

## بررسی خواص کاربردی آرد حبوبات واریته‌های بومی ایرانی

یزدان خسروی<sup>a\*</sup>، جواد کرامت<sup>b</sup>، ابراهیم حسینی<sup>c</sup>، علی اکبر کشاورز هدایتی<sup>d</sup>،  
الهام محمودی<sup>e</sup>

<sup>a</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرکرد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، شهرکرد، ایران

<sup>b</sup> دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، اصفهان، ایران

<sup>c</sup> استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کازرون، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، کازرون، ایران

<sup>d</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، گرگان، ایران

<sup>e</sup> دانش آموخته کارشناسی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، سمنان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۲/۳۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۱۲

### چکیده

**مقدمه:** حبوبات از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین برای تغذیه به شمار می آید. همچنین ارزش بیولوژیکی پروتئین حبوبات به سبب دارا بودن بسیاری از اسیدهای آمینه ضروری در مقایسه با سایر منابع تامین کننده پروتئین بسیار بالا می باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق ترکیب شیمیایی و خواص کاربردی (ظرفیت جذب آب و روغن، امولسیون کنندگی و تولید کف) آرد ۴ رقم از حبوبات ایرانی (باقلا، نخود، ماش و لوبیا قرمز) بررسی شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که میزان پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت موجود در آرد این حبوبات نسبت به یکدیگر بسیار متفاوت‌اند به طوری که میزان پروتئین در آرد نخود از همه بیشتر (حدود ۳۳/۳۳ درصد) و پس از آن به ترتیب در ماش، لوبیا و باقلا قرار دارد. ظرفیت جذب آب در محدوده ۰/۷۸ تا ۱/۳۸ گرم بر گرم بود در حالی که ظرفیت جذب روغن در بازه ۰/۷۹ تا ۰/۹۲ گرم بر گرم قرار داشت. ظرفیت امولسیون کنندگی حبوبات بین ۱۶ تا ۲۶ درصد بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه نشان داد که لوبیا قرمز قابلیت استفاده به عنوان جزئی از فرمولاسیون غذاهای عملگر را دارد که ارزش غذایی و ویژگی های عملکردی فرآورده را افزایش می دهد.

**واژه‌های کلیدی:** پایداری کف، پروتئین حبوبات، جذب آب، جذب روغن، خواص کاربردی

## مقدمه

حبوبات از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین، خصوصاً مردم کم درآمد جهان که بخش عظیمی را تشکیل می‌دهند به شمار می‌رود. حبوبات در تغذیه انسان می‌توانند مکمل غذایی خوبی برای غلات محسوب شوند و از نظر مصرف غذایی بعد از غلات حائز رتبه دوم هستند (Kaur & Singh, 2005). طبق آمار منتشره FAO سطح زیر کشت انواع حبوبات جهان در سال ۲۰۰۴ ۷۱ میلیون هکتار و تولید آنها ۶۳/۸ میلیون تن است. همچنین میزان صادرات این محصولات در سال ۲۰۰۳ بیش از ۱۱۳۴ هزار تن بوده است (FAO, 2008).

حبوبات از جمله گیاهانی هستند که مقدار زیادی پروتئین، کربوهیدرات، مواد معدنی، آهن، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و ویتامین‌ها خصوصاً ویتامین‌های گروه B دارند. در هرم راهنمای غذایی، حبوبات جزو گروه گوشت محسوب می‌شوند، چرا که حبوبات از نظر پروتئین غنی بوده ولی ارزش پروتئین آنها نسبت به گوشت کمتر است که این علت به دلیل کمبود اسیدهای آمینه گوگرددار (میتونین و سیستئین) در این گیاهان است. حبوبات پروتئین بیشتری (۱۸ تا ۵۰ درصد) نسبت به غلات (۱۰ تا ۱۵ درصد) دارند. حبوبات از نظر لیزین غنی هستند. محتوای بالای لیزین موجود در حبوبات، کمبود میزان لیزین غلات را جبران کرده و محتوای بالای میتونین غلات، کمبود این آمینواسید ضروری را در حبوبات بر طرف می‌کند (Janardhanan & Vadivel, 2001).

در سال‌های اخیر استفاده از حبوبات که هم دارای خواص کاربردی و هم ارزش تغذیه‌ای می‌باشند، رشد چشمگیری در سبد غذایی خانوارها به صورت ارزان‌ترین و فراوان‌ترین منبع پروتئینی داشته است. برای اینکه پروتئین‌های موجود در منابع گیاهی بتوانند به طور موثر و موفقیت آمیز در محصولات غذایی مختلف مورد استفاده قرار گیرند، باید دارای چندین ویژگی مطلوب باشند که به خواص کاربردی معروف هستند مانند خاصیت ژل‌کنندگی<sup>۱</sup>، تشکیل امولسیون، کف‌کنندگی و غیره.

به طور کلی از پروتئین‌های گیاهی به عنوان ترکیبات عملگر برای بهبود پایداری و بافت محصولات و همچنین،

بهبود ارزش تغذیه‌ای آنها استفاده می‌شود. یکی از مهمترین خواص کاربردی حبوبات، حلالیت پروتئین آنها تحت شرایط مختلف است چرا که این خاصیت به طور قابل ملاحظه‌ای ویژگی‌های دیگر نظیر خاصیت امولسیون‌کنندگی، کف‌زدایی و تشکیل ژل را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Moure et al., 2006). امروزه استفاده از پروتئین حبوبات در صنعت غذا تقریباً محدود به پروتئین حاصل از لوبیای سویا می‌باشد اما نیاز به پژوهش‌های بیشتر جهت جستجوی پروتئین‌های حاصل از سایر منابع مانند انواع لوبیا، نخود و غیره احساس می‌شود. با توجه به ویژگی‌های عملکردی و ترکیب شیمیایی آرد ارقام مختلف حبوبات، شناخت ویژگی‌های شیمیایی و تغذیه‌ای آرد حبوبات بومی کشور ضروری است. لذا این مطالعه با هدف بررسی ترکیب شیمیایی و خواص کاربردی آرد حاصل از ۴ رقم از حبوبات بومی ایرانی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### - نمونه‌ها

در این تحقیق ۴ نمونه از حبوبات شناسنامه دار بومی ایرانی شامل ارقام: نخود (بینالود)، لوبیا قرمز (اختر)، باقلا (برکت) و ماش (مهر) از مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان (گرگان) و مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان (واحد خمین) تهیه گردید و در کیسه‌های پلاستیکی پلی اتیلنی مقاوم به نفوذ رطوبت و هوا بسته بندی شد و تا انجام آزمایشات در یک فریزر با دمای ۱۰- درجه سانتیگراد نگهداری شد.

### - آماده سازی نمونه

در ابتدا نمونه‌ها توسط آسیاب چکشی به آرد تبدیل شدند. پس از مخلوط کردن و همگن نمودن نمونه‌های آرد، از الک با مش مناسب (۱۸-۴۰) عبور داده شدند. در انتها نمونه‌های آرد در کیسه‌های پلاستیکی ریخته شده و در داخل ظروف درب‌دار در فریزر تا زمان انجام آزمایشات نگهداری شدند.

### - آنالیز شیمیایی

میزان رطوبت، پروتئین ( $N \times 5/95$ )، چربی و خاکستر

<sup>1</sup> Glation

بر اساس روش استاندارد (AOAC, 2003) تعیین شد.

### - ویژگی‌های عملکردی جذب آب و روغن

جذب آب آرد حبوبات مورد نظر الک شده با استفاده از روش Sosulski (۱۹۶۲) اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۳ گرم نمونه با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و در لوله‌های سانتریفوژی که از قبل توزین شده بود ریخته شد. سوسپانسیون‌های حاصله پس از هم زدن به مدت ۳۰ دقیقه ثابت نگه داشته شدند. در ادامه به مدت ۲۵ دقیقه سانتریفوژ (۳۰۰۰× g) گردید و محلول رویی آن جداسازی شد. رطوبت اضافی نمونه‌ها با قرار دادن لوله‌ها در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵ دقیقه جداسازی و نمونه‌ها مجدداً توزین شد. جذب روغن آرد حبوبات الک شده با استفاده از روش Lin و همکاران ۱۹۷۴ اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۳ گرم نمونه با ۶ میلی‌لیتر روغن تصفیه شده ذرت مخلوط و در لوله‌های سانتریفوژی که از قبل توزین شده بود ریخته شد. سوسپانسیون‌های حاصله هم زده و سپس به مدت ۳۰ دقیقه ثابت ماندند. در ادامه به مدت ۲۵ دقیقه سانتریفوژ (۳۰۰۰× g) گردید. روغن اضافی با استفاده از پپیت از لوله‌های سانتریفوژ جداسازی شد و لوله‌ها به مدت ۲۵ دقیقه به صورت وارونه قرار گرفت تا روغن اضافی به طور کامل از نمونه خارج شود. لوله‌ها مجدداً توزین شد. ظرفیت جذب آب و روغن بر حسب مقدار گرم آب یا روغن جذب شده با هر گرم نمونه بر حسب وزن خشک از رابطه‌های زیر محاسبه شد:

$$(۱) \quad \text{مقدار گرم آب جذب شده} = \frac{\text{ظرفیت جذب آب}}{\text{مقدار گرم نمونه}}$$

$$(۲) \quad \text{مقدار گرم روغن جذب شده} = \frac{\text{ظرفیت جذب روغن}}{\text{مقدار گرم نمونه}}$$

### کف‌کنندگی و پایداری کف

کف‌کنندگی و پایداری کف توسط روش lin و همکاران (۱۹۷۴) تعیین شد. برای این منظور یک سوسپانسیون ۲ درصد (وزنی-حجمی) از نمونه الک شده با آب مقطر تهیه و ۵۰ میلی‌لیتر از آن درون یک مخلوط

کن (هم زن برقی مدل براون<sup>۱</sup> - ۲۵۴۱ آلمان) ریخته و به مدت ۲ تا ۳ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰rpm مخلوط شد. مخلوط حاصل بلافاصله به یک استوانه مدرج منتقل و بخش داخلی مخلوط کن با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر شستشو داده و به استوانه مدرج اضافه شد. حجم کف تولیدی قبل و بعد از هم زدن یادداشت شد. فعالیت کف‌کنندگی بر اساس درصد افزایش کف گزارش شد. همچنین تغییرات حجم کف در استوانه مدرج در فواصل زمانی ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه بعد از کف کردن نیز یادداشت شد.

### امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون بر اساس روش Yasumatsu و همکاران (۱۹۷۲) تعیین شد. ۱/۵ گرم نمونه در یک لوله سانتریفوژ مدرج با ۳ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و ۳ میلی‌لیتر روغن ذرت تصفیه شده به آن اضافه شد. سپس محتوای لوله سانتریفوژ برای مدت ۵ دقیقه به شدت مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفوژ (۲۰۰۰× g) شدند. فعالیت امولسیون‌کنندگی از رابطه زیر محاسبه شد:

$$(۳) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{حجم لایه امولسیون}}{\text{حجم کل مخلوط}} = \text{فعالیت امولسیون‌کنندگی (\%)}$$

برای تعیین پایداری امولسیون، مخلوط هم زده شده آب، روغن و نمونه روغن‌گیری شده قبل از سانتریفوژ کردن به مدت ۳۰ دقیقه حرارت (۸۰ درجه سانتی‌گراد) داده و در ۲۰۰۰× g به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفوژ شد. پایداری امولسیون از رابطه زیر محاسبه شد:

$$(۴) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{حجم لایه امولسیون}}{\text{حجم مخلوط حرارت دیده}} = \text{پایداری امولسیون (\%)}$$

در انتها فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون برحسب میلی‌لیتر امولسیون در ۱۰۰ میلی‌لیتر مخلوط گزارش شد.

### - تجزیه و تحلیل آماری

این مطالعه براساس طرح پایه کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم افزار مینیتب (نسخه ۱۶) در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel

<sup>۱</sup> Braun-2541

بررسی خواص کاربردی آرد حبوبات واریته‌های بومی ایرانی

جدول ۱- ترکیب شیمیایی نمونه های حبوبات

نمونه	درصد رطوبت (وزن تر)	درصد پروتئین (وزن تر)	درصد چربی (وزن تر)	درصد خاکستر (وزن تر)
نخود	۵/۶۷±۰/۴۷ <sup>c</sup>	۴۳/۳۳±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۵/۰۲±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۳/۷۱±۰/۱۰ <sup>b</sup>
باقلا	۷/۲۳±۰/۱۲ <sup>b</sup>	۲۸/۰۲±۰/۰۴ <sup>d</sup>	۱/۵۳±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۴/۱۴±۰/۱۱ <sup>a</sup>
ماش	۸/۶۴±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۳۰/۴۶±۰/۷۲ <sup>c</sup>	۲/۰۸±۰/۰۵ <sup>b</sup>	۴/۴۵±۰/۲۰ <sup>a</sup>
لوبیا	۷/۳۴±۰/۸۴ <sup>b</sup>	۳۲/۵۵±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۱/۵۷±۰/۱۸ <sup>c</sup>	۴/۳۸±۰/۵۵ <sup>a</sup>

در هر ستون اعداد با حروف یکسان دارای تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد نیستند ( $p \geq 0.05$ ).

جدول ۲- ظرفیت جذب آب و روغن نمونه های حبوبات

حبوبات	ظرفیت جذب آب (گرم بر گرم)	ظرفیت جذب روغن (گرم بر گرم)
نخود	۰/۷۸±۰/۰۲ <sup>d</sup>	۰/۸۹±۰/۱۱ <sup>b</sup>
باقلا	۱/۰۶±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۰/۸۶±۰/۰۳ <sup>c</sup>
ماش	۱/۱۷±۰/۰۳ <sup>b</sup>	۰/۷۹±۰/۰۳۸ <sup>d</sup>
لوبیا	۱/۳۸±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۹۲±۰/۰۶ <sup>a</sup>

در هر ستون اعداد با حروف یکسان دارای تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد نیستند ( $p \geq 0.05$ ).

استفاده شد. کلیه تیمارها و آزمایشات در چهار تکرار صورت گرفت.

## یافته ها

ترکیب شیمیایی حبوبات مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است. در جدول ۲ نیز ظرفیت جذب آب و روغن مشخص گردیده است.

نمونه‌های ۱، ۲ و ۳ نیز به ترتیب ظرفیت کف کنندگی آرد حبوبات مختلف، پایداری کف حبوبات در زمان‌های مختلف و امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون را نشان می‌دهد.

همانطور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود میزان پروتئین در آرد نخود از همه بیشتر (حدود ۴۳/۳۳ درصد) و پس از آن به ترتیب در لوبیا، ماش و باقلا قرار دارد. مطابق توضیحات قبلی، خواص کاربردی آرد حبوبات ارتباط مستقیمی با پروتئین موجود در آن‌ها دارد چرا که این ویژگی‌ها از جمله خاصیت کف کنندگی، خاصیت امولسیون کنندگی و پایداری آن، تشکیل ژل و غیره در اثر عملکرد پروتئین‌ها است. میزان چربی نیز همان طور که در جدول ۱-۴ دیده می‌شود در نخود از همه بیشتر (۵/۰۲) و پس از آن در ماش (۲/۰۸) وجود دارد. میزان چربی در لوبیا و باقلا تقریباً باهم برابر است. با توجه به نتایج داده شده می‌توان دید که میزان پروتئین حبوبات ذکر شده تقریباً در

محدوده‌ی بالایی قرار دارد به طوری که این میزان پروتئین، بیشتر از حبوباتی چون بنیسید<sup>۱</sup> با ۱/۸۱ درصد و بامبارا گراندنانت<sup>۲</sup> با ۲۰/۷ درصد (Ayedun, 2008) و فنوگریک<sup>۳</sup> با ۲۸/۴ درصد (Yusuf & El Nasri & Tinay, 2007) می‌باشد اما از میزان چربی در دو مورد ذکر شده کمتر بوده است.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود حداکثر ظرفیت جذب آب مربوط به آرد لوبیا قرمز به میزان ۱/۳۸ گرم بر گرم می‌باشد که این نمونه‌ها از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) با یکدیگر هستند. بعد از آرد لوبیا، به ترتیب آرد ماش، باقلا و نخود در رتبه بعدی از نظر ظرفیت جذب آب هستند.

ظرفیت جذب آب یک محصول به توانایی برقراری پیوند با آب تحت شرایط کمبود آب تعریف می‌شود (Siddiq et al., 2009) که فاکتور مهمی برای تولید محصولات خاص، مشروط کردن محصول، تبلور مجدد نشاسته و تاخیر در بیات می‌باشد. بر طبق نظر Hodge و Osman (۱۹۷۶) آردهای با جذب آب بالا دارای ترکیبات آب دوست بیشتری نظیر پلی‌ساکاریدها هستند. پروتئین‌های موجود در آردها نیز می‌توانند در ایجاد ظرفیت جذب آب بیشتر، نقش کمی ایفا کنند. افزایش میزان جذب آب می‌تواند به خاطر بالا بودن مقدار سیستین و یا توانایی اسیدهای آمینه قطبی برای ایجاد اتصالات جانبی باشد

<sup>1</sup> Bennisseed

<sup>2</sup> Bambarra Groundnut

<sup>3</sup> Fenugreek

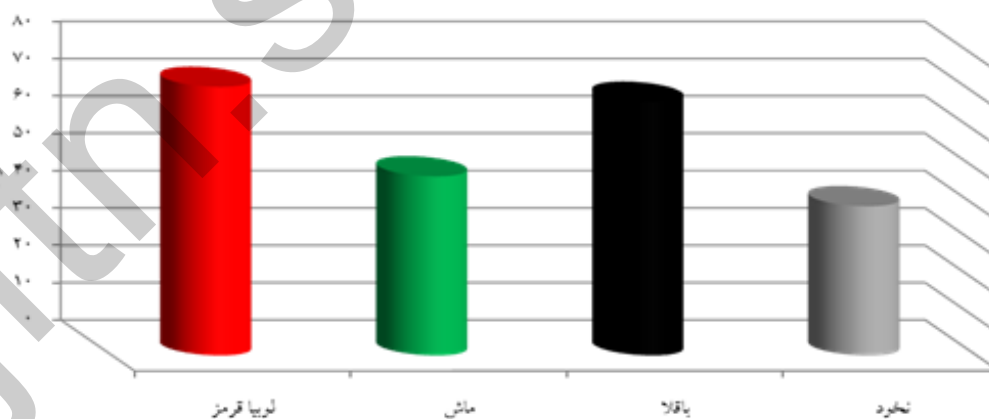
(Heywood, 2001).

بر اساس نمودار ۱ آرد لوبیای قرمز و باقلا دارای بیشترین میزان کف کنندگی و آرد نخود کمترین میزان را داشته است به طوری که آرد لوبیا قرمز، باقلا، ماش و نخود به ترتیب دارای ۶۸، ۶۴/۵، ۴۷ و ۳۵/۵ درصد ظرفیت کف کنندگی بوده‌اند. می‌توان وجود اختلاف در میزان کف کنندگی حبوبات مختلف را به مقدار و نوع پروتئین‌های محلول در آن‌ها و همچنین میزان لیپیدهای قطبی و غیر قطبی موجود در آن‌ها نسبت داد. به عبارت دیگر قابلیت کف کنندگی مناسب بستگی به وجود مولکول‌های پروتئینی انعطاف‌پذیری دارد که قادرند کشش سطحی را کاهش دهند در حالی که قابلیت کف کنندگی ضعیف به پروتئین‌های کروی مربوط می‌شود که به طور خیلی منظم قرار دارند و در برابر دنا تورا سیون سطحی مقاومت می‌کنند (Oladele & Aina, 2007).

میزان کم ظرفیت کف کنندگی آرد نخود نسبت به نمونه‌های دیگر ممکن است به دلیل وجود محتوای بالای چربی در نخود باشد زیرا زمانی که لیپیدها در غلظت بیشتر از ۵٪ وجود دارند به طور قابل ملاحظه ای خواص کف کنندگی پروتئین را کاهش می‌دهند. به بیان دیگر لیپیدها دارای فعالیت سطحی بیشتری نسبت به پروتئین هستند و به سرعت در سطح هوا-آب جذب شده و از جذب پروتئین در طی تشکیل کف جلوگیری می‌نمایند (Kaur & Singh, 2005).

بر اساس جدول ۲ کمترین میزان جذب روغن مربوط به آرد ماش (۰/۷۹ گرم بر گرم) و بیشترین میزان مربوط به آرد لوبیا قرمز (۰/۹۲ گرم بر گرم) بوده است که با یکدیگر از نظر آماری اختلاف معنی داری دارند ( $p < 0/05$ ). مقدار به دست آمده برای آرد نخود (۰/۸۹ گرم بر گرم) از مقدار ذکر شده توسط Singh و Kaur (۲۰۰۵) در مورد آرد نخود (۱/۱۷-۱/۰۵ گرم بر گرم) کمتر است ولی این مقدار تا حدودی متناسب با آرد پبجن پی<sup>۱</sup> (۰/۹۸/-۰/۹۶ گرم بر گرم) می‌باشد (Maninder et al., 2007).

ظرفیت جذب روغن نمونه‌ها به منظور بهبود احساس دهانی و حفظ طعم، همچنین به منظور استفاده در فرآورده‌های غذایی جدید و حفظ پایداری عطر و طعم در حین انبارداری محصولات بسیار مهم است. مکانیسم جذب روغن می‌تواند به عنوان به دام افتادگی فیزیکی روغن متصل به زنجیره‌های غیر قطبی پروتئین‌ها توضیح داده شود که هم به مقدار پروتئین و هم به نوع آن وابسته است (Siddiq et al., 2010). پروتئین‌های با خواص آبرگریزی بیشتر ظرفیت اتصال به روغن بالاتری را ایجاد می‌کنند که بیانگر اتصال زنجیره‌های اسیدهای آمینه غیرقطبی با زنجیره چربی‌ها می‌باشد (Kaur & Singh, 2005). برخی مطالعات انجام شده حاکی از افزایش ظرفیت جذب روغن و کاهش ظرفیت جذب آب با افزایش روغن می‌شود (Azizah & Yu, 2000).



نمودار ۱- ظرفیت کف کنندگی آرد حبوبات مختلف (بر حسب درصد)

<sup>1</sup> Pigeon

## بررسی خواص کاربردی آرد حبوبات واریته‌های بومی ایرانی

فاز هوا- آب افزایش می‌یابد که باعث ایجاد یک لایه پایدار در فضای بین آب - هوا شده و در نهایت منجر به پایداری کف خواهد شد. همچنین، علت پایداری بیشتر کف در نقطه ایزوالکتریک احتمالاً به خاطر پایداری بیشتر پروتئین‌های پایدار کننده کف در این نقطه نسبت به pH های دیگر می‌باشد.

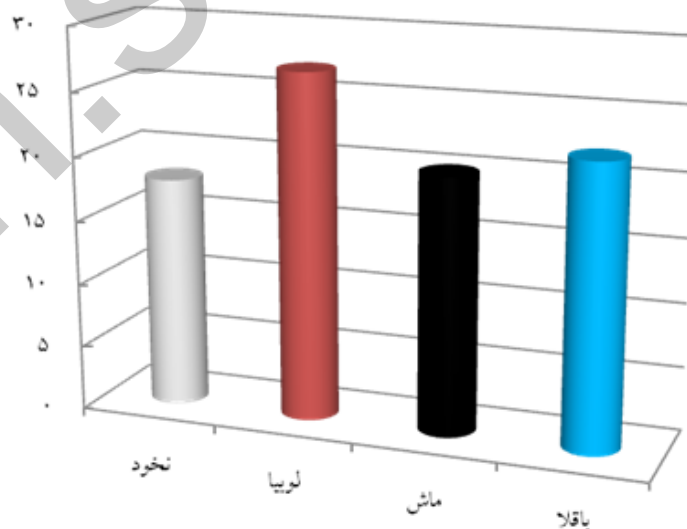
با توجه به نمودار ۳ ملاحظه می‌شود ظرفیت امولسیون کنندگی آرد لوبیا و باقلا بیشتر از نخود و ماش بوده است که از لحاظ آماری نیز معنی دار می‌باشد ( $p < 0.05$ ). اما اختلاف در مقدار روغن امولسیون شده توسط آرد نخود و ماش معنی دار نبوده است ( $p > 0.05$ ). بیشترین مقدار روغن امولسیون شده توسط آرد لوبیا صورت گرفته است.

نمودار ۲ پایداری کف حبوبات را در زمان‌های ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است در تمام نمونه‌ها با گذشت زمان، پایداری کف کاهش می‌یابد. نکته قابل توجه دیگر، پایداری بیشتر کف در pH ایزوالکتریک ( $pH = 4$ ) نسبت به pH های دیگر است که با نتایج بسیاری از پژوهشگران نظیر Lawal و Adebawale (۲۰۰۴)، Lawal و همکاران (۲۰۰۵)، El Nasri و Tinay (۲۰۰۷)، Aremo و همکاران (۲۰۰۷) و Arogundade و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد.

در نقطه ایزوالکتریک به علت کاهش واکنش‌های دافعه بین مولکول‌ها، سرعت تشکیل یک لایه ویسکوز در بین دو



نمودار ۲- پایداری کف حاصل از حبوبات بر حسب درصد در زمان‌های ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه.



نمودار ۳- ظرفیت امولسیون کنندگی آرد حبوبات مختلف بر حسب مقدار روغن امولسیون شده

## منابع

Adebowale, K. O. & Lawal, O. S. (2003). Foaming, gelation and electrophoretic characteristics of macuna bean (*Macuna pruriens*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 83, 237-246.

Aremo, M. O. & Olaofe, O. (2007). Functional properties of some Nigerian varieties of legume seed flours and flour concentration effect on foaming and gelation properties. *Journal of Food Technology* 5(2): 109-115.

Arogundade, L. A. & Tshay, M. (2006). Effect of ionic strength and/or pH on Extractability and physicofunctional characterization of broad bean (*Vicia faba* L.) Protein concentrate. *Food Hydrocolloids* 20: 1124-1134.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2003). Official methods of analysis, 14th edition. Washington, DC.

Azizah, A. H. & Yu, S. L. (2000). Functional Properties of Dietary Fibre Prepared from Defatted Rice Bran. *Food Chemistry*, 68; 15-19.

El Nasri, N. A. & Tinay, A. H. (2007). Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 103; 582-589.

FAO. (2008). FAO Statement on Biotechnology. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Heywood, A. A. (2001). Characterization and Utilization of Extruded- Expelled Soy Flours, Iowa State University Thesis, Ames, IA

Hodge, J. C. & Osman, E. M. (1976). Carbohydrates. In R. O. Fennema (Ed.), Principles of food science, Part I. food chemistry (pp. 97-200). New York: Marcel Dekker.

Kaur, M. & Singh, N. (2005). Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal food chemistry*, 91, 403-411.

Lawal, O. S. & Adebowale, K. O. (2005). On the functional properties of globulin and albumin protein fractions and flours of African locust bean (*Parkia biglobossa*). *Food Chemistry* 92(4): 681-691.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان چنین بیان نمود که آرد لوبیا دارای بیشترین خاصیت امولسیون کنندگی است که احتمالاً ناشی از وجود تعداد زیادی جایگاه‌های آب دوست و آبگریز (چربی دوست) در بیوپلیمرهای پروتئینی آن می‌باشد. البته در مورد آرد نخود و ماش نیز می‌توان چنین توجیه نمود که به دلیل مقادیر بالای چربی در آرد مربوط به این حبوبات، بخشی از ظرفیت امولسیون کنندگی آنها قبلاً اشباع شده است و لذا ظرفیت پذیرش روغن اضافی آنها کمتر از آرد باقلا و لوبیا می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد، آرد حاصل از این حبوبات دارای ترکیب شیمیایی متفاوت نسبت به یکدیگر بودند به طوری که میزان پروتئین نخود از همه بیشتر و پس از آن به ترتیب، ماش، باقلا و لوبیا قرار دارند. ظرفیت جذب آب، در مورد آرد لوبیا دارای بیشترین مقدار بود و پس از آن به ترتیب ماش، باقلا و نخود قرار گرفتند. به عبارت دیگر، آرد نخود دارای کمترین ظرفیت جذب آب و پس از آن باقلا، ماش و لوبیا قرمز قرار داشتند. باقلا و لوبیا از نظر ویژگی امولسیون کنندگی، در رده نخست و پس از آن‌ها نخود و ماش قرار داشتند. بیشترین میزان کف کنندگی مربوط به لوبیا و باقلا و کمترین آن مربوط به نخود گزارش گردید. پایداری کف در تمام نمونه‌ها با افزایش زمان کاهش داشته است. می‌توان گفت که آرد لوبیا قرمز بهترین خواص کاربردی را از خود نشان داد و علیرغم میزان بالاتر پروتئین در آرد نخود، خواص کاربردی آن در سطح پایین تری نسبت به لوبیا بوده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که میزان بالای پروتئین موجود در نمونه صرفاً دلیل بر بهتر بودن خواص کاربردی آن نیست بلکه سایر ترکیبات موجود در نمونه نظیر چربی، کربوهیدرات و غیره و نیز کیفیت پروتئین و آرایش فضایی آن از شاخص‌های اصلی در تعیین ویژگی‌های عملکردی می‌باشند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که لوبیا قرمز، می‌تواند ترکیب غذایی مناسبی برای مصرف انسان باشد و همچنین پتانسیل بالقوه مناسبی برای استفاده در فرمولاسیون‌های غذایی جدید دارد.

Lin, M. J. Y., Humbert, E. S. & Sosulski, F. W. (1974). Certain functional properties of sunflower meal products. *Journal of Food Science*, 39, 368.

Maninder, K. & Sandhu, K. S. (2007). "Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars." *Food Chemistry* 104(1): 259 – 267.

Moure, A., Sineuro, J., Dominguez, H. & Parajo, J. C. (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Journal Food Research International*. 39, 945-963.

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*. 57; 191-196.

Siddiq, M., Ravi, R., Hrate, J. B. & Dolan, K. D. (2010). Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Flours. *Journal food science and technology*, 43, 232-237.

Siddiq, M., Nasir, M., Ravi, R., Dolan, K. D. & Butt, M. S. (2009). Effect of defatted maize germ addition on the functional and textural properties of wheat flour. *International Journal of Food Properties*, 12, 1–11.

Sosulski, F. W. (1962). The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. *Cereal Chemistry*, 39, 344–350.

Vadivel, V. & Janardhanan, K. (2001). Nutritional and anti-nutritional attributes of the under-utilized legume, *Cassia floribunda* Cav. *Food Chemistry* 73: 209-215.

Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S., Mikasi, M., Toda, T. & Tshi, K. (1972). Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural Biochemistry*, 36, 719–727.

Yusuf, A. A. & Ayedun, H. (2008). Chemical composition and functional properties of raw and roasted Nigerian benniseed (*Sesamum indicum*) and bambara groundnut (*Vigna subterranean*). *Food Chemistry* 111: 277- 282.