مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هشتم، شماره 2، تابستان 1392، صفحات 112-103

اصلاح شیمیایی ویژگی‌های عملکردی پروتئین و نشاسته‌ی آرد یولاف و بررسی ویژگی‌های فیزیکی کیک تهیه شده از آرد یولافِ جایگزین شده توسط آن‌ها

لیلا میرمقتدایی[1]، مهدی کدیور[2]

1- نویسنده مسئول: دکترای علوم و صنایع‌غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، پست الکترونیکی: Le_mirmoghtadaie@yahoo.com

2- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: 92/2/11 تاریخ پذیرش: 92/5/23

چکیده

سابقه و هدف: یولاف به سبب مقدار زیاد پروتئین، چربی و ترکیبات فراسودمند مانند بتاگلوکان ارزش غذایی بالایی دارد و ترکیب اسیدآمینه‌های آن مطلوب است. در این تحقیق، نشاسته و ایزوله‌ی پروتئینی از آرد یولاف پوست‌گیری شده استخراج، اصلاح و در فرمولاسیون آرد کیک به منظور تولید کیک جایگزین شد.

مواد و روش‌ها: نشاسته با استفاده از تیمارهای ایجاد اتصال عرضی و استیله کردن تعدیل شد و تیمارهای دی‌آمیده کردن و سوکسینیله کردن برای تعدیل خصوصیات ایزوله‌ی پروتئینی یولاف به کار رفت. سطوح مختلف آن‌ها در فرمول آرد یولاف جایگزین و اثر جایگزینی بر ویژگی‌های فیزیکی کیک حاصل از آن بررسی شد.

یافته‌ها: در اثر اتصال عرضی، قدرت تورم گرانول و درصد آب‌اندازی ($p<0/001$) افزایش یافت ولی این تعدیل اثر مشخصی روی دمای ژلاتینه شدن نداشت. استیله کردن باعث افزایش قدرت تورم گرانول ($p<0/001$) شد، ولی دمای ژلاتینه شدن و درصد آب‌اندازی ($p<0/001$) را کاهش داد. در مورد پروتئین، هر دو تعدیل فعالیت امولسیون‌کنندگی، شاخص حلالیت نیتروژن را افزایش داد، اما پایداری امولسیون و کف در هر دو تعدیل ($p<0/001$) کاهش یافت. کیک تهیه شده از آرد یولاف دارای ویسکوزیته خمیر کم‌تر ($p< 0/001$) و حجم بالاتر($p< 0/001$) نسبت به کیک تهیه شده از آرد گندم بود. نشاسته استیله موجب افزایش ویسکوزیته خمیر ($p< 0/001$) و حجم کیک ($p< 0/001$) یولاف شد. افزایش میزان پروتئین دی‌آمیده موجب ویسکوزیته خمیر کمتر ($p< 0/001$)، حجم بیشتر کیک ($p< 0/001$)شد، درحالی‌که افزایش سطح پروتئین سوکسینیله ویسکوزیته خمیر ($p< 0/001$) و حجم ($p< 0/001$) آن را افزایش داد.

نتیجه گیری: بررسی‌ها نشان داد که استفاده‌ی همزمان از نشاسته‌ی استیله و پروتئین دی‌آمیده، خمیرکیکی با ویسکوزیته‌ی مناسب و کیکی با حجم زیادتر از نمونه‌ی کنترل ایجاد کرده است. بنابراین، جایگزینی آرد با نشاسته‌ی استیله یا نشاسته‌ی استیله به همراه پروتئین دی‌آمیده موجب بهبود خصوصیات فیزیکی کیک یولاف می‌شود.

واژگان کلیدی: یولاف، استیله کردن، دی‌آمیده کردن، سوکسینیله کردن

• مقدمه

فواید تغذیه‌ای یولاف مانند میزان بالای پروتئین، چربی و فیبر باعث شده است که اخیراً برای گنجاندن در رژیم غذایی انسان مورد توجه قرار بگیرد (1). پروتئین یولاف نسبت به سایر دانه‌های غلات بیشتر و کیفیت آن هم بهتر است. یولاف حاوی مقادیر فراوانی کربوهیدرات با قابلیت جذب بالاست و مقادیر زیادی فیبر دارد که از خصوصیات فیزیولوژیکی مطلوبی برخوردار است (2). از آنجا که پروتئین یولاف از نوع گلوتنی نیست، آرد آن برای تهیه‌ی نان مناسب نیست، ولی در تهیه‌ی کیک و بیسکوئیت می‌توان از آن به تنهایی استفاده کرد (3).

مشتقات نشاسته‌ی تعدیل شده به‌صورت شیمیایی در مقایسه با روش‌های دیگر ارزش افزوده فراوانی دارد و بافت و

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

احساس دهانی متفاوتی ایجاد می‌کند. مشتقات نشاسته‌ی تعدیل شده، حاصل شکست پیوندهای گلیکوزیدی یا ایجاد گروه‌های عملکردی جدید یا جایگزینی گروه‌های هیدروکسیل یا ایجاد پیوند بین زنجیره‌های ملکولی توسط اتصالات عرضی هستند (4). این روش‌ها موجب افزایش تعداد مشتقات نشاسته می‌شود که در خلال دو دهه‌ی گذشته به عنوان افزودنی برای تغلیظ، پایدار کردن و بهبود خواص بافتی بسیاری از سیستم‌های غذایی استفاده می‌شود (5). پروتئین‌های یولاف دارای ترکیب مناسب اسید آمینه و فاقد ترکیبات ضد تغذیه‌ای هستند (6). *Ma* و همکاران (1987) نشان دادند که هم کنستانتره و هم ایزوله‌ی پروتئینی یولاف خصوصیات امولسیون کنندگی و پیونددهندگی خوبی دارند، ولی حلالیت آن‌ها در pH خنثی کم است. برای بهبود ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌های یولاف به عنوان یک ماده‌ی غذایی مثل حلالیت، لازم است که از تعدیل شیمیایی و آنزیمی استفاده شود (7، 6).

استفاده از یولاف در تهیه‌ی محصولات مختلف از جمله کیک بسیار مورد توجه است. *Karaoğlu* و همکاران (2011) به اثرات مثبت استفاده از نشاسته‌های اصلاح شده از قبیل دارای اتصال عرضی بر تأخیر بیاتی کیک اشاره کرده‌اند (8). در این تحقیق با استفاده از نشاسته و پروتئین تعدیل شده در فرمولاسیون کیک، اثر این مواد را بر خواص ارگانولپتیکی و خواص فیزیکی مانند حجم و خصوصیات ظاهری کیک بررسی شد.

• مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری خصوصیات عملکردی نشاسته: استخراج نشاسته طبق روش *Lim* و همکاران (1992) انجام شد (9). برای ایجاد اتصال عرضی روی نشاسته‌ی یولاف از روش *Kaur* و همکاران (2006) (10) و برای استیله کردن نشاسته طبق روش *Singh Sodhi* (2005) استفاده شد (11). برای اندازه‌گیری قدرت تورم از روش *Leach* و همکاران (1959) با اندکی تغییرات استفاده شد (12). برای بررسی خصوصیات حرارتی نشاسته یولاف از روش *Wang* (1994) استفاده شد (13). برای تعیین درصد سینرسیس نشاسته‌ی یولاف از روش *Jyolhi* و همکاران (2006) استفاده شد (14).

اندازه‌گیری خصوصیات عملکردی ایزوله‌ی پروتئینی یولاف: برای استخراج ایزوله‌ی پروتئینی قلیایی از روش *Ma* (1983) با اندکی تغییر استفاده شد (15). دی آمیده کردن ایزوله‌ی پروتئینی یولاف با استفاده از روش *Mimouni* و همکاران (1994) با اندکی تغییر (16) و سوکسینیله کردن پروتئین یولاف طبق روش *Ma* و همکاران (1986) با اندکی تغییر صورت (17) گرفت. شاخص حلالیت با استفاده از روش استاندارد AACC (2003) در pH =7 اندازه‌گیری شد (18). برای اندازه‌گیری فعالیت امولسیون‌کنندگی ایزوله‌ی پروتئینی یولاف از روش کدورت‌سنجی پیرس و کینسلا (1978) با اندکی تغییرات استفاده شد (19). برای اندازه‌گیری پایداری امولسیون از روش *Kim* و همکاران (2004) استفاده شد. به این‌ترتیب که پایداری امولسیون با اندازه‌گیری نیمه‌عمر کدورت بلافاصله بعد از تشکیل امولسیون اندازه‌گیری شد(20). برای اندازه‌گیری قدرت جذب آب و چربی پروتئین از روش *Lawal* و همکاران (2007) با اندکی تغییر استفاده شد (21). ظرفیت و پایداری کف مطابق روش *Lin* و همکاران (1974) با اندکی تغییر اندازه‌گیری شد (22).

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی کیک: کیک یولاف با استفاده از فرمولاسیون ارائه شده در جدول 1 تهیه شد. ویسکوزیته‌ی خمیر تهیه شده طبق جدول 2 با استفاده از ویسکومتر بروک فیلد به روش *Lakshminarayan* و همکاران (2007) مورد بررسی قرار گرفت (23). برای اندازه‌گیری حجم، یک قطعه کیک توزین شده داخل ظرف دارای حجم مشخص (V_t) قرار داده شد. بقیه‌ی فضای خالی ظرف توسط دانه‌های ارزن پر شد. سپس کیک خارج و حجم دانه‌های ارزن یادداشت شد (V_s) و حجم کیک از محاسبه ($V_t - V_s$) به دست آمد (24).

جدول1. مواد لازم برای تهیه کیک

مواد لازم	مقدار
آرد یولاف (گرم)	450
بیکینگ پودر (گرم)	8
روغن (گرم)	117
شکر (گرم)	225
تخم مرغ (گرم)	112
شیرخشک (گرم)	10
آب (میلی‌لیتر)	250
قند اینورت (گرم)	24
شربت گلوکز (گرم)	15
گلیسیرین (گرم)	9
امولسیفایر (گرم)	8

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

جدول2. حروف نشان دهنده‌ی تیمارهای مختلف در تهیه‌ی کیک

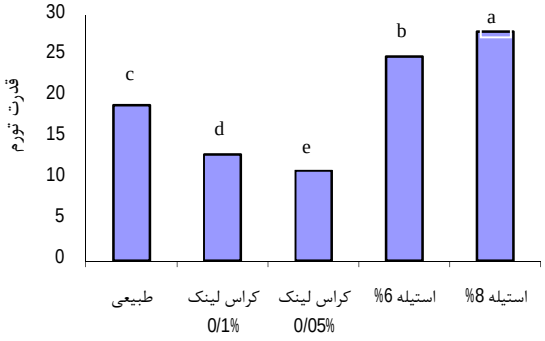
تیمار	حروف نشان دهنده
گندم	w
یولاف (شاهد)	o
نشاسته‌ی طبیعی+پروتئین طبیعی 5%	a
نشاسته‌ی طبیعی+پروتئین طبیعی10%	
نشاسته‌ی طبیعی+پروتئین طبیعی 15%	
نشاسته‌ی طبیعی+پروتئین طبیعی20%	
نشاسته‌ی استیله+ پروتئین طبیعی 5%	b
نشاسته‌ی استیله+ پروتئین طبیعی10%	
نشاسته‌ی استیله+پروتئین طبیعی 15%	
نشاسته‌ی استیله+ پروتئین طبیعی 20%	
نشاسته‌ی طبیعی+ پروتئین دی آمیده 5%	c
نشاسته‌ی طبیعی+ پروتئین دی آمیده10%	
نشاسته‌ی طبیعی+ پروتئین دی آمیده 15%	
نشاسته‌ی طبیعی+ پروتئین دی آمیده20%	
نشاسته‌ی طبیعی+ پروتئین سوکسینیله 5%	d
نشاسته‌ی طبیعی+ پروتئین سوکسینیله10%	
نشاسته‌ی طبیعی+ پروتئین سوکسینیله15%	
نشاسته‌ی طبیعی+ پروتئین سوکسینیله20%	
نشاسته‌ی استیله+ پروتئین دی آمیده5%	e
نشاسته‌ی استیله+پروتئین دی آمیده10%	
نشاسته‌ی استیله+ پروتئین دی آمیده15%	
نشاسته‌ی استیله+پروتئین دی آمیده20%	
نشاسته‌ی استیله+پروتئین سوکسینیله5%	f
نشاسته‌ی استیله+ پروتئین سوکسینیله10%	
نشاسته‌ی استیله+پروتئین سوکسینیله 15%	
نشاسته‌ی استیله+پروتئین سوکسینیله 20%	

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قسمت اندازه‌گیری و مقایسه‌ی خصوصیات نشاسته و پروتئین با استفاده از طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. برای مقایسه‌ی نتایج به دست آمده در قسمت کیک از آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی استفاده شد. مقایسه‌ی میانگین‌ها در هر 3 قسمت در 3 تکرار و توسط آزمون LSD در سطح احتمال 5% انجام گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد.

• یافته‌ها

ویژگی‌های عملکردی نشاسته

الف) تأثیر تعدیل بر قدرت تورم: بررسی میانگین داده‌ها نشان داد که ایجاد اتصال عرضی موجب کاهش قدرت تورم گرانول شده و میزان این کاهش با افزایش سطح فسفوریل کلراید مصرفی افزایش یافت (شکل 1). مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که استیله کردن موجب افزایش قدرت تورم گرانول‌ها شده و با افزایش درصد استیک انهیدرید مصرفی قدرت تورم افزایش یافت.

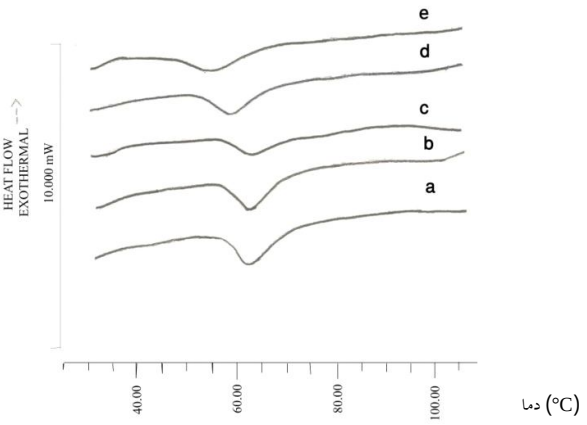


شکل 1. تأثیر ایجاد تعدیل شیمیایی ایجاد اتصال عرضی و استیله کردن بر قدرت تورم گرانول‌های نشاسته

اختلاف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در سطح احتمال 5% و با استفاده از آزمون LSD معنی‌دار است.

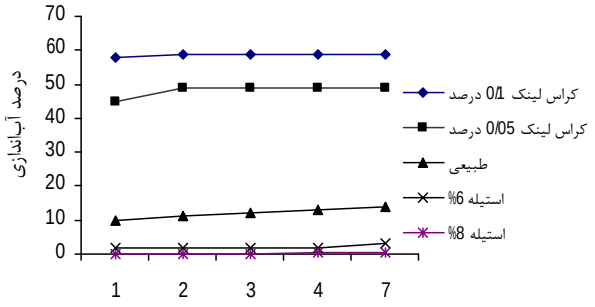
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

ب) تاثیر تعدیل بردمای ژلاتینه شدن: بررسی دمای ژلاتینه شدن نشان داد که سطوح مختلف فسفوریل کلراید، دمای ژلاتینه شدن نمونه‌ی را نسبت به نمونه طبیعی تغییر زیادی نداده است (شکل 2). بررسی دمای ژلاتینه شدن در نمونه‌های طبیعی و تعدیل‌شده با استفاده از 6 تا 8 درصد استیک انهیدرید کاهش دمای ژلاتینه شدن و کاهش آنتالپی تغییر طی فرایند استیله کردن را نشان داد.



شکل 2. منحنی‌های مربوط به آنالیز حرارتی DSC نمونه‌های a) نشاسته‌ی طبیعی یولاف b) نشاسته‌ی یولاف دارای اتصال عرضی 0/05 % c) نشاسته‌ی یولاف دارای اتصال عرضی 0/1 درصد d) نشاسته‌ی یولاف استیله 6% e) نشاسته یولاف استیله 8%

ج) تأثیر تعدیل بر درصد سینرسیس: ویژگی آزادسازی آب در نشاسته‌های دارای اتصال عرضی بیشتر از نمونه‌ی طبیعی بود. افزایش سطح فسفوریل کلراید مصرفی میزان آب‌اندازی را بیشتر کرد. همان‌طور که در شکل 3 نشان داده شده، استیله کردن میزان آب‌اندازی ژل نشاسته را طی نگهداری به شدت کاهش داد و افزایش میزان استیله کردن کاهش بیشتری در میزان آب آزاد شده، ایجاد کرد.



شکل 3. تأثیر نوع و میزان تعدیل ایجاد اتصال عرضی و استیله کردن بر ویژگی آب‌اندازی نشاسته‌ی یولاف

ویژگی‌های عملکردی پروتئین

الف) تأثیر تعدیل بر حلالیت نیتروژن: مقایسه میانگین حلالیت نمونه نشان داد که شاخص حلالیت پروتئین در pH= 7 در اثر دی‌آمیده کردن افزایش یافته است (جدول 3). مقایسه‌ی میانگین داده‌ها معنی‌دار بودن اثر سوکسینیله کردن روی شاخص حلالیت نیتروژن ایزوله‌ی پروتئینی یولاف را نشان داد (جدول 3).

ب) تأثیر تعدیل بر فعالیت امولسیون‌کنندگی: تیمار اسیدی پروتئین موجب افزایش فعالیت امولسیون‌کنندگی آن شد. در اثر سوکسینیله کردن ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی پروتئین بهبود یافت (جدول 3).

ج) تأثیر تعدیل بر ویژگی کف‌کنندگی: تیمار اسیدی پروتئین منجر به افزایش ویژگی کف‌کنندگی در پروتئین شد (جدول3) در حالی‌که سوکسینیله کردن اثر معنی‌داری بر این ویژگی نداشت.

د) تأثیر تعدیل بر پایداری کف: دی‌آمیده کردن و سوکسینیله کردن موجب کاهش در پایداری کف در همه زمان‌ها شد (جدول 4).

جدول3. مقایسه‌ی میانگین اثر نوع تعدیل بر ویژگی‌های عملکردی پروتئین

تیمار	شاخص حلالیت نیتروژن (%)	فعالیت امولسیون‌کنندگی (m^2/g)	پایداری‌امولسیون (دقیقه)	کف‌کنندگی (cm^3)
طبیعی	22/87^{c} ±0/29	48/98 ^{c}±4/67	62/6^{a}±0/4	280/00 ^{b}±9/48
دی‌آمیده	24/22^{b}±0/25	98/25 ^{b}±5/45	59/6^{a}±0/2	325/83 ^{a}±8/13
سوکسینیله	86/78 ^{a}±0/89	189/16^{a}±4/80	28/2 ^{b}±0/4	270/83^{b}±9/17

در هر ستون اختلاف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک، در سطح احتمال 5% و با استفاده از آزمون LSD معنی‌دار است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

جدول4. مقایسه‌ی میانگین اثر نوع تعدیل بر ویژگی پایداری کف

تیمار	پایداری کف پس از 10 دقیقه (%)	پایداری کف پس از 30 دقیقه (%)	پایداری کف پس از 60 دقیقه (%)	پایداری کف پس از 120 دقیقه (%)
طبیعی	92/81 [a]±2/15	84/32 [a]±2/96	69/33[a]±6/ 64	51/32 [a]±9/10
دی‌آمیده	89/53 [b]±2/34	76/17 [b]±5/86	68/74[a] ±6/14	42/21 [b]±3/08
سوکسینیله	70/73 [c]±3/01	41/28 [c]±3/04	19/66 [b]±2/91	10/06 [c]±1/44

در هر ستون اختلاف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در سطح احتمال 5% و با استفاده از آزمون LSD معنی‌دار است.

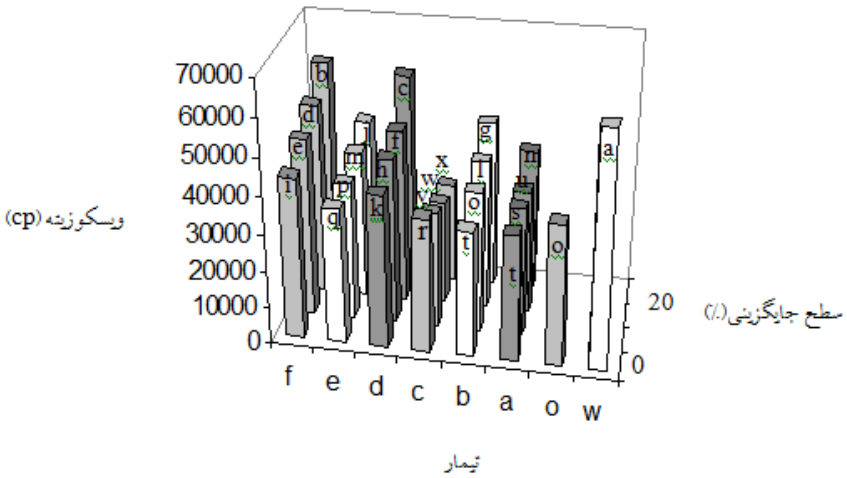
اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی کیک

الف) ویسکوزیته‌ی خمیر: مقایسه‌ی ویسکوزیته خمیر کیک گندم با خمیر کیک یولاف نشان‌دهنده‌ی بیشتر بودن ویسکوزیته خمیر آرد گندم بود. این تفاوت می تواند به علت ترکیب متفاوت دو آرد از نظر مقدار پروتئین به ویژه گلوتن، نشاسته و هم‌چنین نسبت متفاوت آمیلوز و آمیلوپکتین موجود در نشاسته‌ی دو آرد باشد. برای حذف اثر سایر ترکیبات موجود در آرد که هنگام جایگزینی نشاسته و پروتئین در فرمول آرد کاهش می‌یابند، از یک تیمار کنترل استفاده شد که در آن، پروتئین و نشاسته‌ی طبیعی جایگزین مقادیر 5، 10، 15 و 20 درصد از آرد یولاف شد. سایر تیمارهای انجام شده هم با نمونه‌ی شاهد (آرد کامل) و هم با نمونه‌ی کنترل مقایسه شد. ویسکوزیته در نمونه‌ی کنترل بجز در جایگزینی 20 درصد، در سایر سطح‌ها مشابه هم بود، ولی در سطح 20 درصد موجب افزایش ویسکوزیته شد و به حدود نمونه‌ی شاهد رسید. استفاده از نشاسته‌ی استیله در فرمول به جای نشاسته‌ی طبیعی موجب افزایش ویسکوزیته شد (شکل4، b). ویسکوزیته در سطح 5 درصد جایگزینی نشاسته‌ی استیله به جای نشاسته‌ی طبیعی در حد ویسکوزیته سطح 5 درصد نمونه‌ی کنترل بود که نشان می‌دهد نشاسته‌ی استیله در مقدار کم، تأثیری روی ویسکوزیته ندارد. ولی افزایش سطح جایگزینی موجب ایجاد افزایش سریع در ویسکوزیته خمیر شد، به طوری‌که ویسکوزیته در تمام سطوح جایگزینی، بیشتر از نمونه‌ی کنترل بود.

برای بررسی اثر پروتئین‌های تعدیل شده‌ی دی‌آمیده و سوکسینیله، همراه با نشاسته‌ی طبیعی و در سطوح مختلف به آرد اضافه شد. استفاده از پروتئین دی‌آمیده موجب افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش ویسکوزیته خمیر در سطح 5 درصد در مقایسه با نمونه‌ی کنترل شد، ولی افزایش سطح جایگزینی موجب کاهش ویسکوزیته‌ی خمیر شد (شکل 4، c). افزایش سطح جایگزینی پروتئین سوکسینیله موجب افزایش قابل توجه و معنی‌دار ویسکوزیته‌ی نمونه در مقایسه با نمونه‌ی کنترل شد (شکل 4، d). استفاده از نشاسته‌ی استیله به همراه پروتئین دی‌آمیده (شکل 4، e) نشاسته‌ی استیله را کاهش داد و ویسکوزیته ناشی از پروتئین دی‌آمیده را جبران کرد در نتیجه، ویسکوزیته‌ی بالاتر از نمونه‌ی کنترل ایجاد کرد. استفاده از پروتئین سوکسینیله به همراه نشاسته‌ی استیله بیشترین ویسکوزیته را در مقایسه با نمونه‌ی کنترل و سایر نمونه‌ها ایجاد کرد (شکل 4، f)که به علت اثر سینرژیستی پروتئین سوکسنیله و نشاسته‌ی استیله روی ویژگی ویسکوزیته است.

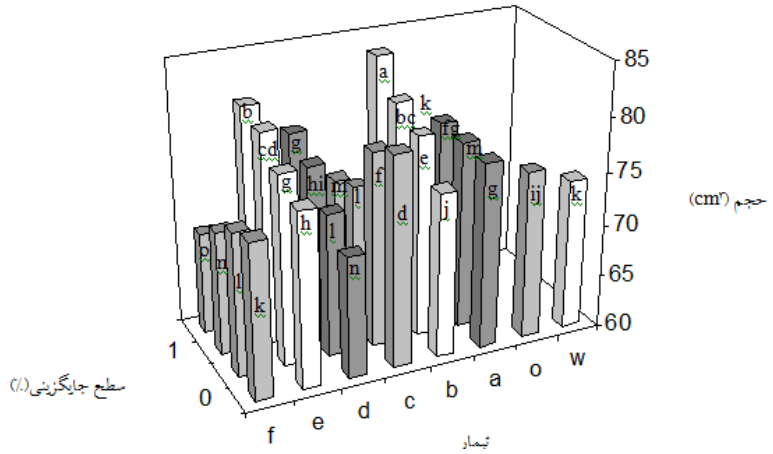
ب) حجم کیک: مقایسه‌ی حجم کیک به دست‌آمده از آرد گندم با کیک یولاف نشان داد که حجم کیک گندم کمتر است. این کاهش می‌تواند به‌علت ویسکوزیته‌ی بالاتر خمیر گندم باشد که از بالا رفتن جباب‌های هوا در بافت کیک جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، میزان پروتئین بالای آرد یولاف ویژگی کف‌کنندگی بهتری ایجاد کرد. مقایسه‌ی حجم نمونه‌ی کنترل با نمونه‌ی شاهد نشان داد که افزایش سطح جایگزینی آرد با نشاسته و پروتئین طبیعی تغییر با روند مشخصی در حجم ایجاد نکرد (شکل 5، a). استفاده از نشاسته‌ی استیله همراه پروتئین طبیعی موجب افزایش حجم نسبت به نمونه‌ی کنترل شد و افزایش سطح این جایگزینی موجب افزایش حجم شد (شکل 5، b). هنگام استفاده از پروتئین اسیدی به همراه نشاسته‌ی طبیعی در سطوح 5 و 10 درصد جایگزینی حجمی بیش از نمونه‌ی کنترل بود ، ولی افزایش سطح جایگزینی موجب کاهش حجم شد (شکل 5، c). استفاده از پروتئین سوکسینیله در سطوح 5 و 10 درصد جایگزینی حجم کمتری نسبت به نمونه‌ی کنترل ایجاد کرد (شکل 5، d). استفاده‌ی هم‌زمان نشاسته‌ی استیله و پروتئین دی‌آمیده موجب افزایش حجم نمونه کیک تولیدی شد (شکل 5، e). استفاده از نشاسته‌ی استیله و پروتئین سوکسینیله به طور هم‌زمان موجب کاهش حجم شد (شکل 5، f).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]



شکل 4. بررسی اثر تیمار جایگزینی و سطح جایگزینی بر ویژگی ویسکوزیته‌ی خمیر کیک

اختلاف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک، در سطح احتمال 5% و با استفاده از آزمون LSD معنی‌دار است.



شکل 5. بررسی اثر تیمار و سطح جایگزینی روی ویژگی حجم کیک

اختلاف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک، در سطح احتمال 5% و با استفاده از آزمون LSD معنی‌دار است.

• بحث

افزایش قدرت تورم در اثر استیله کردن به علت قرار گرفتن گروه‌های هیدروفیل روی زنجیره نشاسته است که موجب نگهداری آب و تشکیل پیوندهای هیدروژنی می‌شود (11). افزایش انرژی لازم برای ژلاتینه شدن به دلیل ایجاد اتصالات عرضی و افزایش مقاومت به ژلاتینه شدن است. کاهش دمای ژلاتینه شدن پس از مشتق‌گیری نشاسته به دلیل تغییر ساختاری نشاسته و در نتیجه تضعیف نیروهای داخل گرانولی و بین گرانولی نشاسته است. در عین حال آنتالپی لازم برای ژلاتینه شدن نیز کاهش می‌یابد؛ زیرا انرژی لازم برای ژلاتینه شدن نشاسته‌ی استیله کمتر از نمونه‌ی طبیعی است. میزان آب‌اندازی در اثر ایجاد اتصال عرضی افزایش می‌یابد؛ زیرا اتصال عرضی باعث ایجاد نظم ساختاری در خمیر نشاسته می‌شود که موجب افزایش تنزل کیفیت (retrogradation) می‌شود. کاهش شدید آب‌اندازی در اثر

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

استیله کردن به‌علت حضور گروه‌های استیل است که ویژگی نگهداری آب را در ژلِ نگهداری شده در 4°C افزایش می‌دهد (11).

در بررسی اثر تعدیل بر ویژگی‌های پروتئین مشاهده شد که حلالیت پروتئین در اثر دی‌آمیده کردن افزایش می‌یابد که به علت کاهش اندازه‌ی ملکولی و افزایش بار خالص است (7). سوکسینیله کردن و به طور کلی آسیله کردن موجب باز شدن و افزایش دیسوسیه شدن به زیرواحدهای حاصل از ساختار چهارم می‌شود که ساختار پروتئین را تغییر داده و نقطه‌ی ایزوالکتریک را کاهش و حلالیت را افزایش می‌دهد (25). دی‌آمیده کردن تعداد گروه‌های قطبی و هیدروفیل را افزایش، وزن ملکولی را کاهش و ساختار کروی پروتئین را تغییر می‌دهد. در نتیجه، گروه‌های هیدروفوب درونی در سطح قرار می‌گیرند (26) که باعث افزایش فعالیت امولسیون‌کنندگی می‌شود. از سوی دیگر، هیدرولیز اسیدی موجب از بین رفتن ساختار کروی پروتئین و ایجاد پپتیدهای کوچک می‌شود. در نتیجه، لایه‌ی پروتئینی تشکیل شده در اطراف قطرات روغن نازک‌تر می‌شود و پایداری کمتری دارد (27). سوکسینیله کردن موجب باز شدن و تغییر شکل زنجیره‌های پروتئینی می‌شود. درنتیجه، تماس قسمت‌های هیدروفیل بیشتر شده و امولسیون‌کنندگی پروتئین بهبود می‌یابد (28). افزایش مشاهده شده در پایداری امولسیون به قرار گرفتن گروه‌های سوکسینیل روی ملکول پروتئین مربوط می‌شود که موجب افزایش پتانسیل الکتریکی لایه‌ی بین سطحی اطراف قطرات روغن می‌شود و پایداری امولسیون را افزایش می‌دهد (29).

افزایش حلالیت پروتئین در اثر دی‌آمیده کردن موجب افزایش ویژگی تشکیل کف در این پروتئین می‌شود (27). تغییر نکردن ویژگی تشکیل کف توسط سوکسینیله کردن می‌تواند به علت انجام تعدیل در سطح بالا و ایجاد بار منفی زیاد در پروتئین و در نتیجه، کاهش توانایی تشکیل فیلم الاستیک در سطح حباب هوا باشد. کاهش پایداری کف می‌تواند به علت هیدرولیز پیوندهای پپتیدی و افزایش بار خالص باشد که موجب کاهش پایداری کف می‌شود. علت کاهش پایداری کف در اثر سوکسینیله کردن، افزایش زیاد بار منفی پروتئین و ایجاد دافعه بین گروه‌های کربوکسیل اضافه شده و موجود در پروتئین طبیعی است که موجب باز شدن ساختار پروتئین و کاهش پایداری کف می‌شود.

استفاده از نشاسته‌ی استیله موجب افزایش ویسکوزیته‌ی خمیر شد. این افزایش می‌تواند به علت جذب آب بیشتر در نمونه‌ی نشاسته‌ی استیله نسبت به نمونه‌ی نشاسته‌ی طبیعی باشد. به عبارت دیگر، خمیر دارای قوام و ویسکوزیته‌ی بیشتری است. استفاده از پروتئین دی‌آمیده موجب کاهش ویسکوزیته‌ی خمیر شد. این کاهش می‌تواند به‌علت کاهش اندازه‌ی پروتئین‌ها و ایجاد پپتیدهای کوچک در اثر دی‌آمیده کردن باشد که نمی‌توانند در تشکیل شبکه در خمیر به خوبی شرکت کنند.

استفاده از پروتئین سوکسینیله موجب افزایش ویسکوزیته خمیر شد. این افزایش به علت قدرت جذب آب بالا در پروتئین سوکسینیله نسبت به پروتئین طبیعی است (حدود 4 برابر) در نتیجه، موجب تثبیت آب در خمیر و افزایش شدید ویسکوزیته‌ی خمیر می‌شود. استفاده‌ی هم‌زمان از نشاسته‌ی استیله و پروتئین‌های دی‌آمیده و سوکسینیله موجب افزایش بیشتری در ویسکوزیته‌ی خمیر شد. در بررسی اثر جایگزینی‌های مختلف بر حجم کیک نتایج مختلفی دیده شد. اندازه‌گیری ویژگی کف‌کنندگی در نمونه‌ی دی‌آمیده شده نسبت به نمونه‌ی طبیعی بالاتر بودن این ویژگی در نمونه‌ی دی‌آمیده را نشان می‌دهد. اگرچه درصد پایداری کف در نمونه‌ی دی‌آمیده کمتر از نمونه‌ی پروتئین طبیعی است، ولی این کاهش زیاد نیست و با توجه به حجم کف ابتدایی بالاتر تأثیر مورد اخیر را کم می‌کند.

فعالیت امولسیون‌کنندگی در نمونه دی‌آمیده بیشتر از نمونه طبیعی است. استفاده از پروتئین با امولسیون‌کنندگی بالا به افزایش حجم کیک کمک می‌کند، ولی با افزایش نسبت پروتئین دی‌آمیده به پروتئین طبیعی موجود در آرد به علت کاهش شدید ویسکوزیته در اثر عدم شرکت پپتیدهای کوچک در تشکیل شبکه و در نتیجه عدم نگهداری هوا، حجم کاهش می‌یابد. افزایش حجم کیک در اثر استفاده از نشاسته‌ی استیله و پروتئین دی‌آمیده می‌تواند به علت حضور نشاسته‌ی استیله و افزایش ویسکوزیته تا حد مناسب و در نتیجه، جلوگیری از خروج حباب‌های هوا از خمیر باشد. استفاده‌ی هم‌زمان از نشاسته‌ی استیله و پروتئین سوکسینیله موجب کاهش حجم شد که به علت ویسکوزیته‌ی بالای خمیر تولیدی است. ویسکوزیته‌ی بالای عامل مهمی در جلوگیری از بالا رفتن حباب‌های هوا و توزیع کف در نمونه است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

یولاف به علت فیبر محلول زیاد، قابلیت پیشگیری از بیماری‌های قلبی عروقی، کنترل وزن، کاهش بیماری‌های روده‌ای و پیشگیری از سرطان را دارد و در تهیه‌ی غذای افراد سلیاکی به کار می‌رود. دی‌آمیده کردن و سوکسینیله کردن موجب بهبود ویژگی‌های عملکردی مانند کف‌کنندگی و فعالیت امولسیون‌کنندگی ایزوله‌ی پروتئینی طبیعی می‌شود که بهبود کیفیت کیک را به دنبال دارد. نشاسته‌ی استیله باعث ایجاد ویسکوزیته‌ی مناسب در کیک می‌شود و دمای بسته شدن کیک را به علت کاهش دمای ژلاتینه شدن کاهش می‌دهد که از خروج حباب‌های هوا جلوگیری می‌کند. بنابراین، افزودن نشاسته‌ی استیله و پروتئین دی‌آمیده و سوکسینیله موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی کیک تهیه شده از آرد یولاف می‌شود.

• References

1. Lapvetelainen A, Aro T. Protein composition and functionality of high protein oat flour derived from integrated starch ethanol process. Protein 1994; 71: 133-9.
2. Webster FH. Oats: chemistry and technology. USA: American Association of Cereal Chemists, 1986.
3. Behnia M. Cold regions cereals. Tehran:Tehran University, Press; 2003. [in Persian].
4. Tharanathan RN. Starch-value addition by modification. Crit Rev Food Sci Nutr 2005; 45: 371-84.
5. Wurzburg OB, Szymanski CD. Modified starches for the food industry. J Agric Food Chem 1970; 18: 997-1001.
6. Ma CY. Functional properties of acylated oat protein. J Food Sci 1984; 49: 1128-31.
7. Ma CY, Khanzada G. Functional properties of deamidated oat protein isolate. J Food Sci 1987; 52: 1583-87.
8. Karaoğlu MM, Kotancilar HG, Çelik L. Effects of utilization of modified starches on the cake quality. Starch/Stark 2011; 53: 162-69.
9. Lim WJ, Liang YT, Seib PA, Rao CS. 1992. Isolation of oat starch from oat flour. Cereal Chem 1992; 69: 233-36.
10. Kaur L, Singh J, Singh N. Effect of cross linking on some properties of potato (Solanum tuberosum L.) starches. J Sci Food Agric 2006; 86: 1945-54.
11. Singh Sodhi N, Singh N. Characteristics of acetylated starches prepared using starches separated from different rice starch. J Food Eng 2005; 70: 117-27.
12. Leach HW, McCowen LD, Schoch J. Structure of the starch granule: swelling and solubility patterns of various starches. Cereal Sci 1959; 36: 534-44.
13. Wang LZ, White PJ.. Functional properties of oat starch and relationships among functional and structural characteristics. Carbohyd 1994; 71: 452-8.
14. Jyothi AN, Moorthy SN, Rajasekharan KN. Effect of cross linking with epichlorohydrin on the properties of cassava (Manihot esculenta Crantz) starch. Starch/ Stärk 2006; 58: 292-9.
15. Ma CY. Preparation, composition and functional properties of oat protein isolates. Can Inst Food Sci Technol 1983; 16: 201-5.
16. Mimouni B, Raymond J, Merle Desnoyers AM, Azana JL, Ducastaing A. Combined acid deamidation and enzymic hydrolysis for improvement of functional properties of wheat gluten. J Cereal Sci 1994; 21: 153-65.
17. Ma CY, Oomah BD, Holme J. Effect of deamidation and succynilation on some physicochemical and baking properties of gluten. J Food Sci 1986; 51: 99-103.
18. Approved Methods of AACC. USA: American Association of Cereal Chemists; 2003.
19. Pearce, K. N. and J. E. Kinsella. 1978. Emulsifying properties of protein: evaluation of a turbidimetric technique. J. Agric. Food Chem. 29: 716-722.
20. Kim JM, Whang JH, Suh HJ. Enhancement of angiotensin I converting enzyme inhibitory activity and improvement of the emulsifying and foaming properties of corn gluten hydrolysate using ultra filtration membranes. Eur Food Res Technol 2004; 218: 133-38.
21. Lawal OS, Adebowale KO, Adebowale YA. Functional properties of native and chemically modified protein concentrate from bambarra groundnut. Food Res Int 2007; 40: 1003-11.
22. Lin JY, Humbert ES, Sosulski FW. Certain functional properties of sunflower seed proteins. J Food Sci 1974; 39: 368-70.
23. Lakshminarayan SM, Rathinam V, Rau LK. Effect of maltodexterin and emulsifiers on the viscosity of

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

cake batter and the quality of cakes. J Sci Food Agric 2006; 86: 706-12.

24. Ragaee S, Abdel-Aal EM. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. Food Chem 2006; 95: 9-18.

25. Ponnampalam R, Delisle J, Gagne Y, Amiot J. Functional and nutritional properties of acylated rapeseed proteins. JAOCS 1990; 67: 531-35.

26. Chan WM, Ma CY. Acid modification of proteins from soymilk residue (Okara). Food Res Int 1999; 32: 119-27.

27. El Adawy TA. Functional properties and nutritional quality of acylated and succinylated mung bean protein isolate. Food Chem 2000; 70: 83-90.

28. Conde JM, Patino R. The effect of enzymatic treatment of a sunflower protein isolate on the rate of adsorption at the air water interface. J Food Eng 2007; 78: 1001-9.

29. Lawal OS. Functionality of native and succinylated Lablab bean (Lablab purpureus) protein concentrate. Food Hydrocoll 2005; 19: 63-72.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

Chemical modification of oat flour starch and protein and assessment of the physical characterisrics of a cake prepared using them

Mirmoghtadaie L[*1], *Kadivar M*[2]

1- Corresponding author: Ph.D. in Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, E-mail: Le_mirmoghtadaie@yahoo.com

2- Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Received 1 May, 2013 **Accepted 14 Aug, 2013**

Background and objectives: Due to their nutritionally favorable proprties, including high protein, fat and β glucan contents and a desirable amino acid composition, oats have attracted much attention for human consumption. In this research, starch and a protein-isolate were extracted from husked oats, modified and added as ingredients in cake flour used for baking cake.

Materials and Methods: Starch and protein isolated from oats were chemically modified, the former by cross-linking and acetylation and the latter by deamidation and succinylation. Oat flour formulations were prepared using different levels of the modified starch and protein isoltes and the physical characteristics of the cakes prepared from them determined.

Results: Cross-linking brought about a decrease in the swelling power of starch granules and an increase in syneresis ($p<0.001$), but it had not significant effect on gelatinization temperature. Acetylation, on the other hand, increased the granules swelling power ($p<0.001$), but it decreased gelatinization temperature and syneresis ($p<0.001$). As regrds protein, both deamidation and succinylation increased the emulsifying activity and nitrogen solubility index but reduced foaming capacity and emulsion stability ($p<0.001$). The prepared cake of oat flour has lower batter viscosity ($p<0.001$) and higher volume ($p<0.001$) than prepared cake of wheat flour. In the cake with Acetylated starch, increase in level of substitution led to increase in batter viscosity ($p<0.001$) and cake volume ($p<0.001$). Increasing in level of deamidated protein produced cake with lower batter viscosity ($p<0.001$) and higher volume ($p<0.001$), but increase in level of succinylated protein increased batter viscosity and volume ($p<0.001$) of cake.

Conclusion: Simultaneous use of acetylated starch and deamidated protein resulted in a cake batter with a higher viscosity and lightness as compared to control. Therfore, substitution of oat flour with acetylated starch or acetylated starch and deamidated protein will result in improvements in the physical characteristics of oat cake.

Keywords: Oat, Acetylation, Deamidation, Succinylation

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]