Archive of SID

www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۵، جلد ۵، شماره ۳، صفحات ۲۶۴-۲۴۹

JRIFST

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی آرد حاصل از دانهٔ صیفی‌جات بومی ایران (خربزه، طالبی، هندوانه، کدو)

مهدی وریدی[1*]، فاطمه حیدری[2]، بهداد شکرالهی یانچشمه[2]

۱- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* نویسنده مسئول (m.varidi@um.ac.ir)
۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۱

واژه‌های کلیدی
آرد
پروتئین
دانهٔ صیفی‌جات
شاخص رفتار جریان
ویژگی‌های عملکردی

چکیده

باتوجه‌به میزان بالای تولید محصولات جالیزی در ایران و عدم استفادهٔ صحیح از این محصولات به‌ویژه دانهٔ این محصولات، در این پژوهش ترکیبات شیمیایی، ویژگی‌های رنگی و عملکردی آرد هندوانه، خربزه، طالبی و کدو به‌منظور بررسی و امکان استفاده از آرد و پروتئین این دانه‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفت. آرد دانه‌ها از لحاظ ترکیبات شیمیایی، ویژگی‌های رنگی و عملکردی اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($P<۰/۰۵$). آرد کدو و طالبی دارای بیشترین حجم کف بودند. آرد کدو دارای کف پایدارتر، ظرفیت جذب آب، روغن و ظرفیت حفظ آب و پروتئین‌های محلول بالاتری بود، به‌علاوه به‌صورت معنی‌داری L* پایین‌تری داشت ($P<۰/۰۵$). همچنین این آرد پایدارترین امولسیون را داشت و در غلظت ۶ درصد ژل مناسبی تولید کرد. در این بررسی آرد طالبی ضعیف‌ترین ژل و بیشترین ظرفیت امولسیون‌کنندگی را داشت. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیکی، به‌خوبی با استفاده از مدل قانون توان برازش شدند. شاخص رفتار جریان در همهٔ انواع آرد کوچک‌تر از ۱ بود که این نشان‌دهندهٔ رفتار تضعیف‌شونده با برش می‌باشد. علاوه بر این سوسپانسیون آرد کدو بیشترین و آرد طالبی و هندوانه کمترین ضریب قوام سیال و شاخص رفتار جریان را نشان دادند.

مقدمه

ایران از مهم‌ترین کشورهای آسیایی است که سطح زیر کشت محصولات جالیزی به‌ویژه خربزه و طالبی در آن قابل‌توجه می‌باشد. در این میان استان خراسان سهم قابل‌توجهی از تولید را به خود اختصاص داده است (بقایی، ۱۳۸۵). علی‌رغم حجم بالای تولید این فراورده‌ها در ایران، به دلیل عدم رعایت اصول صحیح در زنجیرهٔ تولید و فقدان دانش کافی در خصوص فراوری، میزان ضایعات آنها بسیار بالاست و استفادهٔ کاملی از این فراورده‌ها نمی‌شود. امروزه به دلیل اهمیت کاهش ضایعات کشاورزی، استفادهٔ مجدد از فراورده‌های جانبی و ضایعات مواد غذایی از ارزش ویژه‌ای برخوردار است (بقایی، ۱۳۸۵؛ عابدینی، ۱۳۸۶). به‌طورکلی بخشی از مواد گیاهی مستقیماً جهت مصرف انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد و باقی‌ماندهٔ آن به‌عنوان ضایعات دفع گردیده یا به‌صورت کود و غذای دام به کار می‌رود. دانهٔ محصولات جالیزی منبع بسیار غنی از روغن‌های خوراکی (۴۵-۳۰ درصد دانه)، پروتئین (۴۰- ۲۵ درصد) و مواد معدنی محسوب می‌شود که علاوه بر تأمین اسیدهای آمینهٔ ضروری و اسیدهای چرب غیراشباع، به دلیل دارا بودن ویژگی‌های تغذیه‌ای مفید، چربی با کلسترول کم،

www.SID.ir

Archive of SID

پروتئین با کیفیت و ویژگی‌های عملکردی مناسب قابلیت این را دارد که در صنعت غذا مورد استفاده قرار گیرند (بقایی، ۱۳۸۵؛ El-Adaway *et al*., 2001؛ Horax *et al*., 2011). درحال‌حاضر به جزء بذر اصلاح‌شده این دانه‌ها که جهت کاشت توسط جهاد کشاورزی در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد و نیز مصرف محدود آنها به‌صورت آجیل، استفادهٔ مفید دیگری از آن به عمل نمی‌آید. لذا باتوجه‌به ترکیب‌های موجود در دانهٔ این محصولات و خواص مربوط به آنها و داشتن مزایایی نظیر مواد مغذی بالا، فقدان عوامل حساسیت‌زا، قابلیت هضم آسان و فراوری ساده، هزینه‌های کم تولید و مصرف، استفاده از آن در فرمولاسیون مواد غذایی برای اهداف گوناگون منطقی به‌نظر می‌رسد (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۵؛ بقایی، ۱۳۸۵). تاکنون پژوهش‌های محدودی در زمینهٔ استفاده از دانهٔ محصولات جالیزی صورت گرفته است. نتایج حاکی‌از آن بوده است که دانهٔ محصولات جالیزی این قابلیت را دارد که در تولید نوشیدنی‌ها (بقایی، ۱۳۸۵) یا استحصال روغن (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۵؛ Akoh *et al*., 1992) مورد استفاده قرار گیرد. همچنین می‌توان آنها را در سایر محصولات غذایی نظیر فراورده‌های نانوایی (El- Soukkary, 2001; Giami *et al*., 2003) و فراورده‌های گوشتی (عابدینی، ۱۳۸۶) به‌عنوان مکمل یا بهبوددهنده مورد استفاده قرار داد. باوجود تنوع و فراوانی دانهٔ این محصولات در ایران، تاکنون هیچ مطالعه‌ای در مورد پروتئین‌های آنها و ویژگی‌های عملکردی آرد این دانه‌ها انجام نشده است. پس از استحصال روغن از دانهٔ این محصولات، فراورده‌ای با درصد پروتئین بالا (حدود ۵۰-۶۰ درصد) حاصل می‌گردد که مقدار قابل‌توجهی است. بنابراین باتوجه‌به حجم بالای تولید این محصولات در ایران و کمبود منابع پروتئینی، آرد بدون چربی این دانه‌ها می‌تواند جایگزین مناسبی برای پروتئین‌های حیوانی باشد. به‌علاوه فراورده‌های حاصل از قبیل آرد، کنسانتره و ایزولهٔ پروتئینی، می‌تواند از ویژگی‌های عملکردی مناسبی برخوردار باشد (El-Adaway *et al*., 2001; Quanhong & Caili, 2005; Horax *et al*., 2011; Wani *et al*., 2011). بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی آرد چربی‌گیری‌شدهٔ حاصل از دانه‌های طالبی، خربزه، هندوانه و کدو به‌منظور امکان‌سنجی استفاده از دانهٔ این محصولات و مقایسهٔ بین ویژگی‌های عملکردی آنها می‌باشد. یافته‌های حاصل از این پژوهش، مقدمه‌ای بر شروع پژوهش‌های جامع‌تر در رابطه با تولید کنسانتره و ایزولهٔ پروتئینی حاصل از دانهٔ این محصولات و نیز کاربرد آنها در فراورده‌های غذایی خواهد بود.

مواد و روش‌ها

تهیهٔ آرد بدون چربی از دانه‌های خربزه، طالبی، هندوانه و کدو

دانهٔ خربزه (واریته با نام محلی خاتونی)، دانهٔ طالبی (واریته با نام محلی تیل) از مزارع استان خراسان و دانهٔ هندوانه (واریته با نام محلی سرخسی) و دانهٔ کدو (واریته با نام محلی پتی‌دانه) از بازار تهیه گردید. پس از حذف دانه‌های خارجی، چروکیده، خار و خاشاک، دانه‌ها توسط آسیاب (مدل توس‌شکن خراسان) پوست‌گیری و به آرد تبدیل و از الک با مش ۶۰ عبور داده شدند. سپس جهت حذف چربی به نسبت ۱ به ۵ وزنی-حجمی با هگزان مخلوط گردید و عمل چربی‌گیری انجام شد. جداسازی حلال توسط پمپ خلأ انجام گرفت و به‌منظور حلال‌زدایی کامل، نمونه‌ها به مدت ۱ روز در هوای آزاد قرار گرفتند. نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و تا زمان انجام آزمون در یخچال با دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲).

تعیین ترکیب شیمیایی نمونه‌ها

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی نمونه‌ها، براساس استاندارد AOAC (۲۰۰۵) انجام شد. میزان رطوبت نمونه‌ها با استفاده از آون در دمای ۱۰۳ درجهٔ سانتی‌گراد، میزان پروتئین نمونه‌ها با روش کجلدال، چربی نمونه‌ها به روش سوکسله و استخراج با پترولیوم اتر و میزان خاکستر نمونه‌ها با استفاده از کوره در دمای ۵۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (AOAC، ۲۰۰۵). محاسبهٔ میزان کربوهیدرات نیز ازطریق کسر درصد کلیهٔ ترکیبات از ۱۰۰ انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین ویژگی‌های عملکردی نمونه‌ها

اندازه‌گیری مقدار پروتئین‌های محلول

به‌منظور تعیین مقدار پروتئین‌های محلول در نمونه‌های مذکور، از روش بیورت استفاده گردید (Owusu-Apenten، ۲۰۰۲). محلول ۲ درصد از آردهای مختلف تهیه گردید. pH محلول توسط سود یا اسیدکلریدریک ۰/۱ مولار به‌گونه‌ای تنظیم گردید تا pHهای مختلفی در محدودهٔ ۲ تا ۱۲ تهیه شود. پس از تنظیم pH عمل هم‌زدن به مدت ۳۰ دقیقه انجام پذیرفت و سپس محلول حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در دور g ۳۵۰۰ سانتریفیوژ گردید. از فاز بالایی، ۰/۵ میلی‌لیتر داخل لولهٔ آزمایش ریخته و ۴/۵ میلی‌لیتر محلول بیورت به آن اضافه شد. بعد از مخلوط کردن، نمونه به مدت ۲۰ دقیقه در درجه‌حرارت اتاق باقی ماند. سپس توسط اسپکتروفتومتر (مدل یووی ۲۶۰۱، شرکت رای‌لی چین) جذب محلول و نمونهٔ شاهد در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب و روغن

برای اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب[1] و روغن[2] از روش Kaur و Singh (۲۰۰۷) با اندکی تغییرات استفاده شد. به یک گرم نمونهٔ آرد، ۱۰ میلی‌لیتر آب و یا روغن ذرت افزوده شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت تا به تعادل برسد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در g ۵۰۰۰ سانتریفیوژ گردید. بخش مایع فوقانی دور ریخته شد و مجدداً توزین شدند. فاکتور دیگری نیز تحت عنوان ظرفیت نگهداری آب[3] اندازه‌گیری شد که طی آن پس‌ازافزودن ۱۰ میلی‌لیتر آب به یک گرم آرد، لوله‌ها به مدت ۱۸ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند و سپس عمل سانتریفیوژ در شرایط مذکور صورت گرفت.

اندازه‌گیری ظرفیت کف‌کنندگی[4] و پایداری کف[5]

ظرفیت و پایداری کف مطابق روش Lin و همکاران (۱۹۷۴) و Aremo و همکاران (۲۰۰۷) با اندکی تغییرات اندازه‌گیری شد. در ابتدا سوسپانسیون ۳ درصد آرد تهیه گردید و محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه به آرامی روی همزن مغناطیسی هم‌زده شد. سپس به استوانهٔ مدرج منتقل گردید و حجم محلول قبل از هم‌زدن ثبت شد (V_0). در ادامه محلول به مدت ۲ دقیقه با دستگاه اولتراتوراکس (مدل تی ۲۵ دیجیتال، شرکت آیکیای آلمان) با دور rpm ۶۰۰۰ هم‌زده شد و مجدداً بلافاصله پس از هم‌خوردن حجم محلول ثبت شد (V_1). برای اندازه‌گیری پایداری کف، حجم کف در زمان‌های پس از ۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه (V_t) اندازه‌گیری گردید. ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف مطابق رابطه‌های (۱) و (۲) محاسبه گردید:

رابطهٔ (۱)

$$\text{ظرفیت کف‌کنندگی (٪)} = (V_1-V_0/V_0)\times 100$$

رابطهٔ (۲)

$$\text{پایداری کف (٪)} = (V_t-V_1/V_1)\times 100$$

اندازه‌گیری ظرفیت امولسیون‌کنندگی[6] و پایداری امولسیون[7]

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون در برابر حرارت مطابق روش Majzoobi و همکاران (۲۰۱۲) با اندکی تغییرات اندازه‌گیری شد. پس از تهیهٔ سوسپانسیون ۲/۵ درصد آرد، ۵ میلی‌لیتر روغن‌آفتاب‌گردان به محلول اضافه گردید و مخلوط حاصل ۲/۵ دقیقه روی همزن مغناطیسی به آرامی و سپس ۵ دقیقه با استفاده از دستگاه اولتراتوراکس (مدل تی ۲۵ دیجیتال، شرکت آیکیای آلمان) با دور rpm ۶۰۰۰ هموژن و ارتفاع کل محتویات امولسیون‌شده ثبت شد (H_0) سپس امولسیون‌ها در g ۱۱۰۰ به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند و مجدداً ارتفاع لایهٔ امولسیون باقی‌مانده ثبت شد (H_1). ظرفیت امولسیون‌کنندگی (EC) از رابطهٔ (۳) محاسبه گردید:

رابطهٔ (۳)

$$\text{ظرفیت امولسیون‌کنندکی (٪)} = (H_1/H_0)\times ۱۰۰$$

برای اندازه‌گیری پایداری امولسیون (ES)، نمونه‌ها دقیقاً قبل از سانتریفیوژ به مدت ۳۰ دقیقه در دمای

[1] water binding capacity
[2] oil binding capacity
[3] water holding capacity
[4] Foaming capacity
[5] Foaming stability
[6] Emulsifying capacity
[7] Emulsion stability

www.SID.ir

Archive of SID

۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس با دور g ۱۱۰۰ به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق سانتریفیوژ شد. پایداری امولسیون از رابطهٔ (۴) محاسبه گردید:

رابطهٔ (۴)

$$ES = \frac{\text{ارتفاع لایهٔ امولسیون شده در لوله، بعد از حرارت دادن}}{\text{ارتفاع لایهٔ امولسیون شده در لوله، قبل از حرارت دادن}}$$

حداقل غلظت ژله‌ای شدن[1]

لوله‌های حاوی سوسپانسیون‌های ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ درصد (W/V) نمونه‌های آرد در ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۱ ساعت در آب جوش حرارت داده شدند. سپس با استفاده از آب سرد به سرعت سرد شدند. لوله‌ها به مدت ۲ ساعت در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند. حداقل میزان غلظت ژله‌ای شدن، غلظتی از نمونه‌هاست که به هنگام واژگون شدن لوله‌های آزمایش، سرازیر نشود (عامری شهرابی و همکاران، ۱۳۹۰).

ویسکوزیته

ویسکوزیتهٔ هر چهار نمونهٔ آرد براساس روش فیضی (۱۳۹۲) همراه با اصلاحات اندازه‌گیری شد. محلول ۱۰ درصد (وزنی-حجمی) آرد در آب مقطر تهیه شد. محلول حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق با همزن مغناطیسی هم‌زده شد. ویسکوزیتهٔ محلول آرد در محدودهٔ سرعت برشی ۵ تا ۶۰ (بر ثانیه) با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (ال‌وی‌دی‌وی-III-اولترا، آمریکا) به کمک اسپیندل ULA در دمای اتاق اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل برای تنش برشی در مقابل درجهٔ برش، با استفاده از مدل قانون توان[2] (رابطهٔ ۵)، برازش شدند.

رابطهٔ (۵)

$$\tau = k\,\dot{\gamma}^{n}$$

بررسی پارامترهای رنگی

برای تعیین پارامترهای رنگ (*L، *a و *b) نمونه‌های آرد قبل و بعد از چربی‌گیری از رنگ‌سنج دیجیتال (مدل CR-410، شرکت کونیتا مینولتا سنسینگ ژاپن) استفاده شد. پارامتر *L نشان‌دهندهٔ درجهٔ روشنی می‌باشد و مقادیر ۰ تا ۱۰۰ را می‌تواند به خود اختصاص دهد، پارامتر *a از مقادیر منفی (نشان‌هندهٔ رنگ سبز) تا مقادیر مثبت (نشان‌دهندهٔ رنگ قرمز) و پارامتر *b نیز از مقادیر منفی (رنگ آبی) تا مقادیر مثبت (رنگ زرد) می‌باشند. از یک پلیت پلاستیکی با قطر ۵۸ میلی‌متر و عمق ۱۵ میلی‌متر برای قرار دادن نمونه و اندازه‌گیری پارامترهای رنگ استفاده گردید. کالیبراسیون اولیهٔ دستگاه ازطریق کاشی استاندارد سفید صورت گرفت.

تجزیه‌وتحلیل آماری

سه تکرار آزمایش‌های مربوطه در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس[3] نسخهٔ ۱۶ مورد بررسی قرار گرفت. درصورت معنی‌دار بودن اثر تیمارها، مقایسهٔ میانگین با استفاده از آزمون دانکن انجام شد (P<۰/۰۵). برای رسم نمودارها از نرم‌افزار مایکروسافت اکسل (۲۰۰۷) استفاده گردید.

بحث و نتایج

تعیین ترکیب شیمیایی

جدول (۱)، میزان ترکیب شیمیایی دانه و آردهای چربی‌گیری‌شدهٔ دانه‌های هندوانه، خربزه، طالبی و کدو را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، آرد چربی‌گیری‌شدهٔ دانهٔ هندوانه دارای بیشترین مقدار پروتئین (معادل ۶۴/۸ گرم در ۱۰۰ گرم مادهٔ خشک) بود، سپس به ترتیب خربزه، کدو و طالبی بیشترین میزان پروتئین را داشتند. اما در میان دانه‌ها، بیشترین مقدار پروتئین در دانهٔ کدو (۳۵/۲ گرم در ۱۰۰ گرم مادهٔ خشک) و کمترین آن در دانهٔ طالبی (۲۹/۵ گرم در ۱۰۰ گرم مادهٔ خشک) اندازه‌گیری شد. El-Adaway و Taha (۲۰۰۱)، مقدار پروتئین اندازه‌گیری‌شده دانهٔ هندوانه را معادل ۳۵/۶۶ و دانهٔ کدوتنبل را ۳۶/۴۷ گرم در ۱۰۰ گرم مادهٔ خشک گزارش کردند. شهیدی و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی برخی از واریته‌های ایرانی دانهٔ صیفی‌جات، مقدار پروتئین دانه‌های کدو، هندوانه، طالبی و خربزه را به ترتیب با ۳۳/۰۶، ۳۲/۷، ۲۸/۳ و ۲۹/۵ درصد برآورد نمودند. Wani و همکاران (۲۰۰۸) مقدار پروتئین اندازه‌گیری‌شده برای دانه و آرد چربی‌گیری‌شدهٔ دانهٔ هندوانه کشور هند را ۴۰/۵ و ۵۶ درصد برآورد کردند.

[1] Least Gelation Concentration
[2] Power low
[3] SPSS 16.0

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین نتایج نشان می‌دهد که دانه‌های بومی صیفی‌جات به‌ویژه آرد چربی‌گیری‌شدهٔ آنها دارای میزان بالایی از پروتئین می‌باشد ازآنجایی‌که ویژگی‌های عملکردی آرد ارتباط مستقیمی با پروتئین موجود در آنها دارد و اکثر این ویژگی‌ها ازجمله ظرفیت جذب آب، روغن و سایر ویژگی‌ها تحت تأثیر عملکرد پروتئین‌هاست، بنابراین آرد چربی‌گیری‌شدهٔ این دانه‌ها می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسبی برای پروتئین‌های حیوانی با ویژگی‌های عملکردی مناسب مطرح باشد. البته نقش کیفیت پروتئین در ویژگی‌های عملکردی بالاتر از کمّیت آن می‌باشد و میزان بالای پروتئین دلیل بر بهتر بودن ویژگی‌های عملکردی آن نمی‌باشد بلکه به سایر ترکیب‌های 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 آب‌گریز از شاخص‌های اصلی در تعیین ویژگی‌های عملکردی می‌باشند (اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰؛ Boye *et al*., 2010).

در میان دانه‌ها، دانهٔ کدو و در میان آردها، آرد چربی‌گیری‌شده طالبی بالاترین میزان چربی را داشتند. این مشاهده مشابه نتایج شهیدی و همکاران (۱۳۸۵) بود. میزان چربی دانه‌های مورد استفاده در این پژوهش در مقایسه با دانهٔ هندوانه مصری (۵۰/۱ درصد) و مغز کدو (۵۱/۱ درصد) کمتر (El-Adaway & Taha, 2001) و در مقایسه با مغز هندوانهٔ هند (۳۸/۹ درصد) بیشتر بود (Wani *et al*., 2011). در بین دانه‌ها، هندوانه بیشترین مقدار کربوهیدرات را داشت. دانه‌های کدو، طالبی و خربزه در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. اما در بین آردهای چربی‌گیری‌شده، آرد چربی‌گیری‌شدهٔ کدو بیشترین میزان کربوهیدرات را در بین آردها به خود اختصاص داد.

جدول ۱- جدول ترکیبات شیمیایی آرد چربی‌گیری‌شدهٔ حاصل از دانه‌ها

نمونه	رطوبت(درصد)	پروتئین(درصد)	کربوهیدرات(درصد)	چربی(درصد)	خاکستر(درصد)
آرد چربی‌گیری‌شدهٔ هندوانه	۵/۶±۰/۳۵^{a*}	۶۴/۸±۰/۹^{c**}	۲۸/۱±۰/۱^{a**}	۳/۸±۰/۹^{a**}	۳/۳±۰/۰۸^{b**}
آرد چربی‌گیری‌شدهٔ خربزه	۶/۵±۰/۲۸^{b}	۶۰/۷±۰/۸^{b}	۲۸/۶±۰/۰۲^{a}	۶/۱±۰/۹^{b}	۴/۶±۰/۱^{c}
آرد چربی‌گیری‌شدهٔ طالبی	۵/۸±۰/۰۷^{a}	۵۸/۹±۰/۸^{a}	۳۰/۴±۰/۱^{b}	۸/۱±۰/۹^{c}	۲/۶±۰/۰۱^{a}
آرد چربی‌گیری‌شدهٔ کدو	۵/۹±۰/۰۲^{a}	۶۰/۴±۰/۱۳^{b}	۳۱/۹±۰/۱۲^{c}	۳±۰/۰۲^{a}	۴/۷±۰/۰۲^{c}
مغز دانهٔ هندوانه	۳/۸۹±۰/۱^{a}	۳۴/۷±۰/۰۷^{c}	۱۵/۳۹±۰/۰۱^{c}	۴۶/۳±۰/۰۳^{c}	۳/۶±۰/۹^{a}
مغز دانهٔ خربزه	۴/۲±۰/۰۹^{c}	۳۲/۱±۰/۰۷^{b}	۱۲/۶۶±۰/۰۱^{a}	۴۰/۱±۰/۰۵^{a}	۳/۸۵±۰/۰۶^{c}
مغز دانهٔ طالبی	۴/۰۲±۰/۹^{b}	۲۲/۵±۰/۱^{a}	۱۳/۸۳±۰/۰۳^{a}	۴۴/۵±۰/۰۵^{b}	۴/۰۵±۰/۰۵^{b}
مغز دانهٔ کدو	۳/۹±۰/۰۲^{a}	۳۵/۲±۰/۰۴^{d}	۱۴/۳۲±۰/۰۷^{b}	۴۸/۸±۰/۰۴^{d}	۳/۸±۰/۰۱^{b}

* نتایج در هر ستون که دارای حروف غیرمشابه می‌باشند، ازنظر آماری دارای اختلاف آماری معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند.

** درصد اجزای پروتئین، کربوهیدرات، چربی و خاکستر بر مبنای وزن خشک نمونه محاسبه شده‌اند.

حلالیت پروتئین

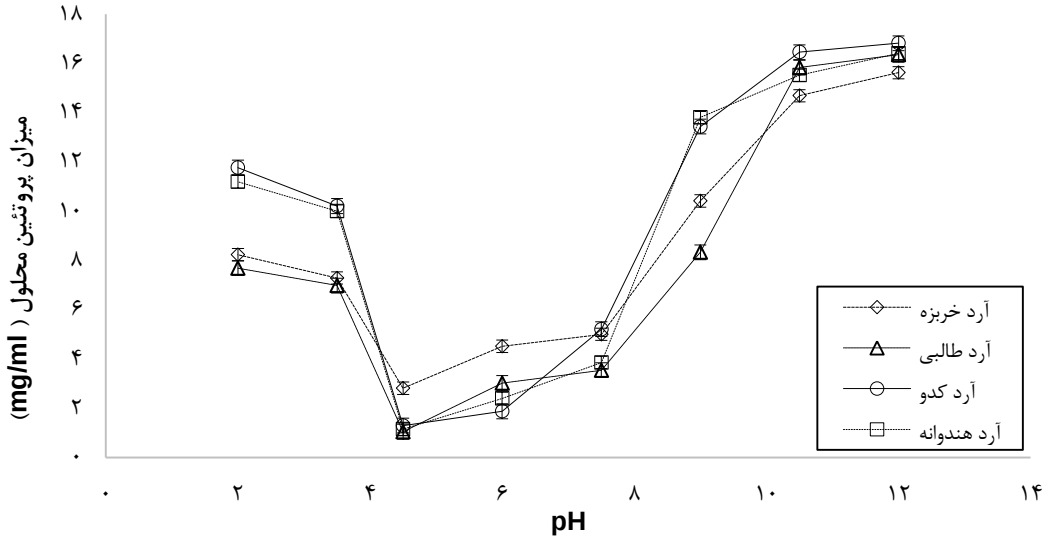
همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود حلالیت پروتئین آرد دانهٔ خربزه در pH طبیعی خود به‌طور معنی‌دار (P<۰/۰۵) بیشتر از آرد دانه‌های هندوانه، طالبی و کدو بود. حلالیت پروتئین آرد دانهٔ خربزه در pH طبیعی خود یعنی ۶/۴، برابر ۵/۱۸ میلی‌گرم/میلی‌لیتر، درحالی‌که در این pH، حلالیت آردهای دیگر که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند بین ۳-۲/۵ میلی‌گرم/میلی‌لیتر بود. اختلاف در پروفایل حلالیت آردهای مختلف می‌تواند به دلیل تفاوت ترکیب شیمیایی آنها باشد. علاوه بر این، تفاوت در مقدار و توزیع گروه‌های جانبی هیدروفیل و هیدروفوب (بخصوص در اسیدهای آمینهٔ سطحی پروتئین) و نیز دناتوراسیون پروتئین در حین فرایند چربی‌گیری که تابع میزان و نوع اسیدهای آمینه می‌باشد، می‌تواند بر اختلاف در حلالیت آردهای مختلف اثر داشته باشد (Adebowale & Lawal, 2004; Kaur & Singh, 2005). مقادیر حلالیت به‌دست‌آمده برای آردهای مورد استفاده در این پژوهش که بومی ایران است از مقدار حلالیت آرد دانهٔ شنبلیله (۶/۹۸ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) کمتر و از حلالیت پروتئین آرد سویا در pH طبیعی خود (۱/۷ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) بیشتر بود (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲). همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود

www.SID.ir

Archive of SID

حلالیت پروتئین آردهای مورد بررسی در این پژوهش، کاملاً وابسته به تغییرات pH می‌باشد. در این بررسی شاهد روند U شکل پروفایل حلالیت در محدودهٔ pH ۱۲-۲ و گسترهٔ وسیعی از حلالیت در این دامنه بودیم. حلالیت در محدودهٔ pH قلیایی بالاتر از اسیدی بود به‌طوری‌که حلالیت در pH ۱۲ گستره، ۱۷-۱۵/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و در pH ۲ گستره، ۱۲-۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر را داشت. pH ۴/۵ نقطهٔ حداقل حلالیت پروتئین‌های موجود بود (شکل ۱). pH بین ۵-۴ در اکثر منابع نقطهٔ حداقل حلالیت گزارش شده است و ازطرفی پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که پروتئین‌ها دارای حداقل حلالیت در ناحیهٔ ایزوالکتریک می‌باشند (Adebowale & Lawal, 2004; Sathe & Salunkhe, 1981)، بنابراین pH ۴/۵ را می‌توان به‌عنوان نقطهٔ ایزوالکتریک پروتئین آردهای موجود در نظر گرفت. نکتهٔ قابل‌توجه در نمودار که با نتایج اکثر پژوهش‌ها مطابقت دارد، افزایش مقدار پروتئین محلول با کاهش pH از نقطهٔ ایزوالکتریک به سمت pH اسیدی می‌باشد. علاوه بر این در pHهای بالاتر از ۹ حداکثر حلالیت پروتئین مشاهده می‌شود. زیرا با افزایش یا کاهش pH از نقطهٔ ایزوالکتریک، دافعهٔ الکترواستاتیک زیاد شده و درنتیجه حلالیت افزایش می‌یابد. همچنین در این حالت میزان زنجیره‌های جانبی آب‌گریز کاهش یافته و آب‌گیری یونی به‌ویژه در مقادیر بالاتر pH افزایش می‌یابد (Damodaran, 1997). درمورد آردها احتمالاً pHهای قلیایی در افزایش گروه‌های هیدروفیل در سطح پروتئین مؤثرتر از pHهای اسیدی عمل کرده‌اند. این یافته‌ها مشابه نتایج بیان‌شده توسط محققان مختلف است (اسدپور و همکاران، ۱۳۸۹؛ فیضی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Kaur & Singh, 2007؛ Lawal *et al*., 2007).

باتوجه‌به نتایج، آرد دانهٔ کدو دارای بیشترین میزان پروتئین محلول در بین آردهای موجود بود و نیز بیشترین اُفت حلالیت را در pH ۴/۵ داشت.



شکل ۱ - مقادیر پروتئین محلول آردهای مختلف در مقادیر مختلف pH

ظرفیت جذب آب

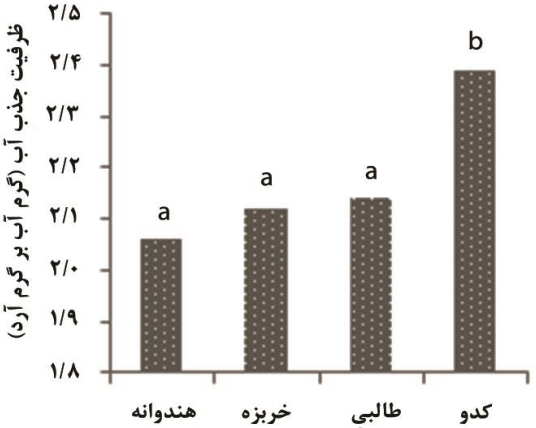
ظرفیت جذب آب به ترکیب اسیدهای آمینه، میزان آب‌دوستی و آب‌گریزی پروتئین، آرایش فضایی و ساختار پروتئین و همچنین حضور کربوهیدرات‌های آب‌دوست بستگی دارد (Seena & Sridhar, 2005).

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود حداکثر میزان جذب آب را آرد دانهٔ کدو داشت. گسترهٔ میزان جذب آب در نمونهٔ آردهای مختلف بین ۲/۰۶ تا ۲/۳۰ گرم آب در گرم نمونه متغیر بود، اما بین آردهای هندوانه، خربزه و طالبی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. طبق گزارش Heywood و همکاران (۲۰۰۲)، Adebowale و همکاران (۲۰۰۵) و اسدپور و همکاران (۱۳۹۰) به دلیل پوشش مکان‌های قابل اتصال با آب، ظرفیت جذب آب با میزان چربی باقی‌ماندهٔ موجود در نمونه رابطهٔ عکس دارد و براین‌اساس می‌توان یکی از عوامل مؤثر در بالاتر بودن قدرت جذب آب دانهٔ کدو را کم بودن میزان چربی باقی‌ماندهٔ آن دانست. رواقی و همکاران (۱۳۸۹)

www.SID.ir

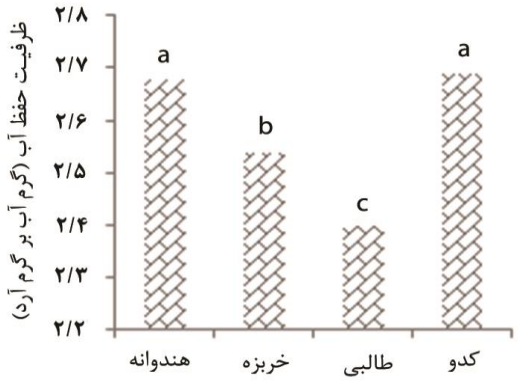
Archive of SID

درمورد آردهای سویا با درصدهای مختلف چربی، Kaur و Singh (۲۰۰۷) درمورد پروتئین نخود و فیضی و همکاران (۱۳۹۲) درمورد آرد شنبلیله و سویا نتایج مشابهی به‌دست آوردند. ظرفیت جذب آب نمونه‌ها در گسترهٔ گزارش‌شده برای کنسانتره و ایزولهٔ پروتئین ذرت (۱/۵ تا ۲/۵ گرم آب در گرم نمونه) توسط Lin و Zayas (۱۹۸۷) و همچنین قابل مقایسه با مقادیر ذکرشده برای آرد چربی‌گیری‌شدهٔ هندوانه و کدو (به ترتیب ۲/۵۵ و ۲/۵۱ گرم آب در گرم نمونه) توسط El-Adaway و Taha (۲۰۰۱) بود. فیضی و همکاران (۱۳۹۲) نیز ظرفیت جذب آب آرد شنبلیله و سویا را به ترتیب ۱/۷۵ و ۲/۶ میلی‌لیتر بر گرم آرد عنوان کردند. ظرفیت و توانایی پروتئین برای به‌دام انداختن آب با تردی و جلوگیری از جداشدن آب در فراورده‌های گوشتی و ویژگی‌های بافتی مطلوب فراورده‌های نانوایی و دیگر فراورده‌های ژل‌مانند ارتباط دارد (Lin & Limpert, 2004; Seena & Sridhar, 2005). براساس این نتایج و مقایسه‌ها می‌توان آرد دانه‌های مورد بررسی در این پژوهش را به‌عنوان یک افزودنی مناسب برای صنایع گوشت، نان و انواع کیک‌ها معرفی کرد.



شکل ۲ – ظرفیت جذب آب آرد دانه‌های خربزه، هندوانه، طالبی و کدو

درمورد ویژگی‌های آب‌پوشانی، فاکتور دیگری به نام ظرفیت نگهداری آب به‌صورت گرم آب باقی‌مانده به ازای یک گرم نمونه وجود دارد که می‌توان پروتئین و کربوهیدرات‌ها شامل نشاسته و فیبرها را در آن دخیل دانست. افزایش این فاکتور علاوه بر رابطهٔ مستقیم با میزان پروتئین، به افزایش دسترسی ترکیبات غیرپروتئینی نمونه (نظیر نشاسته و فیبر) به آب نیز می‌توان نسبت داد، زیرا با افزایش زمان نگهداری، ترکیبات کربوهیدراتی نیز فرصت جذب آب را داشته با افزایش زمان به حداکثر ظرفیت آب‌پوشی خود می‌رسند (Guan *et al*., 2007). بررسی آماری ظرفیت نگهداری آب بیانگر معنی‌داری اختلاف آنها بود ($P<۰/۰۵$). آرد دانه‌های کدو و هندوانه دارای بالاترین ظرفیت نگهداری آب (۲/۶ میلی‌گرم آب بر گرم نمونه) و آرد دانهٔ طالبی با ۲/۴ میلی‌گرم آب بر گرم نمونه دارای پایین‌ترین میزان ظرفیت نگهداری آب بعد از ۱۸ ساعت بودند (شکل ۳).



شکل ۳ - ظرفیت نگهداری آب آرد دانه‌های خربزه، هندوانه، طالبی و کدو

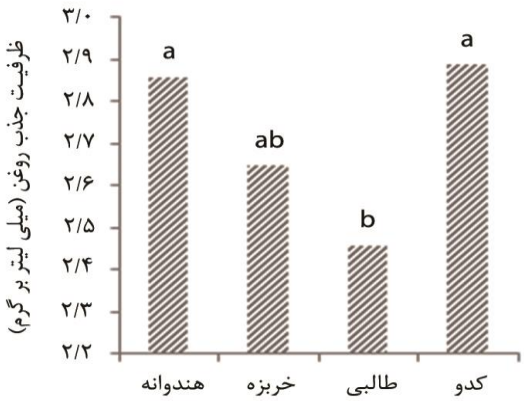
ظرفیت جذب روغن

میانگین‌های جذب روغن آرد دانه‌های مختلف در شکل (۴) مقایسه شده‌اند. نتایج آنالیز آماری بیانگر اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) در جذب روغن نمونه‌ها بود. در این میان بالاترین جذب روغن به آرد دانهٔ کدو (۲/۸ ml/g) و کمترین آن به آرد دانهٔ طالبی (ml/g ۲/۴) اختصاص داشت. این گسترهٔ جذب روغن بیشتر از مقادیر گزارش‌شده توسط Beuchat و همکاران (۱۹۷۵) برای پودر فندق چربی‌گیری‌شدهٔ (ml/g ۱/۷۹) و نیز کنسانترهٔ تجاری سویا (ml/g ۱/۳۳) توسط Lin و همکاران (۱۹۷۴) بود. همچنین این میزان از مقادیر گزارش‌شده توسط رواقی و همکاران (۱۳۸۹) برای آردهای سویا با درصد چربی مختلف (۱/۳۰–۱/۰۹ گرم/گرم) و ایزولهٔ پروتئین تجاری سویا (۱/۲۶ گرم/گرم) توسط Amza و همکاران (۲۰۱۱) بیشتر بود، اما از مقادیر گزارش‌شده برای آرد کدو و

www.SID.ir

Archive of SID

هندوانه (به ترتیب ۳/۸۵ و ۳/۸۹ میلی‌لیتر روغن/گرم آرد) توسط El-Adaway و Taha (۲۰۰۱) کمتر بود.



شکل ۴ - ظرفیت جذب روغن آرد دانه‌های خربزه، هندوانه، طالبی و کدو

همان‌طور که در شکل‌های (۲) و (۴) مشاهده می‌گردد آرد دانهٔ هندوانه دارای کمترین ظرفیت جذب آب و بیشترین قابلیت جذب روغن است. این امر می‌تواند تأییدکنندهٔ نظریهٔ Adebowal و همکاران (۲۰۰۵) و همچنین Heywood و همکاران (۲۰۰۲) باشد که بیان کردند هرچه قابلیت جذب آب نمونه‌ای بیشتر باشد ظرفیت جذب روغن آن کمتر می‌شود. می‌توان این‌گونه بیان کرد که تمایل بیشتر آرد چربی‌گیری‌شدهٔ دانهٔ هندوانه به جذب روغن، بیانگر این است که احتمالاً میزان اسیدهای آمینهٔ غیرقطبی در آن بیشتر است و بنابراین تمایل کمتری به جذب آب دارد. این یافته با نتایج اسدپور و همکاران (۱۳۸۹) درمورد آرد عدس و نخود مشابه است. به‌علاوه دانهٔ هندوانه دارای بیشترین میزان چربی و آرد چربی‌گیری‌شدهٔ آن دارای حداقل چربی بود، بنابراین می‌توان گفت آرد هندوانه ذاتاً امکان پذیرش و ظرفیت بیشتری برای به‌دام انداختن چربی دارد. به این معنی که اگر مکان فعال جهت جذب روغن برای یک آرد توسط آب یا خود روغن به دلیل باقی‌ماندن روغن در این خلل و فرج پوشانده شده باشد، نمونهٔ حاصل، ظرفیت جذب روغن پایین‌تری را نشان خواهد داد. این مورد را می‌توان درمورد آرد دانه‌های خربزه و طالبی مشاهده کرد که باتوجه‌به جدول (۱) درصد چربی در این دو آرد به‌طور معنی‌داری بالاتر از آردهای دیگر می‌باشد، یعنی بخشی از خلل و فرج توسط روغن پوشانیده‌شده است که این عامل علاوه بر اینکه باعث می‌شود جذب آب کاسته شود، میزان روغن نفوذی هم به دلیل اشباع‌بودن تعدادی از گروه‌های هیدروفوب توسط روغن، کاهش می‌یابد. اما در پژوهش El-Adaway و Taha (۲۰۰۱) درمورد آرد هندوانه، اسدپور و همکاران (۱۳۸۹) درمورد آرد لوبیا قرمز و رواقی و همکاران (۱۳۸۹) درمورد آرد سویای فاقد چربی با ۱ درصد چربی مشاهده شد که این آردها با سطح چربی پایین دارای بالاترین قابلیت جذب آب و روغن می‌باشند. این امر نشان می‌دهد که گاهی پایین بودن درصد چربی باقی‌مانده در آرد علاوه بر اینکه باعث می‌گردد مکان‌های فعال و هیدروفیل پروتئین‌ها احاطه نشوند و قابلیت جذب آب آرد در سطح بالایی حفظ شود، گروه‌های هیدروفوب نیز اشباع نبوده و بنابراین قابلیت جذب روغن در کنار جذب آب در سطح بالایی حفظ می‌گردد. در واقع میزان چربی در آرد چربی‌گیری‌نشدهٔ این ترکیبات، نشان‌دهندهٔ میزان گروه‌های هیدروفوب فعال در این آرد می‌باشند و هرچه این میزان بیشتر باشد بنابراین آرد چربی‌گیری‌شده نیز توانایی بیشتری در جذب روغن خواهد داشت. در این پژوهش نیز چنین نتیجه‌ای درمورد آرد کدو مشاهده شده که بالاترین ظرفیت جذب آب و روغن را دارا بود.

ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف

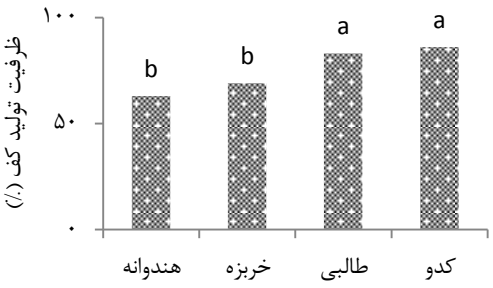
دو اصطلاحی که در رابطه با ویژگی کف‌کنندگی مطرح می‌باشند عبارتند از: ظرفیت کف‌کنندگی[1] (FC) و پایداری[2] آن (FS). قابلیت ایجاد کف یا ظرفیت کف‌کنندگی پروتئین به میزان سطح مشترک تولیدشده به‌وسیلهٔ پروتئین برمی‌گردد و به‌عنوان درصد افزایش حجم ناشی از زدن تعریف می‌گردد. پایداری کف به توانایی پروتئین برای پایدارسازی کف در برابر استرس‌های مکانیکی و گرانش اتلاق‌شده و به‌صورت تغییر در حجم کف در طول یک بازهٔ زمانی خاص (۹۰-۰ دقیقه) تعریف می‌گردد (Liu & Limpert, 2004; Webb *et al*., 2002). همان‌طور که در شکل (۵) دیده می‌شود، بالاترین حجم کف توسط

[1] Foaming capacity
[2] Foaming stability

www.SID.ir

Archive of SID

آرد طالبی و کدو تولید شد که اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) با حجم کف تولیدشده توسط آرد هندوانه و خربزه داشت. این اختلاف در میزان تولید کف را می‌توان به مقدار و نوع پروتئین‌های محلول و همچنین میزان لیپیدهای قطبی و غیرقطبی موجود در آنها نسبت داد. Oladele و Aina (۲۰۰۷) قابلیت کف‌کنندگی مناسب را به وجود مولکول‌های پروتئین انعطاف‌پذیری نسبت دادند که قادرند کشش سطحی را کاهش دهند درحالی‌که قابلیت کف‌کنندگی ضعیف به پروتئین‌های کروی مربوط می‌شود که به‌طور خیلی منظم قرار دارند و در برابر دناتوراسیون سطحی مقاومت می‌کنند. اما برخلاف نتایج بیان‌شدهٔ اسدپور و همکاران (۱۳۹۰) میزان کم ظرفیت کف‌کنندگی آرد نخود نسبت به نمونه‌های دیگر را به محتوای بالای چربی در نخود نسبت دادند. مطابق با نتایج El-Adaway و Taha (۲۰۰۱) درمورد آرد کدو، در بررسی موجود آرد طالبی به‌طور هم‌زمان دارای بالاترین میزان چربی و حجم کف در بین آردها بود که علی‌رغم میزان چربی بالا، بالاترین حجم کف را نیز داشت.



شکل ۵ - ظرفیت تولید کف حاصل از آرد دانه‌های خربزه، هندوانه، طالبی و کدو

جدول (۲)، اثر متقابل نوع آرد و زمان بر پایداری کف را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد نوع آرد، زمان و اثر متقابل این دو بر پایداری کف، در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود. قابلیت ایجاد کف پایدار به نوع پروتئین، دما، درجهٔ دناتوراسیون پروتئین، pH و روش مورد استفاده بستگی دارد (Kinsella, 1979). به‌طورکلی کف‌های پایدار در نزدیکی pH ایزوالکتریک پروتئین تشکیل می‌شوند زیرا در این محدودهٔ pH، دافعهٔ الکترواستاتیک بین رشته‌ها بسیار کم است (Makri & Doxastakis, 2006). پایداری کف به‌طور معنی‌داری با افزایش زمان کاهش یافت (جدول ۲). در بین آردهای مختلف نیز به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پایداری مربوط به آرد دانه‌های کدو و هندوانه بود. Aluko و همکاران (۲۰۰۱) در بیان نتایج پژوهش‌های خود این‌گونه گزارش کردند که آرد سویا دارای ساختار پروتئینی منعطف‌تری در محلول‌های آبی است و برای تشکیل یک کف پایدار، به سرعت در سطح مشترک آب‌وهوا قرار می‌گیرد و علی‌رغم داشتن درصد چربی بالا، پایداری کف بیشتری دارد. در مقابل کنسانترهٔ پروتئین گشنیز دارای ساختار غیرمنعطف‌تری به‌ویژه در مقادیر pH اسیدی و خنثی است. براین‌اساس شاید بتوان نتیجهٔ مشابهی درمورد آرد دانهٔ کدو با دیگر آردها به‌ویژه آرد دانهٔ هندوانه بیان کرد. براساس نتایج آنالیز آماری، در کلیهٔ زمان‌ها پایداری آرد کدو و سپس آرد طالبی به‌طور معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بیشتر از آرد خربزه و هندوانه بود. این یافته تأییدی است براین‌فرضیهٔ که بین ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف الزاماً یک رابطهٔ معکوس وجود ندارد. Adebowale و همکاران (۲۰۰۵) نیز درمورد آردهای حاصل از ۶ واریتهٔ دانهٔ ماکونا مشاهده کردند واریته‌ای که بالاترین میزان ظرفیت کف‌کنندگی را داشت از پایداری کف بیشتری نیز برخوردار بود.

جدول ۲-مقادیر پایداری کف آرد حاصل از دانه‌ها برحسب درصد

نمونه	پایداری در دقیقهٔ ۱۰	پایداری در دقیقهٔ ۳۰	پایداری در دقیقهٔ ۶۰	پایداری در دقیقهٔ ۱۲۰
آرد هندوانه	۵۶± ۰/۰۹^{g}	۴۷± ۰/۱۹^{j}	۴۳± ۰/۱۲^{k}	۲۰± ۰/۲۸^{n}
آرد خربزه	۵۷± ۰/۱^{g}	۴۹± ۰/۳۱^{i}	۴۲± ۰/۴۱^{k}	۳۶± ۰/۰۹^{m}
آرد طالبی	۷۳± ۰/۲۲^{c}	۶۴± ۰/۵۴^{e}	۶۰± ۰/۲۵^{f}	۳۸± ۰/۰۸^{l}
آرد کدو	۸۰± ۰/۴۹^{a}	۷۶± ۰/۴۱^{b}	۶۸± ۰/۲۷^{d}	۵۱± ۰/۶۱^{h}

* نتایجی که دارای حروف غیرمشابه می‌باشند، ازنظر آماری دارای اختلاف آماری معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که بیان‌شد لزوماً بین قابلیت کف‌کنندگی و پایداری کف رابطهٔ عکس وجود ندارد، زیرا در هر دو مورد وجود خاصیت هیدروفیل سطحی زیاد (حلالیت بیشتر) باعث کاهش خاصیت هیدروفوب سطحی و درنتیجه کاهش برهم‌کنش هیدروفوب-هیدروفوب و درنهایت کاهش پایداری کف می‌گردد. درصورتی‌که در فرایند ایجاد کف به برهم‌کنش هیدروفوب-هیدروفوب بین پروتئین با هوا و در پایداری کف به برهم‌کنش هیدروفوب-هیدروفوب بین مولکول‌های پروتئین جهت ایجاد لایهٔ ویسکوز و پایدار نیاز می‌باشد (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲). این حالت را می‌توان درمورد آرد دانهٔ خربزه مشاهده کرد که با وجود بالاترین حلالیت در pH طبیعی خود، حداقل ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف و درمورد آرد دانهٔ کدو که حداقل حلالیت ولی حداکثر ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف را دارد. این یافته‌ها با نتایج اسدپور و همکاران (۱۳۹۰)، فیضی و همکاران (۱۳۹۲)، Seena و Sridhar (۲۰۰۵) و Arogundade و همکاران (۲۰۰۶) مشابه می‌باشد.

ظرفیت تشکیل و پایداری امولسیون

یک عامل مهم در ویژگی امولسیون‌کنندگی پروتئین، کاهش نیروی بین سطحی در اثر جذب پروتئین در سطح تقابل آب و روغن می‌باشد که به واسطهٔ نسبت مناسب اسیدهای آمینه آب‌دوست به آب‌گریز ایجاد می‌شود (Gauzy *et al*., 2006). نتایج بررسی‌های محققان حاکی‌از آن است که آب‌گریزی سطحی و حلالیت زیاد پروتئین از صفات مثبت در بهبود ویژگی امولسیون‌کنندگی است (Papalamprou *et al*., 2009). البته برطبق نظر Fennema (۱۹۹۶) وجود خاصیت آب‌گریزی بالا (وجود بیش از ۴۰ درصد اسیدآمینهٔ هیدروفوب) مانع انحلال پروتئین در فاز آبی می‌شود و کاهش خاصیت امولسیون‌کنندگی را در پی خواهد داشت. همچنین درصورت انحلال خیلی زیاد در پروتئین، پروتئین در فاز آبی پایدار می‌باشد، بنابراین تمایلی به جذب در سطح بین دو فاز نخواهد داشت. براساس نتایج جدول (۳)، ظرفیت تشکیل امولسیون نمونه‌ها دارای اختلاف آماری معنی‌داری بودند ($P<۰/۰۵$) که کمترین مقدار متعلق به آرد دانهٔ هندوانه و بیشترین مقدار مربوط به آرد دانهٔ طالبی بود. به‌علاوه ظرفیت تشکیل امولسیون آرد طالبی، خربزه و کدو دارای اختلاف آماری معنی‌داری با هم نبودند ($P>۰/۰۵$). می‌توان دلیلی مشابه El-Adaway و Taha (۲۰۰۱) و نیز Boye و همکاران (۲۰۱۰) برای بالاتر بودن ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد طالبی ارائه داد و این برتری را به وجود هم‌زمان مکان‌های آب‌دوست و آب‌گریز بالاتر در بیوپلیمرهای پروتئینی نسبت داد. باتوجه‌به اینکه دانه‌های مورد استفاده در این پژوهش دارای مقادیر بالای چربی هستند، می‌توان نتیجه گرفت که آرد چربی‌گیری‌شدهٔ این دانه‌ها دارای مکان‌هایی است که می‌تواند با روغن پیوند برقرار کند (El-Adaway & Taha, 2001). ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد این دانه‌ها بیشتر از ظرفیت امولسیون‌کنندگی برای آرد نخود (Kaur & Singh, 2005)، آرد شنبلیله و سویا به ترتیب ۳۵ و ۲۳ درصد (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲) و نتایج حاصل از پژوهش اسدپور و همکاران (۱۳۹۰) برای آرد حبوبات (۲۵-۱۹ درصد) می‌باشد. ازنظر پایداری امولسیون نیز نمونه‌های آرد دارای اختلاف آماری معنی‌داری بودند ($P<۰/۰۵$) و آرد دانهٔ کدو بهترین پایداری را در میان آردهای موجود داشت و به همین ترتیب کمترین پایداری مربوط به آرد دانهٔ خربزه بود (جدول ۳).

جدول ۳ - ظرفیت تشکیل و پایداری امولسیون آرد حاصل از دانه‌ها

نمونه	ظرفیت تشکیل امولسیون (درصد)	پایداری امولسیون (درصد)
آرد هندوانه	۶۲± ۰/۱۱^{b}*	۸۳± ۰/۵۹^{a}
آرد خربزه	۶۹± ۰/۰۹^{a}	۶۵± ۰/۳۸^{b}
آرد طالبی	۷۰± ۰/۳۴^{a}	۷۲± ۰/۱۹^{b}
آرد کدو	۶۹± ۰/۰۷^{a}	۸۳± ۰/۷^{a}

* نتایجی که دارای حروف غیرمشابه می‌باشند، ازنظر آماری دارای اختلاف آماری معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) هستند.

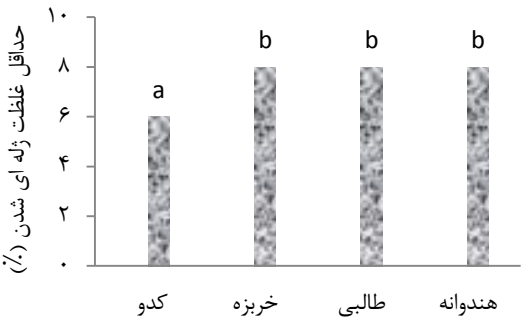
www.SID.ir

Archive of SID

نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که وجود مقادیر نسبتاً زیاد چربی در آرد یا ایزولهٔ پروتئینی، باعث بلوکه‌شدن مکان‌ها و گروه‌هایی می‌شود که قابلیت برقراری پیوندهای هیدروفوب را دارند، درنتیجه هیدروفوبیسیته سطحی کاهش یافته و منجر به کاهش خواص امولسیون‌کنندگی می‌گردد. این یافته‌ها مشابه نتایجی است که فیضی و همکاران (۱۳۹۲) درمورد آرد سویا و شنبلیله و El-Adaway و Taha (۲۰۰۱) درمورد آردهای هندوانه و کدو به‌دست آوردند و بیان کردند که آردهای با درصد چربی بالاتر، کمترین ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی را داشتند. همچنین رواقی و همکاران (۱۳۸۹) درمورد بررسی خاصیت امولسیون‌کنندگی آردهای مختلف سویا مشاهده کردند آرد بدون چربی سویا بیشترین و آرد کامل سویا کمترین فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون را داشتند. بنابراین باتوجه‌به اینکه ساختار پروتئین، قابلیت انحلال مناسب در آب، نسبت اسیدهای آمینه هیدروفیل به هیدروفوب، چربی باقی‌مانده در آرد یا ایزوله و مقدار یا غلظت پروتئین در آرد یا ایزوله در بروز ویژگی امولسیون‌کنندگی پروتئین تأثیرگذار است (Boye *et al.*, 2010)، می‌توان این‌گونه بیان کرد که تفاوت در این ویژگی‌ها باعث ایجاد رفتار متفاوت امولسیون‌کنندگی در آردهای مورد بررسی این پژوهش شده است.

حداقل غلظت ژله‌ای شدن

حداقل غلظت ژله‌ای شدن به کمترین میزان یا غلظت آرد یا ایزولهٔ پروتئین برای تشکیل ژل محکم و پایدار گفته می‌شود و اغلب به‌عنوان شاخصی برای ظرفیت ژل‌دهندگی پروتئین‌های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرچه این غلظت کمتر باشد نشان‌دهندهٔ ظرفیت بهتر برای تشکیل ژل می‌باشد (Boye *et al.*, 2010). همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود، حداقل غلظت ژله‌ای شدن آرد دانهٔ کدو (۴ درصد)، به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کمتر از سایر آردهای مورد بررسی در این پژوهش بود. در بررسی موجود هیچ ژلی در غلظت ۲ درصد تشکیل نشد. در غلظت ۴ درصد برای آرد دانهٔ هندوانه، خربزه و کدو ژل ضعیفی تشکیل شد و در غلظت ۶ درصد شاهد تشکیل ژلی قوی برای آرد کدو بودیم. تشکیل ژل قوی برای آردهای طالبی، خربزه و هندوانه در غلظت ۸ درصد مشاهده شد (شکل ۶).



شکل ۶ - حداقل غلظت ژله‌ای شدن آرد دانه‌های خربزه، هندوانه، طالبی و کدو

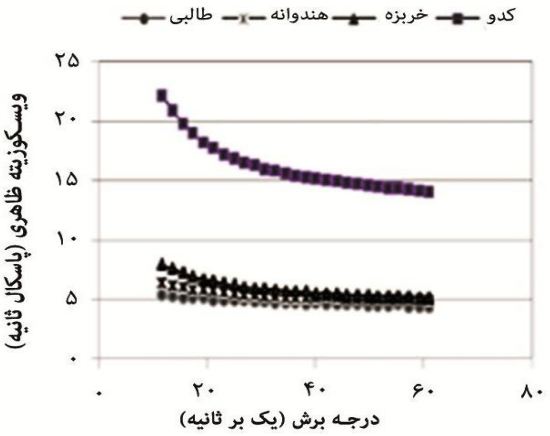
باتوجه‌به جدول (۱) آرد کدو بالاترین درصد پروتئین و کربوهیدرات را داشت. زمانی که مقدار پروتئین نمونه‌های مختلف نزدیک به هم باشند، هرچه درصد کربوهیدرات بالاتر باشد، در غلظت‌های کمتر شاهد تشکیل ژل خواهیم بود (Boye *et al.*, 2010). در واقع ژله‌ای شدن علاوه بر مقدار، نوع و ساختار پروتئین به حضور سایر ترکیبات غیرپروتئینی بستگی دارد، به‌طوری‌که حداقل غلظت ژله‌ای شدن اکثر آردها و کنسانتره‌های پروتئینی در مقایسه با ایزولهٔ پروتئین حاصل از آنها کمتر می‌باشد. این یافته با نتایج عامری شهرابی (۱۳۹۰) درمورد کنسانتره و ایزولهٔ پروتئین نخود و سویا و رواقی و همکاران (۱۳۹۰) درمورد کنسانتره و ایزولهٔ پروتئین سویا مشابه بود. همچنین Kaur و Singh (۲۰۰۵) و (۲۰۰۷) درمورد آرد و ایزولهٔ پروتئین نخود مشاهده کردند که میزان حداقل غلظت ژله‌ای شدن درمورد آردهای مختلف نخود برابر ۱۰-۴ درصد ولی درمورد ایزوله‌های پروتئین حاصل از آنها برابر ۱۸-۱۴ درصد می‌باشد. کنسانتره‌ها و ایزوله‌های پروتئینی با خاصیت ژلاتیناسیون مطلوب در فراورده‌هایی نظیر فراورده‌های گوشتی مانند سوسیس و همچنین پنیر کارآمد می‌باشند زیرا در این فراورده‌ها به ایجاد یک شبکهٔ پایدار نیاز است (Kinsella, 1979). همچنین براساس نظر Kinsella (۱۹۷۹) برای تشکیل یک ژل پایدار به ایجاد ویسکوزیتهٔ مطلوب نیاز می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

ویسکوزیته

همان‌طور که در شکل (۷) نشان داده شده است، رفتار سیالات در محدودهٔ سرعت برشی مورد بررسی قرار گرفت و سپس با مدل قانون توان برازش شد. ضرایب تبیین (R^2) بالا (۰/۹۹) کفایت مدل برازش‌یافته را نشان می‌دهد. در تمامی سیالات مورد بررسی، ویسکوزیتهٔ ظاهری با افزایش درجهٔ برش کاهش یافت و این بیانگر رفتار غیرنیوتونی می‌باشد (رضوی و اکبری، ۱۳۸۸). باتوجه‌به جدول (۴)، چون شاخص رفتار جریان (n) در تمامی سیالات کوچک‌تر از ۱ است، این سیالات از نوع تضعیف‌شونده با برش می‌باشند. بسیاری از درشت مولکول‌ها نظیر پروتئین‌ها به‌خصوص در غلظت‌های بالا از رفتار نیوتنی پیروی نمی‌کنند. گاهی رفتار آنها تضعیف‌شونده با برش[1] است که علت آن تمایل مولکول‌های پروتئین به شکل‌گیری در جهت جریان می‌باشد (Yu *et al*., 2007).



شکل ۷ - تغییرات ویسکوزیتهٔ ظاهری در درجه‌های برش مختلف

مقادیر شاخص قوام سیال و شاخص رفتار جریان، در جدول (۴) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود سوسپانسیون آرد دانهٔ کدو بیشترین و آرد دانهٔ طالبی و هندوانه کمترین ضریب قوام سیال را داشتند. این امر ناشی از توانایی آرد دانهٔ کدو در اتصال به آب است و علت را می‌توان در برخورداری آن از مقادیر بیشتر کربوهیدرات‌ها و پروتئین دانست. درنتیجه این نوع آرد میزان آب آزاد را در سیستم کاهش می‌دهد. ثابت شده است که آردها و ایزوله‌های پروتئینی با قابلیت جذب آب بالاتر از ویسکوزیتهٔ بیشتری برخوردار می‌باشند (Fennema, 1996; Kanu *et al*., 2007). مطابق جدول (۴)، رفتار جریان در همهٔ انواع آرد کوچک‌تر از ۱ می‌باشد و این نشان‌دهندهٔ رفتار رقیق‌شوندگی با برش سیال می‌باشد.

جدول۴- شاخص قوام سیال(K) و شاخص رفتار جریان(N) محلول ۱۰ درصد آردهای مختلف

نوع آرد	K (pa.s^n)	N	ضریب تبیین
کدو	۰/۳۲۴±۰/۰۰۰۷ ^{c}	۰/۶۷۵±۰/۰۰۰۵ ^{a*}	۰/۹۹۴
خربزه	۰/۱۴۶±۰/۰۰۰۱ ^{b}	۰/۷۳۹±۰/۰۰۰۷ ^{b}	۰/۹۹۸
هندوانه	۰/۰۹۰±۰/۰۰۰۹ ^{a}	۰/۸۴۸±۰/۰۰۱ ^{c}	۰/۹۹۸
طالبی	۰/۰۷۱±۰/۰۰۱ ^{a}	۰/۸۸۲±۰/۰۰۱۲ ^{c}	۰/۹۹۹

* نتایجی که دارای حروف غیرمشابه می‌باشند، ازنظر آماری دارای اختلاف آماری معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند.

کمترین شاخص رفتار جریان در آرد دانهٔ کدو و بیشترین آن در آرد دانهٔ طالبی مشاهده شد. باتوجه‌به پایین بودن شاخص رفتار جریان در سوسپانسیون حاوی آرد دانهٔ کدو، این سوسپانسیون رفتار ضعیف‌شوندگی با برش بیشتری دارد. علت سودوپلاستیک بودن را می‌توان به از بین رفتن برخی اتصالات بین زنجیره‌های پروتئین-پروتئین و نیز کربوهیدرات-کربوهیدرات و درنتیجه جدا شدن زنجیره‌ها از یکدیگر و جهت‌گیری منظم مولکول‌ها در جهتی که نیروی برشی اعمال می‌شود، دانست (Fennema, 1996; Yu et al., 2007). ویسکوزیتهٔ ظاهری برای آردهای مختلف کدو، خربزه، هندوانه و طالبی در سرعت برشی ۳۰ (۱ بر ثانیه) به‌ترتیب برابر ۱۵/۹۷، ۵/۸۸، ۵/۲۲ و ۴/۷۹ پاسکال-ثانیه بود. محلول ۵ درصد ایزولهٔ پروتئین شنبلیله (فیضی، ۱۳۹۲) و محلول ۵ درصد ایزولهٔ پروتئین عدس (شکرالهی، ۱۳۹۲) در محدودهٔ سرعت برشی مورد بررسی، رفتار مشابه بررسی موجود (سودوپلاستیک) نشان دادند. به‌طورکلی ویسکوزیتهٔ پایین درمورد فراورده‌هایی نظیر آبمیوه‌ها، نوشیدنی‌ها و غذای نوزادان مناسب هستند (Kanu *et al*., 2007).

[1] Shear thinning (pseudoplastic)

www.SID.ir

Archive of SID

ویژگی‌های رنگی

درجهٔ روشنی، قرمزی و زردی نمونه‌های مورد آزمون ازنظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بودند (جدول ۵). در این میان دانه‌های کدو و خربزه تیره‌ترین و روشن‌ترین آردها را داشتند. همچنین کمترین و بیشترین درجهٔ زردی به ترتیب مربوط به آرد دانه‌های هندوانه و کدو بود. باتوجه‌به اینکه شرایط فرایند تهیهٔ آرد از همهٔ دانه‌ها یکسان بوده این اختلاف در فاکتورهای رنگی را می‌توان به اختلاف ذاتی دانه‌ها نسبت داد.

جدول ۵ - ویژگی‌های رنگی آرد حاصل از دانه‌های هندوانه، خربزه، طالبی و کدو

نمونه	درجهٔ روشنی (L^*)	درجهٔ قرمزی (a^*)	درجهٔ زردی (b^*)
آرد هندوانه	۹۲/۱±۰/۰۱^{c*}	-۰/۱۱±۰^{a}	۶/۷±۰/۰۵^{c}
آرد خربزه	۹۳/۴±۰/۰۷^{a}	-۰/۱۷±۰/۰۱^{b}	۷/۷±۰/۰۵^{b}
آرد طالبی	۹۲/۸±۰/۰۰۷^{b}	-۰/۱۸±۰/۰۰۷^{b}	۸/۲±۰/۳^{b}
آرد کدو	۹۰/۶±۰/۲^{d}	-۱/۵±۰/۰۲^{c}	۱۲/۵±۰/۲^{a}

* نتایجی که دارای حروف غیرمشابه می‌باشند، ازنظر آماری دارای اختلاف آماری معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) هستند.

نتیجه گیری

در این پژوهش فاکتورهای ظرفیت تشکیل و پایداری کف، ویژگی‌های رنگی، تشکیل و پایداری امولسیون، حلالیت پروتئین، حداقل غلظت ژله‌ای شدن، ظرفیت جذب آب و روغن، ظرفیت حفظ آب و تعدادی از ویژگی‌های فیریکوشیمیایی و عملکردی آرد حاصل از دانه‌های خربزه، هندوانه، طالبی و کدو مورد بررسی قرار گرفت. در بین آردهای موجود آرد دانهٔ کدو دارای ظرفیت تولید کف مناسب و پایدار، بالاترین ظرفیت جذب آب و روغن، بالاترین ظرفیت حفظ آب و نیز بیشترین پروتئین‌های محلول را داشت. ازطرفی آرد دانهٔ طالبی ضعیف‌ترین قدرت ژل‌کنندگی را در بین آردهای موجود داشت. آرد دانهٔ طالبی بیشترین ظرفیت تولید امولسیون و آرد کدو پایدارترین آنها را دارا بود. رفتار جریان در همهٔ انواع آرد کوچک‌تر از ۱ و نشان‌دهندهٔ رفتار تضعیف‌شونده با برش بود. در شرایط مورد مطالعه، سوسپانسیون حاوی آرد دانهٔ کدو و طالبی به ترتیب بیشترین و کمترین ضریب قوام سیال را داشتند. بررسی نتایج موجود نشان می‌دهد که آرد کدو دارای مناسب‌ترین ویژگی‌های عملکردی در بین دانه‌های مورد بررسی در این پژوهش بود.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد جهت حمایت مالی از اجرای این طرح پژوهشی (کد۲۴۸۳۱) قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- اسدپور، الف.، جعفری، س.م.، صادقی ماهونک، ع. و قربانی، م. ۱۳۸۹. بررسی میزان پروتئین محلول و ظرفیت جذب آب و روغن آرد حاصل از حبوبات مختلف. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۳: ۱۹۲-۱۸۴.

۲- اسدپور، الف.، جعفری، س.م.، صادقی ماهونک، ع. و قربانی، م. ۱۳۹۰. بررسی ظرفیت امولسیون‌کنندگی و کف‌کنندگی و تأثیر اسیدیته و قدرت یونی بر این ویژگی‌ها در آرد حاصل از حبوبات مختلف. نشریهٔ پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۷: ۹۱-۸۰

۳- بقایی، ه. (۱۳۸۵). بررسی امکان تولید نوشیدنی با ماندگاری بالا از دانهٔ طالبی و بهینه‌سازی فرمولاسیون آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- حداد خداپرست، م.ح.، نیک‌زاده، و. و پیرایش‌فر، ب. ۱۳۹۰. بررسی امکان تولید کنسانترهٔ پروتئینی از ضایعات خط تولید رب گوجه‌فرنگی و تعیین برخی خواص عملکردی آن. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۷ (۲): ۱۱۴-۱۰۸.

۵- رضوی، م. ع. و اکبری، ر. ۱۳۸۸، خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۴۰ صفحه.

۶- رواقی، م.، مظاهری تهرانی، م. و آسوده. الف. ۱۳۸۹. ارزیابی خصوصیات عمل‌کنندگی چهار نوع آرد سویا تولیدی ایران. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۶: ۲۳۸- ۲۲۳.

www.SID.ir

Archive of SID

۷- رواقی،م.، مظاهری تهرانی، م. و آسوده. الف. ۱۳۹۰. بررسی تغییر خصوصیات شیمیایی و عملکردی حین تولید کنسانتره پروتئینی سویا از آردهای صنعتی سویا. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۸ :۲۹-۱۶.

۸- شکرالهی، ب. ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر فراصوت بر ویژگی‌های عملکردی ایزولهٔ پروتئینی عدس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۹- کوچکی، آ. و بقایی، ه. ۱۳۸۵. تعیین برخی ترکیبات شیمیایی و خواص فیزیکی دانه هندوانه، کدو، طالبی و خربزه بومی ایران و بررسی ویژگی های شیمیایی روغن حاصل از آن. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۲۰ (۵): ۴۲۱-۴۱۱.

۱۰- عامری شهرابی، الف.، بدیعی، ف.، احسانی، م.، مفتون‌آزاد، ن. و سرمدی‌زاده، د. ۱۳۹۰. بررسی خواص عملگر و حرارتی کنسانتره و ایزوله پروتئین نخود و سویا. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۶: ۵۸-۴۹ .

۱۱- عابدینی، م. ۱۳۸۶. بررسی اثر آرد دانهٔ خربزه به‌عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی فراورده‌های گوشتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۲- فیضی، س.، وریدی، م.، زارع، ف. و وریدی، م. ج. ۱۳۹۲. بررسی ترکیب شیمیایی، پارامترهای رنگ و خصوصیات عملکردی آرد شنبلیله و مقایسهٔ آن با آرد سویا. نشریه پژوهش و نوآوری در صنایع غذایی، ۲: ۲۹۴- ۲۸۳.

۱۳- فیضی، س. ۱۳۹۲. بهینه‌سازی استخراج پروتئین دانهٔ شنبلیله (Trigonella foenum graecum) و بررسی خواص عملکردی ایزولهٔ حاصل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

14- Adebowale, K.O., & Lawal, S. 2004. Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (Voandzeia subterranean), jack bean (Canavalia ensiformis) and mucuna bean (Mucuna pruriens) flours. Food Research International, 37(4):355-365.

15- Adebowale, Y.A., Adeyemi, I.A., & Oshodi, A.A. 2005. Functional and physicochemical properties of flours of six Mucuna species. African Journal of Biotechnology, 4:1461-1468.

16- Akoh, C.C., & Nwosn, C.V. 1992. Fatty acid composition of melon seed oil lipids and phospholipids. Journal of American Oil Chemistry Society, 69:314-316.

17- Aluko, R.E., Mc Intosh, T., & Reaney, M. 2001. Comparative study of the emulsifying and foaming properties of defatted coriander (Coriandrumsativum) seed flour and protein concentrate. Food Research International, 34:733-738.

18- Amza, T., Amadou, I., Zhu, K., & 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.

19- AOAC 2005. Official methods of analysis (18^{th} ed.). Washington, DC, Association of Official Analytical Chemists.

20- Aremo, M.O., Olaofe, O., & Akintayo, E.T. 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.

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

22- Beuchat, L.R., Cherry, J.P., & Quinn, M. 1975. Physicochemical properties ofpeanut flour as affected by proteolysis. Journal of Food Chemistry, 23(4):616-620.

23- Boye, J., Zare, F. & Pletch, A. 2010. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. Food Research International, 43, pp. 414-431. doi:10.1016/j.foodres. 2009.09.003

24- Chakraborty, P., Sosulski, F., & Bose, A. 1979. Ultracentrifugation of salt soluble proteins in ten legume species. Journal of the Science of Food and Agriculture, 30:766-771.

25- Damodaran S. 1997: Food Proteins: An Overview. Food Proteins and their Applications. Marcel Dekker Inc., New York: 21-24.

26- Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry, 3rd Ed. Marcel Dekker. New York.

27- 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

28- El-Soukkary, F.A.H. 2001. Evaluation of pumpkin seed products for bread fortification. Plant Food for Human Nutrition, 56:365-384.

29- Gauzy, C., Saby, B., Pereira, E., Faure, S., & Aitken, DJ. 2006 The [2+2] photocycloaddition of uracil derivatives with ethylene as a general route to *cis*-cyclobutane β-amino acids. Synlett 9:1394-1398

www.SID.ir

Archive of SID

30- Giami, S.Y., Mepba, H.D., Kiin-Kabari, D.B., & Achinewhu, S.C. 2003. Evaluation of the nutritional quality of bread prepared from wheat-fluted pumpkin (Telfariaoccidentalis Hook) seed flour blends. Plant Food for Human Nutrition, 58:1-8.

31- Guan, X., Yao, H., Chen, Z., Shan, L., & Zhang, M. 2007. Some functional properties of oat bran protein concentrate modified by trypsin. Journal of Food Chemistry, 101:163-170.

32- 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 American Oil Chemist Society, 79:1249-1253.

33- Horax, R., Hettiarachchy, N., Kannan, A., & Chen, P. 2011. Protein extraction optimisation, caracterisation, and functionalities of protein isolate from bitter melon (Momordicacharantia) seed. Food Chemistry, 124:545-550.

34- Kanu, P.J., Kerui, Z., Ming, Z.H., Haifeng, Q., Kanu, J.B., & Kexue, Z. 2007. Sesame protein 11: 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.

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

36- Kaur, M., & Singh, N. 2007. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea cultivars. Food Chemistry, 102:366-74.

37- Kinsella, J.E. 1979. Functional properties of soy proteins. Journal of the American Oil Chemists' Society, 56:242-258.

38- Lawal, O.S., Adebowale, K.O., & Adebowale, Y.A. 2007. Functional properties of native and chemically modified protein concentrate from bambarra groundnut. Food Research International, 40:1003-1011.

39- Lin, J.Y., Humbert, E.S., & Sosulski, F.W. 1974. Certain functional properties of sunflower seed proteins. Journal of Food Science, 39:368-370.

40- Lin, C.S., & Zayas, J.F. 1987. Functional of defatted corn germ proteins in a model system: Fat binding and water retention. Journal of Food Science, 52:1308-1311.

41- Liu, K., & Limpert, W.F. 2004. Soy flour: Varieties, processing, properties and application in: Liu, K, ed 2004 soybeans as functional foods and ingredients. Champaign, Illinois: AOCS press Xii + 331p. Scc p. 101-120.

42- Majzoobi, M., Abedi, E., Farahnaki, A., & Aminlari, M. 2012. Functional properties of acetylated glutenin and gliadin at varying pH values. Food Chemistry, 133:1402-1407.

43- Makri, E.A., & Doxastakis, G.I. 2006. Emulsifying and foaming properties of Phaseolus vulgaris and coccineus proteins. Food Chemistry, 98:558-568.

44- 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(21):2473-2476.

45- Quanhong, L., & Caili, F. 2005. Application of response surface methodology for extraction optimization of germinant pumpkin seeds protein. Food Chemistry, 92:701-706.

46- Owusu-Apenten, R.K. 2002. Food protein analysis Quantitative effects on processing. Marcel Dekker, Inc. Basel. New York.

47- Papalamprou, E.M., Doxastakis, G.I., Biliaderis, C.G., & Kiosseoglou, V. 2009. Influence of preparation methods on physicochemical and gelation properties of chickpea protein isolates. Food Hydrocolloids, 23:337-343.

48- Sathe, S.K., & Salunkhe, D.K. 1981. Functional properties of the great northern bean (Phaseolus vulgaris L.) proteins: emulsion, foaming ,viscosity and gelation properties. Journal of Food Science, 46:71-75.

49- Seena, S.K.R. & Sridhar. 2005. Physiochemical, functional and cooking properties of Canavalia. Journal of Food Chemistry, 32:406-412.

50- Wani, A.A., Sogi, D., Singh, P., & Shankar, S.U. 2011. Characterization and Functional Properties of Watermelon (Citrulluslanatus) Seed Protein Isolates and Salt Assisted Protein Concentrates. Food Science and Biotechnology, 20(4):877-887.

51- Webb, M.F., Naeem, H.A., & Schmidt, K.A. 2002. Food protein functionality in a liquid system: a comparison of deamidated wheat protein with dairy and soy proteins. Journal of Food Science, 67(8):2896-2902.

52- Yu, J.M., Ahmedna, M., & Goktepe, I. 2007. Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. Food Chemistry, 103:121-129.

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of Physicochemical and Functional Properties of Flour Produced from Iranian Native Cucurbitaceae Seed (Melon, Cantaloupe, Watermelon and Cucurbit)

Mehdi Varidi[1*], Fatemeh Heydari[2], Behdad Shokrolahi Yancheshmeh[2]

1- Assistant professor, Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

* Corresponding author (m.varidi@um.ac.ir)

2- PhD student, Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Abstract

In this study, the composition, color attributes and functional properties of watermelon, melon, cantaloupe and cucurbit flour were evaluated. Significant differences were observed in proximate composition, color attributes and functional properties (P<0.05) except for water binding capacity. Foam expansion was higher for the cantaloupe and cucurbit flours .Cucurbit flour had more foam stability, water/oil binding capacity, water holding capacity and more protein solubility; Moreover, it had a significant lower L* value (P<0.05). Also, emulsifying stability was higher for the cucurbit flour and a strong gel was formed at 6% (LGC) for this flour. In this research cantaloupe flour appeared to have the least gelling properties and the highest emulsifying capacity. The rheological data were fitted with the Power Law model. The flow behavior index was less than 1 for all flour types, which indicating shear-thinning behavior. Furthermore, the most consistency coefficient and flow behavior index were attributed to the cucurbit flour suspension and the least to the watermelon and cantaloupe flour.

Keywords: Estival seed, Flour, Flow behavior index, Functional properties, Protein

www.SID.ir