) محاسبه گردید.

$$(6) \quad 100 \times (H_1 / H_0) = \text{درصد ظرفیت امولسیون‌کنندگی}$$

همچنین برای محاسبه پایداری امولسیون، نمونه‌ها پس از هم‌زدن با اولتراتوراکس و قبل از سانتریفوژ طی مدت زمان‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه در بن ماری با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بدین

متر مکعب و ۳۹/۸۷۹-۴۱/۰۶۰ درصد بودند که میانگین دانسیته حقیقی مشابه با ماشک ولی دانسیته توده ماشک کمی بزرگتر بود. همچنین درصد تخلخل ماشک کمتر از گاو دانه بود (Yal-cin and OOzarslan, 2004).

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود بیشترین میانگین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به تخته سه لایه (۰/۰±۴۳۵/۰۰۳) و بعد از آن لاستیک (۰/۰±۴۲۴/۰۰۳) بود که مشخص می‌کند که این سطوح برای انتقال مناسب نیستند. شیشه کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی در بین ۵ سطح دارا بود (۰/۰±۱۹۴/۰۰۳). ضریب اصطکاک استاتیکی لاستیک و آهن گالوانیزه در مورد گاو دانه بیشتر از دانه ماشک بود (Yal-cin and OOzarslan, 2004). ضریب اصطکاک محصولات کشاورزی عمدتاً به خصوصیات ماده غذایی شامل مقدار رطوبت، ویژگی‌های سطحی ماده غذایی و سطحی که روی آن حرکت می‌کند و سرعت لغزش بستگی دارد (رضوی و اکبری، ۱۳۹۱). زاویه ریپوز تخلیه و پر کردن به ترتیب در دامنه ۳۳/۶-۳۴/۳۸ تا و ۲۶/۵۸۲-۱۶/۵۵۸ قرار داشتند، که از مقادیر مشابه برای نخود بزرگتر بود (گل‌پیرا و همکاران، ۱۳۸۸).

ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی آرد گاو دانه در جدول ۴ و سایر آردها در جدول ۵ نشان داده شده است. مقدار پوسته دانه گاو دانه ۱۱/۰۵۶±۱/۴۸ درصد محاسبه شد.

طول، عرض و ارتفاع دانه‌ها به ترتیب در دامنه ۳/۱۱ تا ۳/۱۶، ۴/۳۴ تا ۴/۳۲ و ۳/۳۲ تا ۴/۹۸ میلی‌متر بود و همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود طول، عرض و ارتفاع میانگین گاو دانه به ترتیب ۳/۲۳±۰/۵۶۴، ۳/۱۸±۰/۱۸۵ و ۳/۶۲±۰/۲۲۲ میلی‌متر بدست آمد که در مقایسه با لوبیای چیتی در سه سطح رطوبتی ۸، ۱۲ و ۱۶ درصد کوچکتر است (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹) و نیز میانگین طول و عرض گاو دانه‌ها کمتر از ماشک ولی ارتفاع گاو دانه بیشتر از ضخامت ماشک گزارش شد (Yal-cin and OOzarslan, 2004). قطر حسابی در دامنه ۳/۳۳۸ تا ۴/۴۷۳ و قطر هندسی در دامنه ۳/۳۴۳ تا ۴/۴۸۷ میلی‌متر گزارش شد که از مقادیر مشابه در مورد لوبیای چیتی (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹) کمتر بود. سطح دانه‌ها در دامنه ۳۴/۹۹۱ تا ۶۲/۸۱۷ مترمربع اندازه‌گیری شد که میانگین مقادیر از دانه‌های ماشک در سطوح رطوبتی ۱۰/۵۷ تا ۲۰/۶۳ درصد بزرگتر بود (Yal-cin and OOzarslan, 2004). ضریب کرویت گاو دانه در دامنه ۱/۰۷۳-۱/۰۷۰ بود که میانگین آن (۱/۰±۰۳۲/۰۳۳) بزرگتر از همین مقدار برای لوبیای چیتی (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹) و ماشک (Yal-cin and OOzarslan, 2004) بود. جرم هزار دانه بین ۳۴/۸۶۵ تا ۴۲/۵۹۵ گرم و میانگین آن ۳۸/۶۹۶±۳/۸۶۵ گرم گزارش شد که از مقادیر مشابه در مورد ماشک در رطوبت‌های ۱۰/۵۷ تا ۲۰/۶۳ درصد کمتر بود (Yal-cin and OOzarslan, 2004).

دانسیته حقیقی، دانسیته توده و تخلخل به ترتیب در دامنه ۱۳۲۲/۸-۱۳۳۱ کیلوگرم بر متر مکعب، ۰/۸۰۲-۰/۷۸۶ کیلوگرم بر

جدول ۴- درصد ترکیبات شیمیایی آرد گاو دانه بر مبنای وزن خشک**

نوع آرد	پروتئین	رطوبت	چربی	خاکستر	کربوهیدرات
آرد بدون پوسته	۲۶/۰±۹۸/۱۶	۱۰/۰±۵۳/۱۲	۱۰/۰±۱۲/۲۴	۳/۰±۳۳/۱۶	۶۱/۰±۴۸/۴۶
آرد با پوسته	۰±۲۶/۲۰	۹/۰±۳۷/۳۲	۹/۰±۹۵/۴۶	۳/۰±۲۰/۱۲	۶۰/۰±۳۲/۵۴

* میانگین ۲ تکرار ± انحراف معیار

** درصد پروتئین، چربی، خاکستر و کربوهیدرات بر مبنای وزن خشک محاسبه شد

جدول ۵- درصد ترکیبات شیمیایی آردهای مختلف بر مبنای وزن مرطوب

نوع آرد	پروتئین	رطوبت	چربی	خاکستر	کربوهیدرات	منبع
دانه نخود سبز فرنگی	۲۵/۰±۶/۸۴	-	۱/۰±۸۶/۰۹	۳/۰±۱۰/۱۸	-	Kaur and Singh, 2007
لوبیای سودانی	۰±۲۴/۶۷	-	۰/۰±۸۷/۰۸	۳/۰±۳۱/۱۹	-	Kaur and Singh, 2007
آرد عدس	۳۸/۹۸	۸/۳۰	۲/۴۳	۲/۹۵	-	اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰
سویا چربی گیری شده	۵۵/۵	۸/۸	۰/۹	۷	۲۷/۸	Sosulski et al, 1976
آرد نخود	۴۳/۴۳	۵/۱۱	۵/۱۷	۳/۱۰	-	اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰
آرد لوبیا قرمز	۳۲/۷۰	۸/۱۰	۱/۶۰	۴/۰۸	-	اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰

* میانگین ۲ تکرار ± انحراف معیار

(L) مشابه آرد نخود و سویا بوده، از آرد شنبلیله روشن‌تر اما از آرد عدس درجه روشنایی کمتری داشت. از نظر پارامتر a^* آرد حاصل از این دانه دارای رنگ قرمز و مشابه مقدار گزارش شده برای آرد نخود بود که با توجه به ظاهر قرمز رنگ مغز دانه دور از انتظار نیست. از نظر پارامتر b^* نیز دارای رنگ زرد مشابه مقادیر گزارش شده برای آرد نخود و سویا بود. می‌توان دلیل این تفاوت‌ها را در بین آردهای مختلف به میزان و نوع ترکیبات تشکیل‌دهنده و همین‌طور نوع رنگدانه‌های موجود در این آردها نسبت داد. آردهایی که تا حدی باعث ایجاد رنگ قهوه‌ای شوند به‌منظور کاربرد در نان‌ها و پنک‌ک‌ها مطلوب می‌باشند و آردهایی که به بی‌رنگ شدن محصول کمک کنند در برخی نان‌ها قابل کاربرد هستند (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲). بر این اساس می‌توان از آرد گاوदानه در برخی نان‌ها که رنگ روشن‌تری در آنها مطلوب است، استفاده نمود.

جدول ۷- پارامترهای رنگ آردهای مختلف

نمونه	پارامتر رنگ	L^*	a^*	b^*	منبع
آرد عدس	۹۱/۴	-۱/۱۵	۸/۴	شکرالهی یانچشمه و همکاران، ۱۳۹۲	
آرد شنبلیله	۷۸/۹۱	-۱/۰۷	۲۹/۸۳	فیضی و همکاران، ۱۳۹۲	
آرد سویا	۸۷/۲۶	-۰/۳۳	۲۲/۸۱	فیضی و همکاران، ۱۳۹۲	
آرد نخود	۸۶/۳۸	۲/۹۶	۱۹/۸۷	Joshi et al, 2015	

حلالیت پروتئین

حلالیت پروتئین به عنوان اولین شاخص اندازه‌گیری ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌ها مطرح است (اسدیپور و همکاران، ۱۳۸۹) و به خواص پروتئین و حلال، pH، غلظت و بار الکتریکی یون‌های دیگر و دما بستگی دارد (Vadivel and Janardhanan, 2001). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود حلالیت پروتئین آرد مورد بررسی در این پژوهش، کاملاً وابسته به تغییرات pH می‌باشد. در این بررسی شاهد روند U شکل پروفایل حلالیت در محدوده pH ۱۲-۲ و گستره وسیعی از حلالیت در این دامنه بودیم. بیشترین میزان حلالیت پروتئین (۱۵/۶۲۲mg/ml) در pH=۴/۵ و کمترین میزان حلالیت (۱/۰۴۱mg/ml) در pH=۴/۵ مشاهده شد. نقطه حداقل حلالیت پروتئین‌های موجود بود (شکل ۲). pH بین ۴-۵ در اکثر منابع نقطه حداقل حلالیت گزارش شده است و از طرفی مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که پروتئین‌ها دارای حداقل حلالیت در ناحیه ایزوالکتریک می‌باشند (Sathe and Adebawale et al, 2005). بنابراین pH=۴/۵ را می‌توان به‌عنوان نقطه ایزوالکتریک پروتئین آردهای موجود در نظر گرفت. نکته قابل توجه در نمودار که با نتایج اکثر مطالعات مطابقت دارد، افزایش مقدار پروتئین محلول با کاهش pH از نقطه ایزوالکتریک به سمت pH

مقدار درصد پروتئین در آرد گاوदानه ($26/0 \pm 98/16$) محاسبه شد که با توجه به مقدار بالای پروتئین، آرد حاصل و فراورده‌های پروتئینی آن می‌توانند به عنوان جایگزین پروتئین‌های حیوانی مطرح باشند. همان‌طور که در جدول‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، این مقدار کمتر از مقادیر درصد پروتئین در آرد دانه‌های نخود، لوبیای چیتی، عدس و لوبیای قرمز (اسدیپور و همکاران، ۱۳۸۹) و بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط Kaur و همکاران (۲۰۰۷) برای نخود فرنگی و لوبیای سودانی بود. همچنین مقدار درصد چربی در دانه گاوदानه بیشتر از مقادیر گزارش شده برای این دانه‌ها در نتایج اسدیپور و همکاران (۱۳۸۹) بود. البته نقش کیفیت پروتئین در ویژگی‌های عملکردی بالاتر از کمیت آن است و میزان بالای پروتئین دلیل بر بهتر بودن ویژگی‌های عملکردی آن نیست بلکه به سایر ترکیبات موجود در نمونه نظیر چربی، کربوهیدرات و غیره نیز وابسته است. علاوه بر این کیفیت و آرایش فضایی پروتئین و میزان اسیدهای آمینه آب‌دوست و آبریز از شاخص‌های اصلی در تعیین ویژگی‌های عملکردی می‌باشند (اسدیپور و همکاران، ۱۳۹۰؛ Boye et al, 2010).

بررسی پارامترهای رنگ

یکی از پارامترهای مهم در مورد آرد و فراورده‌های پروتئینی نظیر کنسانتره و ایزوله پروتئینی، رنگ آنها می‌باشد. پارامتر L^* نشان‌دهنده درجه روشنی می‌باشد و مقادیر ۰ تا ۱۰۰ را می‌تواند به خود اختصاص دهد، هر قدر میزان L^* بیشتر باشد نشان‌دهنده روشن‌تر بودن رنگ است (Kaur and Singh Sandha, 2010).

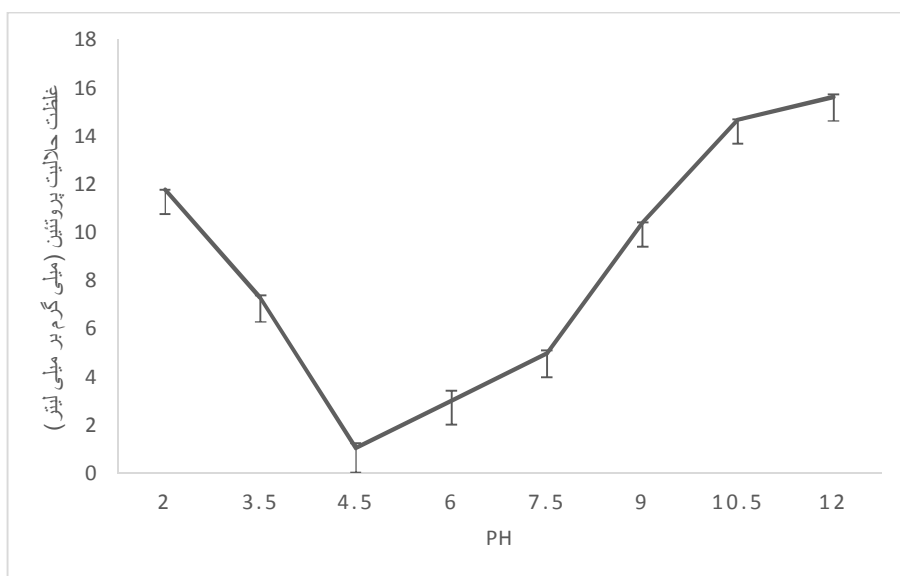
جدول ۶- پارامترهای رنگ آرد گاوदानه

نمونه	پارامتر رنگ	L^*	a^*	b^*
آرد گاوदानه بدون پوسته	$88/2 \pm 28/48^a$	$2/12 \pm 0/05^a$	$22/2 \pm 21/40^a$	
آرد گاوदानه با پوسته	$82/5 \pm 58/166^b$	$1/71 \pm 0/01^b$	$21/5 \pm 22/186^b$	

با توجه به مقادیر گزارش شده در جدول ۶ مولفه L^* آرد بدون پوسته بیشتر است که نشان‌دهنده روشن‌تر بودن این آرد در صورت حذف پوسته می‌باشد. پوسته دانه‌ها حاوی قسمت عمده خاکستر و رنگدانه‌ها می‌باشند که با حذف این قسمت رنگ آرد روشن‌تر می‌شود. همچنین با حذف پوسته دانه‌ها مولفه‌های a^* و b^* آرد تغییر می‌کند، زیرا پوسته دانه رنگ مایل به قهوه‌ای دارد و حذف پوسته سبب مشخص‌تر شدن رنگ زرد و نارنجی بخش‌های داخلی دانه می‌گردد. در جدول ۷ مولفه‌های رنگی آرد برخی دانه‌ها گزارش شده است که با مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش با مقادیر گزارش شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که آرد گاوदानه بدون پوسته از نظر روشنایی

افزایش گروه‌های هیدروفیل در سطح پروتئین مؤثرتر از pH‌های اسیدی عمل کرده‌اند. این یافته‌ها مشابه نتایج بیان شده توسط محققان مختلف است (اسدپور و همکاران، ۱۳۸۹؛ فیضی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Kaur and Lawal, 2004; Kaur and Singh, 2007; Singh Sandha, 2010).

اسیدی است، البته حلالیت در محدوده pH قلیایی بالاتر از اسیدی بود. با افزایش یا کاهش pH از نقطه‌ی ایزوالکتریک، دافعه الکترواستاتیک زیاد شده و در نتیجه حلالیت افزایش می‌یابد. همچنین در این حالت میزان زنجیره‌های جانبی آب‌گریز کاهش یافته و آب-گیری یونی به‌ویژه در مقادیر بالاتر pH افزایش می‌یابد (Damodaran, 1996). در مورد آردها احتمالاً pH‌های قلیایی در



شکل ۲- مقادیر پروتئین محلول آرد گاوآنه در مقادیر مختلف pH

بر گرم آرد عنوان کردند. در جدول ۸ مقادیر جذب آب در آرد دانه‌های مختلف قابل مشاهده است. همانطور که از جدول مشاهده می‌شود، مقدار جذب آب بدست آمده برای آرد دانه گاوآنه از آرد مرما، شنبليله، نخود و عدس، اما از آرد سویا کمتر است که این نشان‌دهنده قابلیت مناسب استفاده از آرد گاوآنه می‌باشد. این تفاوت را می‌توان به تفاوت در درصد متفاوت ترکیبات تشکیل‌دهنده آرد و احتمالاً تفاوت در نوع اسیدهای آمینه نسبت داد.

جذب روغن یک پدیده‌ی فیزیکی است که تحت عنوان محبوس شدن فیزیکی روغن تعریف می‌شود و آن را به زنجیره‌های غیرقطبی پروتئین و همچنین به شکل فضایی پروتئین نسبت می‌دهند (Traynham et al., 1979; Kinsella, 2007; Kaur and Singh, 2007). بالا بودن ظرفیت جذب روغن پارامتر مهمی است که به قابلیت نگهداری عطر و طعم در مواد غذایی و بهبود خصوصیات امولسیون‌کنندگی کمک می‌کند (Kinsella, 1979). ظرفیت جذب روغن آرد بدون پوسته گاوآنه 1.77 ± 0.3 گرم آب بر گرم آرد بدست آمد. این میزان از مقادیر گزارش شده توسط رواقی و همکاران (۱۳۸۹) برای آردهای سویا با درصد چربی مختلف (۱/۳۰ - ۱/۰۹)

ظرفیت جذب آب و روغن

ظرفیت جذب آب، بیانگر توانایی اجزا در تجمع و گیرانداختن مولکول آب در شرایطی است که محدودیت میزان آب وجود دارد. این ویژگی عملکردی به ترکیب اسیدهای آمینه، آرایش فضایی پروتئین، میزان آب‌دوستی و آب‌گریزی پروتئین، حضور کربوهیدرات‌های آب‌دوست و فیبر خام بستگی دارد (Seena; Sikorski, 2002; Wu et al, 2009; Yu et al, 2007; and Sridhar, 2005). همچنین جذب آب با افزایش میزان چربی در نمونه کاهش می‌یابد، زیرا وجود چربی باعث پوشاندن مکان‌های قابل اتصال با آب و کاهش بخش‌های در دسترس برای اتصال گروه‌های هیدروفیل با آب می‌شود (Adebawal et al, 2005; Heywood et al, 2002).

در این پژوهش قابلیت جذب آب آرد بدون پوسته گاوآنه به میزان 2.01 ± 0.1 گرم آب بر گرم آرد بود؛ این در حالی است که مقادیر به‌دست آمده توسط Taha و El-Adaway (۲۰۰۱) در گستره گزارش شده برای آرد چربی‌گیری شده هندوانه و کدو به ترتیب ۲/۵۵ و ۲/۵۱ گرم آب در گرم نمونه بود. فیضی و همکاران (۱۳۹۲) نیز ظرفیت جذب آب آرد شنبليله و سویا را به ترتیب ۱/۷۵ و ۲/۶ میلی‌لیتر

برای آرد شنبلیله (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲) و سویا (Maruatona et al, 2010) است. مقدار بدست آمده از مقادیر گزارش شده برای آرد عدس و نخود (Du et al, 2012) بیشتر اما از نتیجه بدست آمده توسط Maruatona و همکاران (۲۰۱۰) برای آرد مراما کمتر بود.

گرم/ گرم) و ایزوله پروتئین تجاری سویا (۱/۲۶ گرم برگرم) توسط Amza و همکاران (۲۰۱۱) بیشتر، اما از مقادیر گزارش شده برای آرد کدو و هندوانه (به ترتیب ۳/۸۵ و ۳/۸۹ میلی‌لیتر روغن/ گرم آرد) توسط El-Adaway و Taha (۲۰۰۱) کمتر بود. همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌گردد این میزان متناسب با مقدار گزارش شده

جدول ۸- ظرفیت جذب آب و جذب روغن آرد حیوانات مختلف

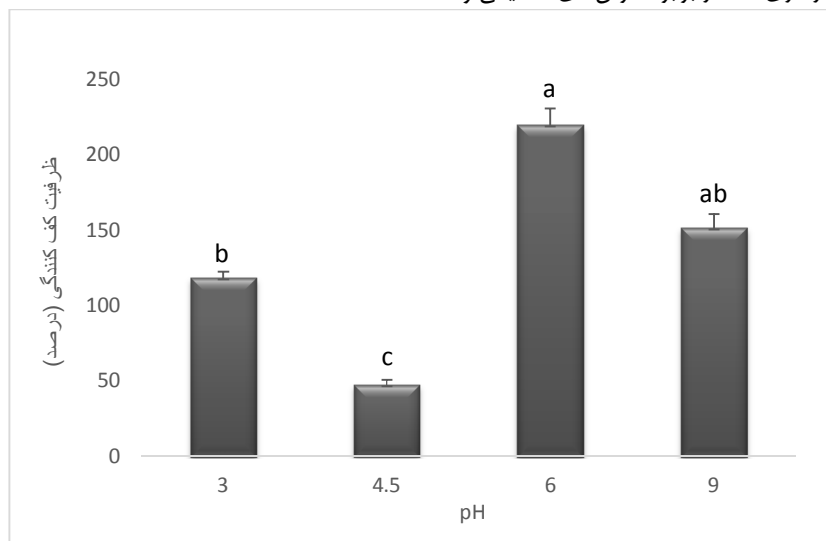
نوع آرد	ظرفیت جذب آب	ظرفیت جذب روغن	منبع
سویا	۴/۳	۱/۸±۰/۱	Maruatona et al, 2010
ماراما	۱/۵	۲/۷±۰/۱	Maruatona et al, 2010
شنبلیله	۱/۷۵±۰/۳۵	۱/۷۷±۰/۰۳	فیضی و همکاران، ۱۳۹۲
عدس	۱/۳۳±۰/۰۲	۰/۹۳	Du et al, 2012
نخود	۱/۱۹±۰/۰۱	۱/۱۰±۰/۰۲	Du et al, 2012

گرانش اتلاق شده و بصورت تغییر در حجم کف در طول یک بازه زمانی خاص (۹۰-۰ دقیقه) تعریف می‌گردد (Oladele & Aina, 2007) دلیل ایجاد کف در آرد مربوط به وجود پروتئین‌های فعال سطحی است (Kinsella, 1979).

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که مقادیر مختلف pH اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های کف‌کنندگی دارد. قدرت کف‌کنندگی آرد گاودانه در مقادیر مختلف pH در نمودار زیر نمایش داده شده است.

ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف

کف در مواد غذایی شامل پراکنندگی حباب‌های گاز در داخل یک فاز مایع و یا یک فاز نیمه جامد پیوسته است. خاصیت کف‌کنندگی به‌عنوان درصد افزایش حجم ناشی از زدن تعریف می‌گردد و معمولاً در ایجاد خصوصیات رئولوژیکی مطلوب در مواد غذایی نظیر بافت نان، کیک، خامه زده‌شده و بستنی نقش اساسی دارد و پایداری کف به توانایی پروتئین برای پایدارسازی کف در برابر استرس‌های مکانیکی و



شکل ۳-مقادیر ظرفیت کف‌کنندگی آرد گاودانه در مقادیر مختلف pH

همخوانی داشت. دور شدن از نقطه ایزوالکتریک و افزایش بار خالص پروتئین، احتمالاً به انعطاف‌پذیری بیشتر پروتئین کمک کرده و مانع برهم‌کنش‌های هیدروفوب-هیدروفوب بین مولکول‌های پروتئین می‌گردد و باعث می‌شود پروتئین راحت‌تر به سطح بین دو فاز منتقل شده و حباب‌های هوا را محصور نماید و باعث افزایش ظرفیت کف-

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود قدرت کف‌کنندگی آرد در pH=۴/۵ کمترین و در pH=۶ دارای بیشترین مقدار می‌باشد. دلیل کاهش قدرت کف‌کنندگی در pH=۴/۵ فشردگی پروتئین‌ها در pH ایزوالکتریک بیان شده است که با نتایج اسدپور و همکاران (۱۳۹۰)، El Nasri and El Tinay (2007) و Lawal (2004) و

کنندگی گردد (اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰).

ظرفیت کف‌کنندگی برای آرد گاودانه در $pH=6$ به میزان ۲۱۹ درصد محاسبه گردید. در حالی که این ویژگی به ترتیب ۶۸، ۶۴/۵ و ۳۵/۵ درصد گزارش شده است. وجود اختلاف مقادیر ظرفیت کف‌کنندگی به مقدار و نوع پروتئین‌های محلول و نیز مقدار لیپیدهای قطبی و غیر قطبی آن‌ها نسبت داده شده است (اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰).

پایداری کف حاصل از آرد گاودانه در pH سطح ۴ و تابعی از زمان در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، پایداری کف در تمامی سطوح pH با گذشت زمان کاهش می‌یابد. علاوه بر این بیشترین میزان پایداری کف در مورد آرد گاودانه در $pH=4/5$ مشاهده گردید. پایداری در pH ایزوالکتریک را می‌توان به صفر بودن برآیند بار الکتریکی در pI ، کاهش نیروهای دافعه الکتروستاتیک، افزایش پایداری و استحکام برهم‌کنش‌های هیدروفوب-هیدروفوب بین مولکول‌های پروتئین و در نتیجه ایجاد یک لایه ویسکوز و پایدار اطراف حباب‌های هوا نسبت داد. می‌توان عنوان کرد بین قدرت کف‌کنندگی و پایداری کف رابطه معکوسی وجود دارد و آردهایی که قدرت کف‌کنندگی بالایی دارند حباب‌های بزرگتر با دیواره‌ای از فیلم پروتئینی با قدرت انعطاف‌پذیری کمی ایجاد می‌کنند که این کف‌ها سریع‌تر متلاشی می‌شوند و پایداری کمتری دارند. این نتایج با یافته‌های Lawal (۲۰۰۴) در مورد ایزوله پروتئین لوبیای لوکاس، و همچنین اسدپور و همکاران (۱۳۹۰) در مورد آردهای عدس، نخود، لوبیا قرمز و لوبیا چیتی و نیز یافته‌های محققانی نظیر (Seena and Sridhar 2005) و (Arogundade 2004) هم‌خوانی داشت.

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

تولید امولسیون و پایداری آن در سیستم‌های غذایی مانند سس-های سالاد اهمیت دارد. پروتئین‌ها از اسیدهای آمینه باردار، اسیدهای آمینه قطبی غیرباردار و آمینواسیدهای غیرقطبی تشکیل شده‌اند که به پروتئین ویژگی امولسیفایری می‌بخشد. ظرفیت امولسیون‌کنندگی یک پروتئین کامل به تعادل بخش‌های هیدروفیل-هیدروفوب بستگی دارد و بنابراین وابسته به pH است؛ علاوه بر آن pH قلیایی اثر بیشتری نسبت به pH اسیدی دارد (Ragab et al, 2003).

بررسی آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد اثر pH سطح مختلف بر ظرفیت امولسیون‌کنندگی نمونه‌ها معنی‌دار است ($P<0.05$). با توجه به شکل ۵، کمترین مقدار امولسیون‌کنندگی در $pH=4/5$ مشاهده شد که نزدیک به pH ایزوالکتریک است. این مشاهده با نتایج (El Nasri and El Tinay 2007) در مورد ایزوله پروتئین شنبلیله،

(Lawal 2004) در مورد ایزوله پروتئین لوبیای لوکاسو، اسدپور و همکاران (۱۳۹۰) در مورد آرد حبوبات مختلف هم‌خوانی داشت. دلیل کاهش ظرفیت امولسیون‌کنندگی در نقطه ایزوالکتریک کاهش حلالیت پروتئین در این نقطه عنوان شده است (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین ظرفیت امولسیون‌کنندگی با مقدار پروتئین‌های حل‌شونده در محلول مرتبط است (El Nasri and El Tinay, 2007; Ragab et al, 2003). کاهش حلالیت منجر به کاهش سرعت مهاجرت پروتئین به سمت لایه بین سطحی آب و روغن شده و میزان جذب پروتئین در لایه بین سطحی کاهش می‌یابد. به همین دلیل با کاهش غلظت پروتئین در لایه بین سطحی فعالیت امولسیون‌کنندگی کاهش می‌یابد (Piornos et al, 2015).

بیشترین ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد گاودانه در $pH=9$ مشاهده گردید که دقیقاً منطبق بر نمودار حلالیت پروتئین (شکل ۲) می‌باشد. این نتایج با نتایج پژوهش اسدپور و همکاران (۱۳۹۰) روی آرد لوبیای قرمز و نتایج Adebawal (۲۰۰۵) روی آرد سه نوع حبوبات مطابقت دارد.

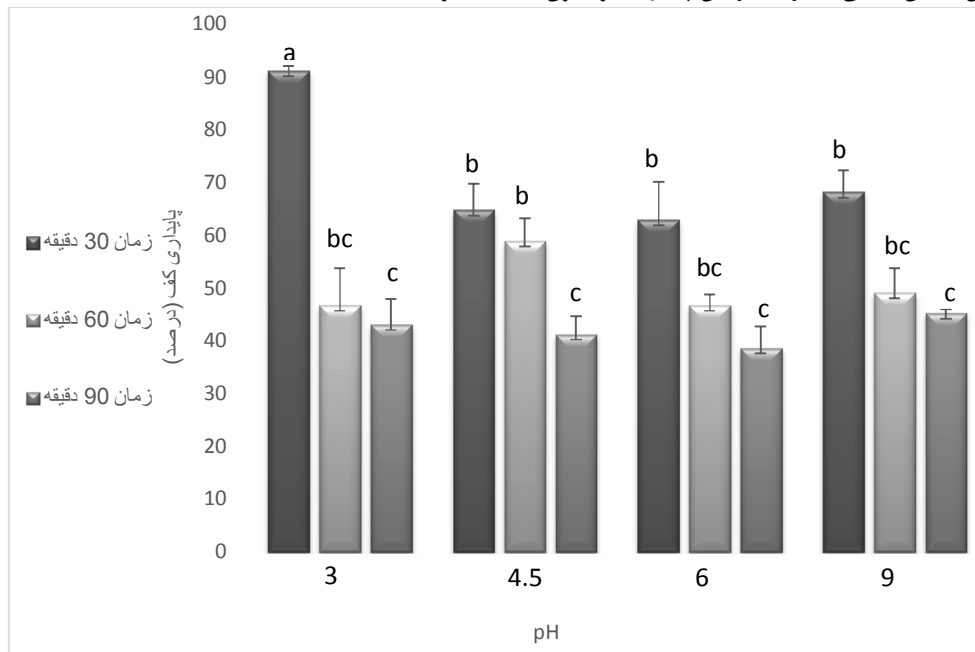
پروتئینی که قابلیت حل‌شوندگی بیشتری دارد به سرعت به لایه بین سطحی روغن-آب مهاجرت کرده و ایجاد امولسیون پایداری می‌کند. در pH های قلیایی شدید نظیر $pH=9$ به دلیل افزایش بار سطحی و در نتیجه حلالیت به میزان زیادی افزایش می‌یابد و باعث می‌گردد پروتئین در فاز آبی از پایداری بیشتر و سطح انرژی کمتر برخوردار باشد و باعث کاهش کشش سطحی و افزایش ظرفیت امولسیون‌کنندگی گردد

در مورد پایداری امولسیون، اثر زمان‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه بر پایداری امولسیون معنی‌دار بود ($P<0.05$). همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود با گذشت زمان، پایداری امولسیون کاهش می‌یابد که علت این کاهش می‌تواند به هم پیوستن ذرات فاز پراکنده (قطرات روغن) در طی زمان باشد. در مورد اثر pH بر پایداری امولسیون‌ها نتایج نشان داد مقادیر پایداری در pH قلیایی بیشتر از pH اسیدی است به طوری که این پایداری در $pH=9$ اختلاف معنی‌داری با سایر pH ها دارد. در pH ایزوالکتریک نیروهای دافعه پروتئین ضعیف می‌باشند و ذرات امولسیون تمایل به بهم پیوستگی و انعقاد دارند بنابراین امولسیون پایداری ضعیفی ایجاد می‌کند. Lawal (۲۰۰۴) و فیضی و همکاران (۱۳۹۲) نیز بیان کردند کمترین پایداری امولسیون در نقطه pI می‌باشد. Lawal (۲۰۰۴) علت احتمالی کاهش پایداری امولسیون در pI را کاهش بیش از اندازه نیروهای دافعه در این pH و در نتیجه تشدید اتصال، تجمع و نهایتاً لخته‌شدن مولکول‌های پروتئین بیان داشت. تغییرات pH و تغییر در گروه‌های باردار می‌تواند به بهبود خاصیت آگریزی سطحی کمک نماید.

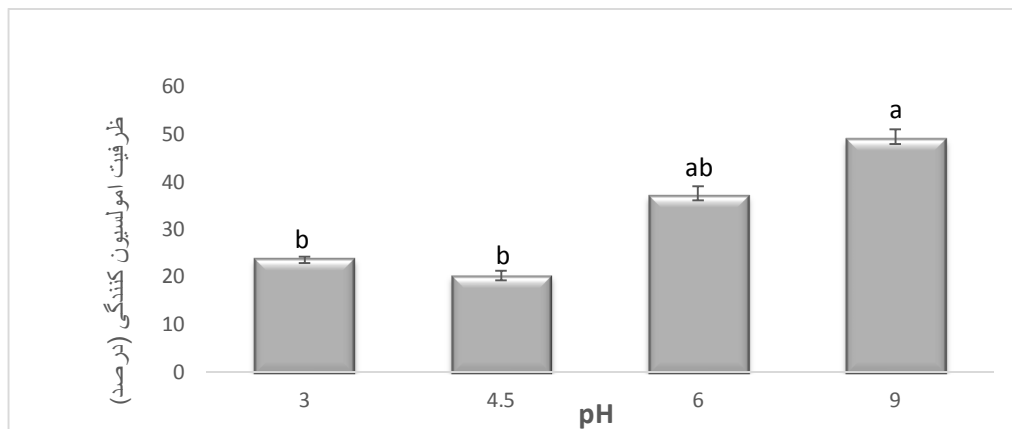
در pH های قلیایی شدید نظیر ۹ حلالیت به میزان زیادی افزایش می‌یابد و باعث می‌گردد پروتئین در فاز آبی از پایداری بیشتر برخوردار

Isoelectric point

باشد و با کاهش کشش سطحی منجر به افزایش پایداری امولسیون - شود.



شکل ۴-مقادیر پایداری کف آرد گاودانه در مقادیر مختلف pH و زمان



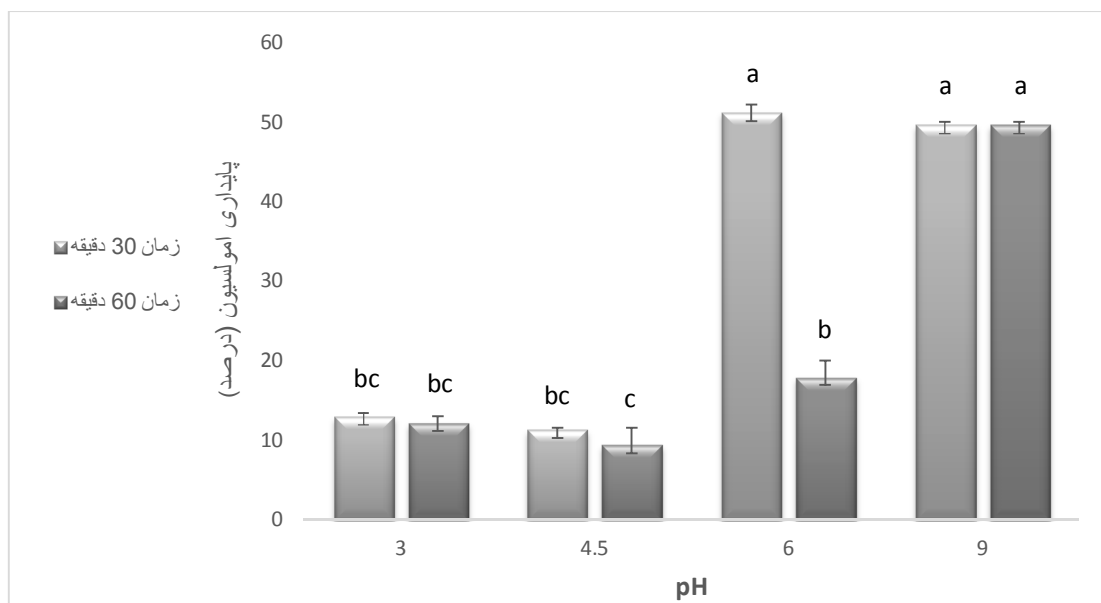
شکل ۵-مقادیر ظرفیت امولسیون کنندگی آرد گاودانه در مقادیر مختلف pH

انعقاد آنها را به تعویق می‌اندازند و بنابراین پایداری حاصل می‌گردد (Piornos *et al*, 2015). ارتباط بین پایداری امولسیون و pH مانند رابطه بین حلالیت پروتئین و pH می‌باشد که با نتایج مطالعات Ragab و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت داشت. Zayas Hung and (۱۹۹۱) عوامل متعددی شامل pH، اندازه ذرات، بار خالص، ویسکوزیته، تنش بین سطحی و ساختار^۱ پروتئین را بر پایداری امولسیون مؤثر می‌دانستند.

علاوه بر این در pHهای شدید قلیایی یا اسیدی، بدلیل دناتوره شدن پروتئین، چسبندگی بین فاز آب و چربی افزایش یافته و استحکام لایه بین آب و روغن بیشتر می‌شود (Lawal *et al*, 2004) همچنین در این H ها به دلیل افزایش ویسکوزیته ناشی از واکنش‌های بین پروتئینی، استحکام فیلم پروتئینی تشکیل شده در فضای بین دو فاز افزایش یافته و در نهایت پایداری امولسیون افزایش می‌یابد (Lawal *et al*, 200)

هرچه بار الکتریکی اطراف ذرات چربی زیاد باشد نیروهای دافعه،

^۱conformation



شکل ۶- مقادیر پایداری امولسیون آرد گاو دانه در مقادیر مختلف pH و زمان

پروتئینی بالقوه مورد بررسی‌های بیشتر قرار گیرد. در بخش دوم خواص عملکردی آرد و اثر pH بر این خواص مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد آرد حاصل دارای ویژگی‌های عملکردی مطلوب و قابل مقایسه با سایر حبوبات می‌باشد. علاوه بر این نتایج نشان داد ویژگی‌های عملکردی تحت تاثیر pH بوده و با دور شدن از نقطه ایزوالکتریک و افزایش حلالیت پروتئین، بجز ویژگی پایداری کف، سایر ویژگی‌های عملکردی روند افزایشی داشتند. بنابراین با تغییر pH، می‌توان برخی از خواص را برای مصارف خاص، بهبود داد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با هدف شناخت گاو دانه و آرد حاصل از آن، به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مکانیکی دانه و نیز ویژگی‌های عملکردی آرد حاصله پرداخته شد. در بخش اول، خصوصیات مکانیکی رایج شامل: ابعاد، قطر حسابی و هندسی، ضریب کرویت، دانسیته و تخلخل و متوسط ضرایب اصطکاکی در لایه‌های مختلف اندازه‌گیری و با سایر دانه‌ها مقایسه گردید. این دانه دارای پوسته خاکستری رنگ و مغز نارنجی بود. میزان پروتئین و چربی آن به ترتیب ۲۶ درصد و ۹ درصد بدست آمد. بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک منبع

منابع

- AACC. American Association of Cereal Chemists. Approved Method. 2003. 08-03, 8th ed., St. Paul, MN, USA.
- Adebowale, Y. A., Adeyemi, I. A., and Oshodi, A. A. 2005. Functional and physicochemical properties of flours of six *Mucuna* species. *African Journal of Biotechnology* 4 (12): 1461-1468.
- Ameri Shahrabi A., Badii F., Ehsani M.R., Maftoonazad N., Sarmadizadeh D., 2011. Functional and thermal properties of chickpea and soy-protein concentrates and isolates. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*. 6(3). 49-58.
- Amza, T. Amadou, I. Zhu, K. and Zhou, H. 2011. Effect of extraction and isolation on physicochemical and functional properties of an underutilized seed protein: Gingerbread plum (*Neocarya macrophylla*). *Food Research International*, 44: 553 – 559.
- Arogundade L.A., Akinfenwa M.O., and Salawu A.A. 2004. Effect of NaCl and its partial or complete replacement with KCl on some functional properties of defatted *Colocynthis citrullus* L. seed flour. *Food Chemistry*, 84: 187-193.
- Assadpour, E.; Jafari, S. M.; Mahoonak, A. S.; Ghorbani, M., 2010. Evaluation of Protein Solubility and Water and Oil Holding Capacity of the Legume Flours, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 6(3), 184-192.
- Assadpour, E.; Jafari, S.M.; Mahoonak, A.S.; Ghorbani, M., 2011. Evaluation of emulsifying and foaming capacity of the legume flours and the influence of pH and ionic strength on these properties, *Iranian Food Science and*

- Technology Research Journal*, 7(1), 80-91.
- Belido, L. 1994. Legumes for animal feed. http://www.hortprudue.edu/new_crop/1492/legume-animal.Html.
- Boye J, Zare F, Pletch A. 2010a. Pulse protein: Processing, characterization, functional properties and application in food and feed. *Food Research International*, 43: 414-431.
- Boye J.I., Aksay S., Roufik S., Ribéreau S., Mondor M., Farnworth E., Rajamohamed S.H. 2010b. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultra filtration and isoelectric precipitation techniques. *Journal of Food Research International*, 43: 537-546.
- Coffman, C. W., & Garcia, V. V. 1977. Functional properties and amino acid content of protein isolate from mung bean flour. *Journal of Food Technology*, 12, 473-484.
- Damodaran, S. 1996. Functional properties. Food proteins: properties and characterization. VCH, New York, pp 167-234.
- Du, S., Jiang, H., Yu, X., Jane, J. 2012. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *LWT - Food Science and Technology*, 55, 308-313.
- El Nasri, N. A., & El Tinay, A. H. 2007. Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 103, 582-589.
- El-Adaway, T. A., & Taha, K. M. 2001. Characteristics and composition of Watermelon, Pumpkin, and Paprika seed oils and flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 1253-1259.
- Farran, M.T., Dakessian, P.B., Uwayjan, M.G., Seliman, F.T., Adada, F.A., and Ashkarian, V.M. 1998. Performance of broilers and layers fed high levels of treated vetch (*Vicia sativa*) seeds. *Poultry Science*. 74:1630-1635.
- Feizi S., Varidi M., Zare F. and Varidi M.J., 2013. Investigation of chemical composition, color parameters, and functional properties of Fenugreek flour and comparison with soybean flour. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 2(2), 121-138.
- Golpira H, Tavakoli T., Khoshtaghaza M., Minaei S., 2009. Determination of some mechanical properties of pea for use in designing of harvesting machines. *Journal of Agricultural Science*, 19(2). 1-9.
- Heywood, A.A. Myers, D.J. Bailley, T.B. Johnson, L.A. 2002. Functional Properties of Low-Fat Soy Flour Produced by an Extrusion-Expelling System. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79: 1249-1253.
- Hung, S. C., & Zayas, J. F. 1991. Emulsifying capacity and emulsion stability of milk proteins and corn germ protein flour. *Journal of Food Science*, 56, 1216-1223.
- Joshi, A. U., Liu, C., Sathe, S. K. 2015. Functional properties of select seed flours. *LWT - Food Science and Technology* 60: 325-331.
- Kanu, P. J., Kerui, Z., Ming, Z. H., Haifeng, Q., Kanu, J. B., and Kexue, Z. 2007. Sesame protein: Functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) protein isolate as influenced by pH, temperature, time and ratio of flour to water during its production. *Asian Journal of Biochemistry*, 5: 289-301.
- Kaur, M., Singh Sandha, K. 2010. Functional, thermal and pasting characteristics of flours from different lentil (*Lens culinaris*) cultivars. *Journal of food science and technology-mysore* 47(3):273-278.
- Kaur, M., Singh, N. 2007. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea cultivars. *Food Chemistry*, 102: 366-74.
- Kinsella, J. E. 1979. Functional properties of soy protein. *Journal of American Oil Chemists Society*, 56: 242-249.
- Lawal, O. S. 2004. Functionality of African locust bean (*Parkia biglobosa*) protein isolate: effects of pH, ionic strength and various protein concentrations. *Food Chemistry*, 86: 345-355.
- Majzoubi, M., Abedi, E., Farahnaki, A., Aminlari, M. 2012. Functional properties of acetylated glutenin and gliadin at varying pH values. *Food Chemistry*, 133 :1402-1407.
- Maruatona, G. N., Duodu, K. G., Minnaar, A. 2010. Physicochemical, nutritional and functional properties of marama bean flour. *Food chemistry*, 121, 400-405.
- Mir, S. A., Bosco, S. J. D. Sunooj, K. V. 2013. Evaluation of physical properties of rice cultivars grown in the temperate region of India. *International Food Research Journal* 20(4): 1521-1527.
- Mohammadi-moghadam A., Razavi S.M.A., and Niknia S., 2008. Study on physical properties of Balango and Shahi seeds. Proceeding of The fifth national congress on agricultural machines and mechanization Engineering. Pages: 1-9.
- Mohsenin, N. N., 1978. Physical Properties of Plant and Animal Materials: Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties. *Gordon and Breach Science Publishers*, New York.
- Oladele, A.K. Aina, J. O. 2007. Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). *African Journal of Biotechnology* .6: 2473-2476.
- Owusu-Apenten, R. K. 2002. Food protein analysis Quantitative effects on processing. Marcel Dekker, Inc. Basel. New York.
- Piornos, J. A., Burgos-Díaz, C., Ogura, T., Morales, E., Rubilar, M., Maureira-Butler, E., Salvo-Garrido, H. 2015. Functional and physicochemical properties of a protein isolate from AluProt-CGNA: A novel protein-rich lupin variety (*Lupinus luteus*). *Food Research International*, 76(3):719-724.
- Ragab, D. M., Babiker, E. E., & El Tinay, A. H. 2003. Fractionation, solubility and functional properties of cowpea

- (*Vigna unguiculata*) proteins as affected by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*, 84, 207-212.
- Ravaghi M. Mazaheri M. Asoodeh A. 2011. Role of Soy Flour Type and Production Procedure on Chemical and Functional Properties of Its Protein Concentrate. *Journal of Food Research* 21(1). 71-82.
- Razavi S.M.A. and Akbari R. 2012. Biophysical properties of Agricultural and Food materials, Published by Ferdowsi University of Mashhad, IRAN.
- Razavi, S. M. A.; Zahedi, I.; Mahdavian Mehr, H. 2009. Some Engineering Properties of Plantago major L. (Barhang) Seed, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 5(2), 88-96.
- Razavi, M.A., Fathi, M. 2009. Moisture-Dependent Physical Properties of Grape (*Vitis vinifera* L.) Seed. *Philippine Agricultural Scientist*, 92:201-212.
- Razavi S.M.A., Tavakoli J., haji Mohamamdi Farimani R. 2006. Study on physical properties of four different modified type of Iranian wheat seed. *Journal of engineering research in Agriculture*, Page 1-6.
- Sadeghi M., Abbasi M. and Masoomi A. 2010. Physical and Aerodynamic Properties of Pinto Bean Grain as Affected by Moisture Content, *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 42(2). 145-152.
- Sadeghi, Gh. Samie, A., Pourreza, J., and Rahmani, H.R. 2004. Canavanine content and toxicity of raw and treated bitter vetch (*Vicia ervilia*) seeds for broiler chicken. *International journal of poultry science*, 3(8):522-529.
- Sathe, S. K., Salunkhe, D. K. 1981. Functional properties of great northern bean proteins: emulsion, foaming, viscosity and gelation properties. *Journal of Food Science*, 46: 71-75.
- Seena, S. K., Sridhar, R. 2005. Physicochemical, functional and cooking properties of Canavalia, *Food Chemistry*, 32: 406 - 412.
- Shokrollahi Yanchedhmeh, B; Mohebbi, M; Varidi, M; Ansarifar, E, 2014. Effects of Temperature, Frying time and Lentil Flour Addition to the batter formulation on quality of simulated fried crust by using a Deep-Fried Model System, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(3). 266-275.
- Sikorski, Z. E. 2002. Chemical and Functional Properties of Food Components. Florida, CRC Press.
- Sosulski F., Garratt, M. D., and Slinkard, A. E. 1976. Functional Properties of Ten Legume Flours. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 9(2): 66-69.
- Traynham, T.L., Myers, D.J., Carriquiry, A.L., Johnson, L.A., and Amer, J. 2007. Evaluation of water holding capacity for wheat-soy flour blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84: 151-155.
- Vadivel, V., Janardhanan, K. 2001. Nutritional and anti-nutritional attributes of the under-utilized legume, Cassia floribunda Cav. *Food Chemistry*, 73: 209-215.
- Wu, H., Wang, Q., Maa, T., Ren, J. 2009. Comparative studies on the functional properties of various protein concentrate preparations of peanut protein. *Food Research International*, 42: 343-348.
- Yal-cin, C. Ozarslan, O. 2004. Physical Properties of Vetch Seed. *Biosystems Engineering*, 88: 507-512.
- Yu, J., Ahmedna, M., Goktepe, I. 2007. Peanut proteins concentrate: Production and functional properties as affected by processing. *Journal of Food Chemistry* 103: 121-129.



Evaluation the physicochemical and mechanical properties of bittervetch seed (*Vicia ervilia*) and the functional properties of its flour

M. Taghizadeh^{1*}, B. Shokrollahi², F.Hamedi²

Received: 2016.07.08

Accepted: 2016.12.31

Introduction: Lack of protein is one of the most challengeable subjects which are being discussed by nutritionists as well as food manufacturers in all over the world. Therefore, the search for the new sources of edible proteins is one of the interests of food researchers. Among all food sources, legumes are one of the most known sources of proteins. Bittervetch (*Vicia ervilia*) seed is one of the legumes families which have a similar shape to red lentil (Farran et al, 1998). The seed has high nutritional value and is able to grow in shallow soil. Having protein content of more than 26.65% (Sadeghi et al., 2004), has make the bittervetch seed a good option to be investigated as a new source of protein. The object of this study was to investigate the physicochemical and mechanical properties of bittervetch seed as well as studying the functional properties of the result flour regarding to introduce a new and beneficial source of protein.

Materials and Methods: Bittervetch seed was obtained from local market in Shahrekord city and was cleaned, skinned and milled. The obtained flour was then refrigerated at 4°C for further tests. Physical properties of the seed including size, dimension, mass, true and bulk density as well as porosity were measured using standard methods and calibrated equipments.

In the case of mechanical properties, static coefficient of friction on fur different surfaces as well as the filling and emptying angle of repose were determined.

Chemical composition of both the seed and skinned seed's flour (moisture content, fat, protein and ash) were determined using standard methods (AACC, 2003). The carbohydrate content of the samples was determined by subtraction of the sum of other compositional substances from 100.

Color properties, protein solubility, water and oil absorption capacity, foaming capacity and emulsifying capacity were also measured for the flour obtained from skinned bittervetch seed.

Results and discussion: The results obtained from the measurement of physical properties for the bittervetch seed showed that length, width and height of the seeds were in the range of 3.11mm to 4.18mm, 3.16mm to 4.34mm and 3.32mm to 4.98mm, respectively. The average values of 3.564 ± 0.223 mm, 3.620 ± 0.185 mm and 3.836 ± 0.222 mm for the length, width and height of bittervetch seeds, respectively. The surface area of seeds was found to be in the range of 34.991mm^2 to 62.187mm^2 . True density, bulk density and porosity of samples were found to be in the range of 1321mm^3 to 1322.8mm^3 , 0.786mm^3 to 0.802mm^3 and 39.879% to 41.060%, respectively. According to the results obtained the highest mean for the coefficient of friction was belonged to the three-layer wood surface (0.435 ± 0.003) and the second highest coefficient of friction was belonged to rubber (0.424 ± 0.003) proving the these two surfaces are not appropriate for handling the bittervetch seed. The lowest friction coefficient was found for the glass (0.194 ± 0.003).

L* was measured for the obtained flour and the highest L* was found to belonged to skinned seed's flour showing the removing the skin would result in brighter flour.

The test on protein solubility showed high dependency of this parameter to pH of the flour proving the U-form dependency in the pH rage of 2-12. The highest solubility was observed in the pH level of 12 (15.622mg/ml) and the lowest protein solubility was observed at the pH level of 4.5 (1.041mg/ml). The flour of this seed contains 24% protein and 9% fat. Water and oil absorbing capacity were obtained 2.01 ± 0.01 and 1.77 ± 0.03 respectively (grams of water or oil per grams of sample). The results also showed that changes in

1 and 2. Assistant professor and PhD student, Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*Corresponding Author Email: mtaghizadeh@um.ac.ir)

pH, affected the solubility, foaming capacity, foaming stability, emulsion capacity and emulsion stability of bitter vetch flour.

Keywords: Bittervetch, Flour, Mechanical Properties, Functional Properties