تأثیر ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه مرو بر خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکی و حسی کیک اسفنجی

فخرالدین صالحی[1*]، سمیرا امین اخلاص[2]، زهرا مهربانی[2]

1- استادیار مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
2- دانشجوی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

تاریخ دریافت:96/04/06 تاریخ پذیرش: 96/09/26

چکیده

پروتئین سویا یک پروتئین گیاهی است که می‌تواند به محصولات غذایی اضافه شود تا کیفیت تغذیه‌ای آن‌ها را بهبود بخشد. در این مطالعه قابلیت استفاده از ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه مرو در فرمولاسیون کیک اسفنجی بررسی شد. در این پژوهش رئولوژی خمیر و خصوصیات حسی و فیزیکی شامل وزن، رطوبت، حجم، دانسیته و رنگ مغز کیک اندازه‌گیری شد. با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ دانه مرو در فرمولاسیون کیک اسفنجی، گرانروی خمیر افزایش یافت و خمیر کیک جزء سیال‌های غیر نیوتنی و از نوع وابسته به برش (سودوپلاستیک) و وابسته به زمان (تیکسوتروپیک) بود. با افزایش درصد ایزوله سویا از 10 به 20 درصد، گرانروی خمیر کیک اسفنجی در سرعت برشی برابر $10s^{-1}$ از 80/0 تا 113/2 پاسکال ثانیه افزایش یافت ($P<0.05$). مقادیر رطوبت و وزن بعد از پخت کیک‌ها با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ مرو افزایش یافتند ($P<0.05$). با افزودن صمغ مرو روشنایی کیک‌ها به دلیل افزایش حجم، افزایش یافت ($P<0.05$). با افزایش درصد ایزوله سویا به فرمولاسیون کیک، روشنایی کیک‌ها کاهش یافت اما پارامترهای قرمزی (a^*) و زردی (b^*) نمونه‌ها افزایش یافتند ($P<0.05$). شاخص‌های L^*، a^* و b^* برای نمونه حاوی 20 درصد ایزوله سویا و 0/75 درصد صمغ دانه مرو به ترتیب برابر 78/21، 1/17 و 22/38 به دست آمد. بر اساس نتایج ارزیابی حسی، کیک اسفنجی حاوی 20 درصد ایزوله سویا و 0/75 درصد صمغ مرو بالاترین امتیاز را از نظر پذیرش کلی داشت.

واژه‌های کلیدی: ایزوله سویا، رئولوژی، صمغ دانه مرو، کیک اسفنجی.

[*]مسوول مکاتبات: FS1446@yahoo.com, F.Salehi@basu. ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

1- مقدمه

پروتئین سویا از گذشته به عنوان منبع عالی پروتئین‌های گیاهی با کیفیت بالا شناخته شده است. پروتئین سویا حاوی طیف گسترده‌ای از ترکیبات شیمیایی مانند ایزوفلاون‌ها هست که قابلیت پیشگیری از ابتلاء به بیماری‌های قلبی عروقی و سرطان‌ها را دارد (1 و 2). افزودن فراورده‌های سویا به غذاهای اصلی و مورد مصرف عموم از قبیل محصولات نانوایی و قنادی می‌تواند راه عملی و مناسبی برای افزایش دریافت روزانه سویا در رژیم غذایی مردم باشد. پروتئین‌های سویا با توجه به الگوی اسیدهای آمینه و ارزش بیولوژیکی بالا در بین پروتئین‌های گیاهی اهمیت ویژه‌ای دارند. سویا از نظر میزان اسیدآمینه لیزین بسیار غنی است. افزودن سویا به فراورده‌های غلات، نه تنها میزان پروتئین آن‌ها را افزایش می‌دهد، بلکه زیست دسترسی لیزین را نیز بهبود می‌بخشد (3). با افزایش توجه مصرف‌کنندگان به غذاهای سلامت بخش و تأیید اثرات پروتئین سویا در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی توسط سازمان غذا و دارو، استفاده از محصولات پروتئینی سویا افزایش‌یافته است (4). اداره غذا و داروی آمریکا تأثیر دریافت پروتئین سویا را در کاهش بیماری‌های قلبی عروقی تأیید و مقدار موردنیاز روزانه سویا برای رسیدن به این منظور را 25 گرم گزارش کرده است (2). مطالعات نشان داده است که افزودن آرد سویای بدون چربی به آرد گندم، اسیدآمینه لیزین، کلسیم کل و فیبر را به طور معنی‌داری افزایش داده و باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای وحسی محصول می شود (5 و 6). دهینگرا و جود (2004) نشان دادند که تُردی بافت با شکل ظاهری نان، مرتبط است و نتیجه گرفتند که آرد سویا را می‌توان تا میزان 10 درصد به آرد نان اضافه کرد، بدون اینکه تغییر معنی‌داری در ارزیابی‌های حسی نان ایجاد شود (7). ایزوله پروتئینی سویا، خالص‌ترین فرم پروتئینی محصولات سویا است و به ویژه زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مقدار پروتئین بالا و ویژگی‌های عملکردی ویژه مورد نیاز باشد. برخی از خواص عملکردی پروتئین‌های سویا شامل خصوصیت امولسیفایری، تشکیل ژل، جذب و نگهداری آب و چربی، کنترل رنگ و بافت است. به دلیل درصد بالای پروتئین، می‌توان درصد کمتری از آن را به محصول اضافه نمود (8). به منظور بهبود بافت محصولات غذایی، هیدروکلوئیدها به طور گسترده به عنوان مواد ژل‌دهنده در سیستم‌های غذایی استفاده می‌شوند. همچنین افزودن هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون نان و کیک باعث بهبود خواص حسی و کیفی بافت آن‌ها می‌شود. دانه مرو[1] دارای مقادیر قابل‌توجهی صمغ (موسیلاژ) با خواص عملکردی مناسب است. این موسیلاژ حاوی کربوهیدرات، پروتئین و فیبر بوده و افزودن آن به فرمولاسیون غذاها باعث بهبود خصوصیات رئولوژیکی و بافتی آن‌ها می‌شود (9 و 10). محصولات نانوایی و قنادی تهیه شده از پروتئین سویا محتوی ایزوفلاون‌ها بوده و دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی می‌باشند (11). خصوصیات رئولوژیکی خمیر کیک عاری از گلوتن تهیه شده از ایزوله سویا و نشاسته توسط روندا و همکاران (2011) بررسی شده است. خمیر تهیه شده قوام و ویسکوزیته مناسبی داشته و خصوصیات کافی برای تهیه محصول با کیفیت بالا را از خود نشان داد (12). هدف از این پژوهش بررسی اثر صمغ دانه مرو و ایزوله سویا بر ویژگی‌های رفتار جریانی خمیر و خصوصیات فیزیکی، حسی و رنگ مغز کیک اسفنجی می‌باشد. لذا صمغ دانه مرو در سطوح 0/5 و 0/75 درصد و ایزوله سویا در سطوح 10، 15 و 20 درصد به فرمولاسیون کیک اسفنجی اضافه و سپس ویژگی‌های مورد نظر ارزیابی شدند.

2- مواد و روش‌ها

2-1- تهیه کیک اسفنجی

فرمولاسیون کیک اسفنجی تهیه‌شده در این پژوهش در جدول 1 گزارش‌شده است. جهت تهیه کیک‌ها ابتدا شکر و روغن به مدت 4 دقیقه توسط همزن برقی مخلوط شدند. سپس تخم‌مرغ کامل در سه مرحله و در مدت زمان دو دقیقه به مخلوط اضافه گردید. 15 سی‌سی از آب اضافه و دو دقیقه هم زده شد. سایر مواد پودری (به غیر از شکر) باهم مخلوط گردید. از پودر ایزوله پروتئینی سویا (شرکت بکا، تهران،

1 - Wild sage seed

Archive of SID

www.SID.ir

ایران) در سه سطح 10، 15 و 20 درصد به عنوان جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون استفاده شد. صمغ دانه مرو نیز در دو سطح 0/5 و 0/75 درصد (بر پایهٔ آرد گندم) به آن‌ها اضافه گردید. مخلوط مواد پودری به مخلوط اضافه و تا به دست آمدن یک خمیر یکنواخت مخلوط شدند. باقی‌مانده آب نیز اضافه و به مدت یک دقیقه، هم زده شد. 25 گرم خمیر درون هر قالب ریخته شد و جهت پخت در آون با دمای 5±200 درجه سانتی‌گراد و به مدت 20 دقیقه قرار گرفت. کیک‌های پخته‌شده خنک و سپس دربسته‌های پلی‌پروپیلن عایق نسبت به رطوبت و اکسیژن نگهداری شدند (13 و 14). صمغ مرو مورد استفاده در این پژوهش با استفاده از روش صالحی و کاشانی‌نژاد (2015) استخراج (10) و بعد از آماده‌سازی در فرمولاسیون کیک استفاده گردید. ابتدا دانه مرو از بازار خریداری و با استفاده از غربالگر، ناخالصی‌های همراه دانه حذف شد. جهت استخراج صمغ، ابتدا دانه‌ها به مدت 20 دقیقه درون آب مقطر با دمای 25 درجه سانتی‌گراد، در pH برابر 7 و نسبت آب به دانه برابر 20 به 1 قرار گرفتند. سپس صمغ خارج‌شده توسط دستگاه استخراج‌کننده[1] از دانه جدا گردید. موسیلاژ به‌دست‌آمده در آون (105 درجه سانتی‌گراد و 4 ساعت) خشک و سپس آسیاب و با غربال با مش 50 الک شد. پودر صمغ تهیه‌شده در کیسه‌های عایق نسبت به رطوبت و اکسیژن در دمای اتاق نگهداری شدند (9 و 10).

جدول 1- فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی تهیه شده در این پژوهش

ترکیب (مقدار به گرم)	نمونه 1	نمونه 2	نمونه 3	نمونه 4	نمونه 5	نمونه 6
صمغ دانه مرو	0/5	0/5	0/5	0/75	0/75	0/75
ایزوله سویا	10	15	20	10	15	20
آرد گندم	90	85	80	90	85	80
تخم‌مرغ کامل	72	72	72	72	72	72
شکر	72	72	72	72	72	72
روغن مایع	57	57	57	57	57	57
پودر شیر خشک کامل	6	6	6	6	6	6
بیکینگ‌پودر	2	2	2	2	2	2
آب	30	30	30	30	30	30

1 - Panasonic, MJ-J176P, Japan

Archive of SID

www.SID.ir

2-2- بررسی خصوصیات رفتار جریانی

رفتار جریانی و گرانروی خمیر کیک‌ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد[1] در سرعت برشی‌های 5، 10 و 20 بر ثانیه، در مدت زمان 180 ثانیه (18 نقطه) و در دمای 20 درجه سلسیوس، با استفاده از دوک شماره RV-7 اندازه‌گیری شدند (15).

2-3- اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی

حجم و دانسیته کیک‌ها به روش جابه‌جایی حجم با استفاده از دانه کلزا محاسبه گردید. درصد رطوبت با استفاده از آون در دمای 105 درجه سانتی‌گراد و به مدت 4 ساعت و به روش استاندارد ملی ایران شماره 2553 به دست آمدند (13 و 14).

2-4- رنگ مغز کیک

جهت بررسی رنگ مغز کیک‌های اسفنجی از روش پردازش تصویر استفاده شد. در این روش از یک اسکنر اچ‌پی[2]، جهت تصویربرداری استفاده شد. نمونه‌های کیک از وسط نصف شده و مغز کیک اسکن گردید. تصاویر با فرمت jpg و در فضای رنگی RGB ذخیره شدند. تصاویر گرفته‌شده توسط نرم‌افزار Image J[3] و برنامه آن[4] از فضای رنگی RGB به شاخص‌های $L^* a^* b^*$ تبدیل گردیدند (16).

2-5- ارزیابی حسی

از 15 ارزیاب آموزش‌دیده جهت بررسی خصوصیات کیک‌های اسفنجی حاوی پودر ایزوله سویا و صمغ دانه مرو استفاده گردید. از روش هدونیک 9 نقطه‌ای (1= ضعیف، 5= متوسط و 9= عالی) جهت بررسی خصوصیات حسی کیک‌ها استفاده شد. روشنایی رنگ مغز کیک، بو، مقدار تخلخل، پذیرش ظاهر، پذیرش طعم، سفتی، پذیرش بافت و پذیرش کلی پارامترهای ارزیابی حسی بودند که توسط ارزیاب‌ها بررسی شدند (15).

2-6- آنالیز آماری

در این پژوهش اثر متغیرهای درصد ایزوله سویا در سه سطح 10، 15 و 20 درصد و صمغ دانه مرو در سطوح 0/5 و 0/75 درصد بر پایه آرد گندم بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و ویژگی‌های کیک اسفنجی مورد بررسی قرار گرفت. کلیه آزمایش‌ها قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. برای رسم نمودارها از برنامه اکسل[5] 2007 و برای تجزیه‌وتحلیل آماری از نرم‌افزار SAS 9.1 در سطح معنی‌داری 5% استفاده شد.

3- نتایج و بحث

3-1- خصوصیات جریانی خمیر کیک

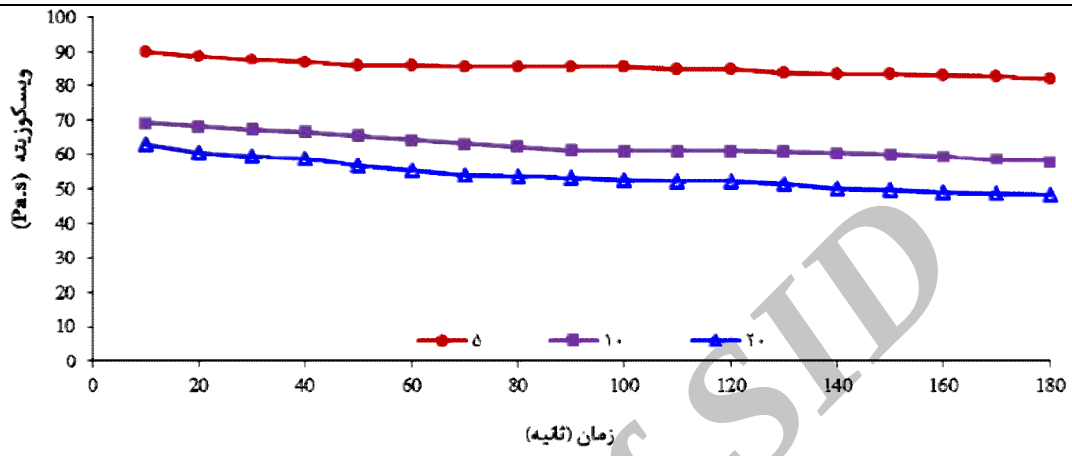
بررسی خصوصیات رفتار جریانی و گرانروی خمیر کیک قبل از طراحی فرآیندهایی مانند سیستم‌های انتقال خمیر، نیروی موردنیاز برای پمپ کردن و قالب‌زنی و پیش‌بینی خصوصیات نهایی کیک پخته‌شده ضروری است (17). اثر سرعت برشی (5، 10 و 20 بر ثانیه) و زمان بر گرانروی خمیر کیک اسفنجی حاوی درصدهای مختلف ایزوله سویا و صمغ دانه مرو در شکل 1 تا 6 به نمایش در آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در تمامی خمیرها با افزایش سرعت برشی، گرانروی ظاهری کاهش یافته است و گرانروی اندازه‌گیری شده در سرعت $5\ s^{-1}$ بیشتر از سرعت $20s^{-1}$ می‌باشد. در تمامی غلظت‌ها رفتار مشابهی مشاهده می‌شود.کاهش گرانروی با افزایش سرعت برشی، نشان‌دهنده رفتار شل شونده با برش (سودوپلاستیک[6]) خمیر می‌باشد. با افزایش سرعت برشی از 5 به 20 (s^{-1})، گرانروی ظاهری خمیر حاوی 20 درصد سویا و 0/5 درصد صمغ مرو از 123/0 به 82/2 پاسکال ثانیه کاهش یافت. کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی به عدم درگیری زنجیره‌های ماکرومولکولی تحت اثر میدان برشی (هم‌راستا شدن با جهت برش) و همچنین شکستن احتمالی ساختار در خمیر بستگی دارد (18). همان‌طور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود بیش‌ترین گرانروی در تمامی سرعت‌های

1 - Brookfield, DV2T, RV, USA
2 - Hp Scanjet 300, China
3 - Image J software version 1.42e, USA
4 - Color –Space –Converter
5 - Excel, 2007, Microsoft office, USA
6 - Pseudoplastic behavior

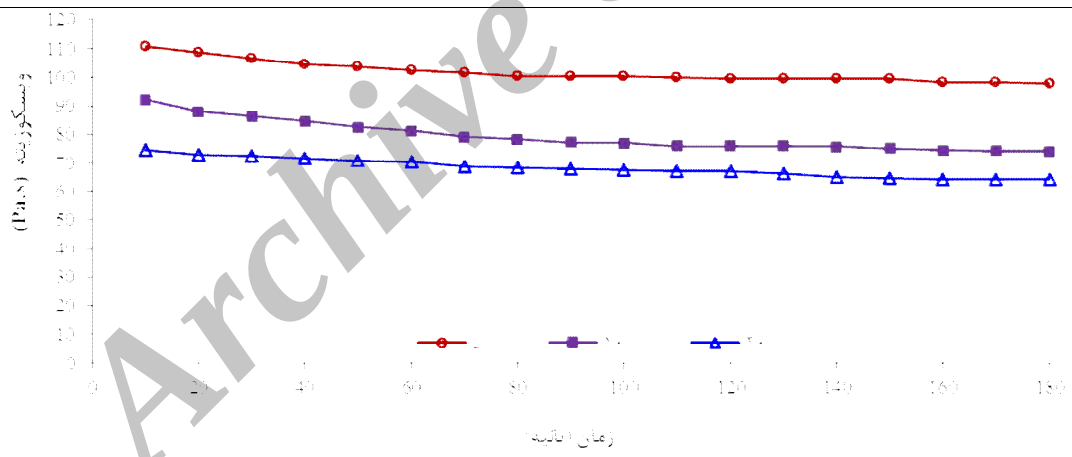
Archive of SID

www.SID.ir

برشی مورد آزمون مربوط به خمیر حاوی 20 درصد سویا و 0/75 درصد صمغ دانه مرو بود. در اکثر غلظت‌ها و سرعت‌ها، گرانروی ظاهری خمیر کیک اسفنجی با گذشت زمان کاهش یافت، که حاکی از وابستگی سیال غیر نیوتنی به زمان اعمال برش و از نوع تیکسوتروپیک[1] (وابسته به زمان) می‌باشد. در سیالات تیکسوتروپیک، گرانروی ظاهری با افزایش مدت زمان اعمال تنش کاهش می‌یابد (17).



شکل 1- اثر سرعت برشی (s^{-1}) و زمان بر ویسکوزیته خمیر کیک حاوی 0/5 درصد صمغ مرو و 10 درصد ایزوله سویا.

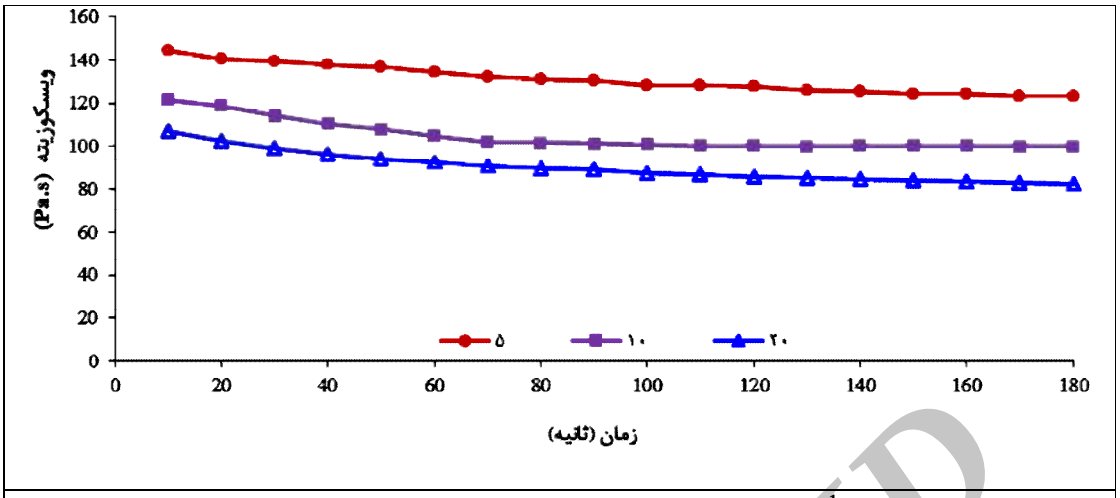


شکل 2- اثر سرعت برشی (s^{-1}) و زمان بر ویسکوزیته خمیر کیک حاوی 0/5 درصد صمغ مرو و 15 درصد ایزوله سویا.

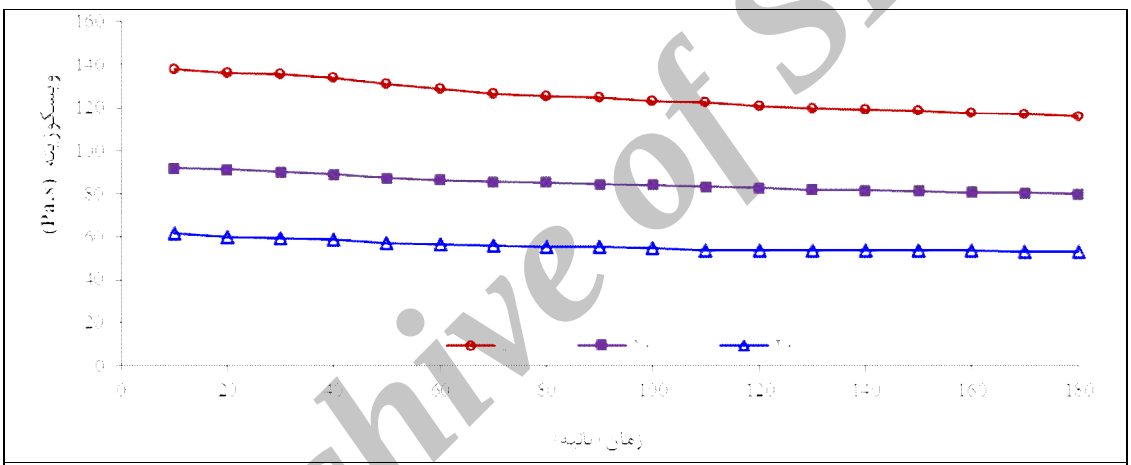
1 - Thixotropic

Archive of SID

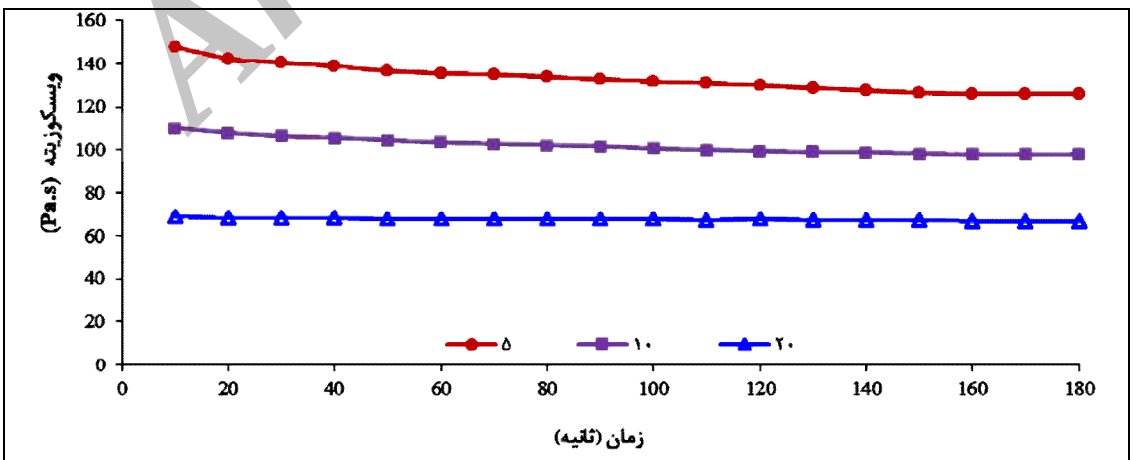
www.SID.ir



شکل 3- اثر سرعت برشی (s^{-1}) و زمان بر ویسکوزیته خمیر کیک حاوی 0/5 درصد صمغ مرو و 20 درصد ایزوله سویا.



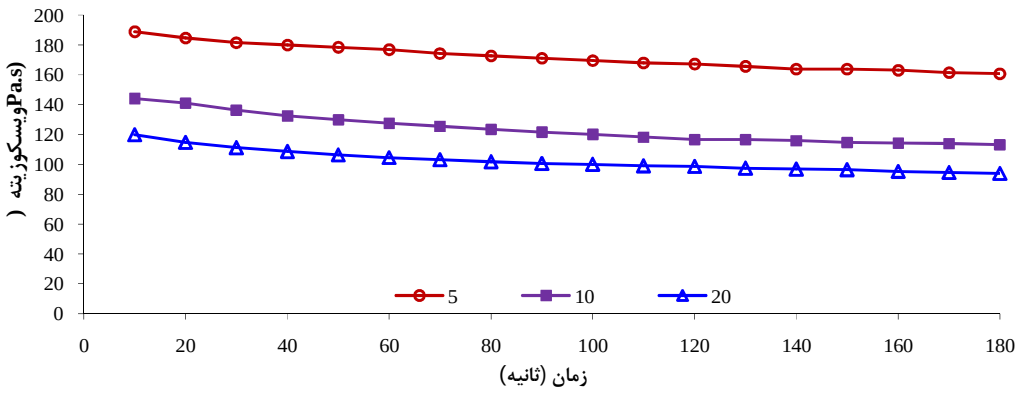
شکل 4- اثر سرعت برشی (s^{-1}) و زمان بر ویسکوزیته خمیر کیک حاوی 0/75 درصد صمغ مرو و 10 درصد ایزوله سویا.



شکل 5- اثر سرعت برشی (s^{-1}) و زمان بر ویسکوزیته خمیر کیک حاوی 0/75 درصد صمغ مرو و 15 درصد ایزوله سویا.

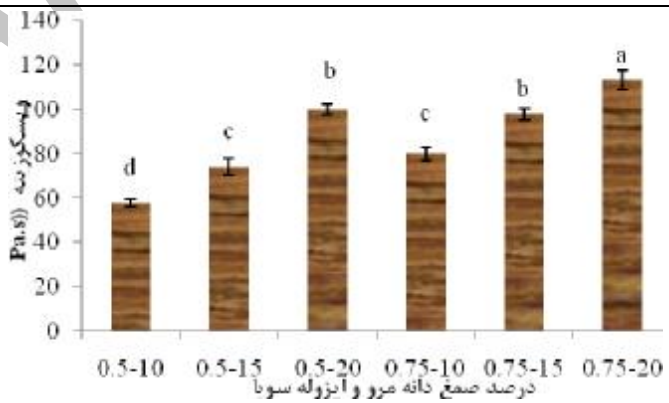
Archive of SID

www.SID.ir



شکل 6- اثر سرعت برشی (s^{-1}) و زمان بر ویسکوزیته خمیر کیک حاوی 0/75 درصد صمغ مرو و 20 درصد ایزوله سویا

در شکل (7) گرانروی ظاهری خمیر کیک‌های اسفنجی با درصدهای مختلف ایزوله سویا و صمغ دانه مرو در سرعت برشی برابر با $10s^{-1}$ و زمان 180 ثانیه به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با افزایش درصد صمغ دانه مرو از 0/5 به 0/75 درصد، گرانروی خمیر کیک حاوی 20 درصد ایزوله سویا از 100/0 به 113/2 پاسکال ثانیه افزایش‌یافته است. روندا و همکاران (2011) گزارش کردند که با افزودن ایزوله سویا و نشاسته به فرمولاسیون کیک، شاخص قوام خمیر کیک افزایش می‌یابد و منجر به افزایش ویسکوزیته کیک می‌شود که هم‌راستا با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش است (12). در پژوهشی گولارته و همکاران (2012) اثر جایگزینی فیبرهای مختلف را به صورت جداگانه و ترکیبی، در کیک اسفنجی بررسی نموده‌اند (19). این محققان گزارش کردند که وجود فیبرها باعث افزایش گرانروی خمیر کیک اسفنجی می‌شود. مخلوط فیبرهای اینولین و سبوس جو در کیک‌های غنی‌شده باعث افزایش حجم ویژه کیک و سفتی مغز کیک می‌شوند (19).با افزایش درصد ایزوله سویا از 10 به 20 درصد، گرانروی خمیر کیک‌های حاوی 0/75 درصد صمغ مرو از 80/0 به 113/2 پاسکال ثانیه افزایش‌یافته است. از نظر گرانروی ظاهری بین نمونه‌ها اختلاف معناداری مشاهده شد ($P<0.05$). ترابی و همکاران (2008) در پژوهشی اثر صمغ و امولسیفایر بر خصوصیات کیکی برنجی را بررسی نمودند. این محققان گزارش کردند که افزودن صمغ گزانتان باعث افزایش گرانروی ظاهری خمیر کیک می‌شود (20).



شکل 7- ویسکوزیته خمیر کیک با درصدهای مختلف صمغ دانه مرو و ایزوله سویا (سرعت برشی برابر $10s^{-1}$)

(حروف غیرمشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح P<0/05 دارند).

Archive of SID

www.SID.ir

2-3- خصوصیات کیک

در جدول (2)، خصوصیات فیزیکی کیک‌های اسفنجی حاوی ایزوله سویا و صمغ دانه مرو به نمایش درآمده است. در این جدول وزن بعد از پخت، درصد رطوبت، حجم و دانسیته کیک‌ها گزارش‌شده است. با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ دانه مرو، به دلیل توانایی پروتئین‌های سویا و ساختار صمغ در حفظ رطوبت، وزن نمونه‌های حاوی ایزوله سویا و صمغ بیشتر می‌باشد و سنگین‌ترین نمونه مربوط به نمونه حاوی 20 درصد ایزوله سویا و 0/75 درصد صمغ است ($P<0.05$). مقادیر درصد رطوبت کیک‌ها نیز رفتار مشابهی را از خود نشان داده و با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ مرو، مقدار رطوبت نمونه‌ها افزایش‌یافته است ($P<0.05$). دیویدو و همکاران (1996) در بررسی چندین هیدروکلوئید با ساختارهای شیمیایی متفاوت در نان حجیم گزارش کردند که برخی از این هیدروکلوئیدها قادرند مقدار از دست رفته‌ی رطوبت در طی نگهداری نان و سرعت دهیدراته شدن مغز نان را کاهش دهند و از بیاتی نان جلوگیری کنند (21). در پژوهشی دیگر تأثیر افزودن صمغ‌های گزانتان و کربوکسی متیل سلولز بر خواص شیمیایی و حسی کیک بررسی‌شده است. نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی، افزایش میزان رطوبت در نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان و کربوکسی متیل سلولز را در مقایسه با نمونه‌های شاهد (فاقد صمغ) نشان داده است (22). افزودن صمغ‌های گیاهی یا تجاری به فرمولاسیون کیک و نان باعث بهبود خصوصیات بافتی و افزایش حجم نهایی محصول می‌شود. همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود، حجم کیک‌ها به‌طور معنی‌داری با افزایش درصد صمغ مرو در فرمولاسیون کیک افزایش‌یافته است ($P<0.05$). اما با افزایش درصد ایزوله سویا حجم کیک‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0.05$). دلیل کاهش حجم با افزایش درصد ایزوله سویا به دلیل کاهش مقدار گلوتن کیک‌ها است که در ایجاد و حفظ حجم نهایی کیک‌ها مؤثر می‌باشد. کم حجم‌ترین کیک، نمونه‌ی حاوی 20 درصد ایزوله سویا و 0/5 صمغ ($46/30\ cm^3$) و حجیم‌ترین کیک، نمونه حاوی 10 درصد ایزوله سویا و 0/75 صمغ ($54/46\ cm^3$) بود. حاج محمدی و همکاران (2014) اثر افزودن صمغ کتیرا بر خواص کیفی کیک اسفنجی را بررسی کردند. نتایج گزارش شده حاکی از این بود که افزودن 0/4 درصد کتیرا به فرمولاسیون کیک، به‌طور معنی‌داری حجم کیک را افزایش داده و در طول انبارداری، بافت کیک‌ها نرم‌تر بوده و نیز خواص حسی بهتری نسبت به نمونه شاهد داشتند (23). با افزایش درصد صمغ مرو دانسیته کیک‌ها کاهش و با افزایش درصد ایزوله سویا دانسیته افزایش یافت ($P<0.05$). کمترین و بیش‌ترین مقادیر دانسیته به ترتیب مربوط به کیک‌های حاوی 10 درصد ایزوله سویا و 0/75 صمغ مرو و 20 درصد ایزوله سویا و 0/5 صمغ مرو که برابر 375 و 455 کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. نتایج ترابی و همکاران (2008) حاکی از بهبود حجم، تخلخل و بافت نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی صمغ گزانتان بود (20). همچنین سانچز-پاردو و همکاران (2010) محصول غنی‌شده با بتا گلوکان یولاف همراه با دکسترین و نشاسته تغییریافته را به کیک افزوده و مشاهده کردند که حجم کیک‌های تولیدی افزایش و دانسیته آن‌ها کم شده است (24).

جدول 2. خصوصیات فیزیکی کیک اسفنجی با درصدهای مختلف صمغ دانه مرو و ایزوله سویا

عنوان نمونه	مقدار صمغ (گرم)	ایزوله سویا (گرم)	وزن بعد از پخت (gr)	رطوبت %	حجم (cm^3)	دانسیته (kg/m^3)
نمونه 1	0/5	10	20/11±1/2 ^{b}	14/4±1/1 ^{c}	50/14±1/4 ^{b}	401±8/9 ^{c}
نمونه 2	0/5	15	20/45±1/4 ^{b}	15/3±0/9 ^{b}	48/74±2/2 ^{bc}	420±11/6 ^{b}
نمونه 3	0/5	20	21/07±0/9 ^{ab}	16/4±0/9 ^{ab}	46/30±2/6 ^{c}	455±12/2 ^{a}
نمونه 4	0/75	10	20/42±0/7 ^{b}	14/8±1/2 ^{bc}	54/46±3/1 ^{a}	375±8/1 ^{d}
نمونه 5	0/75	15	20/82±1/3 ^{ab}	15/9±0/8 ^{ab}	51/23±1/9 ^{ab}	406±6/7 ^{c}
نمونه 6	0/75	20	21/54±1/7 ^{a}	17/3±1/3 ^{a}	49/05±2/3 ^{bc}	439±13/3 ^{ab}

* میانگین ± انحراف معیار.

** اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $P<0/05$ می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

3-3- بررسی رنگ مغز کیک

مدل رنگی L*a*b* مرکب از جزء روشنایی (مقدار L که دامنه‌ای از صفر تا 100 را دارد) و دو جزء رنگی (دامنه‌ای از 120- تا 120+) که شامل جزء a*(دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و جزء b* (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) می‌باشد (16). در جدول (3) نتایج مربوط به آنالیز رنگ کیک‌های اسفنجی با درصدهای مختلف ایزوله سویا و صمغ دانه مرو مشاهده می‌شود. همان‌طور که در جدول (3) مشاهده می‌شود با افزایش درصد صمغ مرو میزان روشنایی (L^*) افزایش‌یافته و نمونه‌ها روشن‌تر شده‌اند. افزایش روشنایی کیک‌ها با افزایش درصد صمغ به دلیل افزایش حجم کیک‌ها با افزودن صمغ می‌باشد که باعث روشن‌تر شدن بافت داخلی کیک‌ها می‌شود. نمونه‌های حاوی 0/75 درصد صمغ از همه روشن‌تر بوده و اختلاف معنی‌داری از نظر روشنایی با سایر کیک‌ها دارند ($P<0.05$). اختلاف معناداری بین نمونه‌ها از نظر شاخص a^* مشاهده شد ($P<0.05$) و با افزایش درصد ایزوله سویا پارامتر قرمزی کیک‌ها افزایش یافت. مقادیر شاخص a^*با افزودن صمغ کاهش یافت که نشان دهنده کاهش رنگ قرمز در کیک‌ها است. در تحقیق سلیک و همکاران (2007) هم اضافه شدن عصاره ساپونینی گیاه سوآپورت به فرمولاسیون خمیر کیک اسفنجی با افزایش شاخص L* پوسته و مغز محصول نهایی همراه بود (25). اختلاف معنی‌داری در شاخص b^* مشاهده شد و زردی نمونه‌ها با افزایش درصد ایزوله سویا افزایش یافت ($P<0.05$). افزایش شاخص b^* در کیک‌ها با افزایش درصد ایزوله سویا، به دلیل رنگ زرد ایزوله سویا است که با افزودن آن به فرمولاسیون کیک باعث افزایش زردی کیک‌های پخته شده می‌شود. شاخص‌های L*، a* و b * برای نمونه حاوی 20 درصد ایزوله سویا و 0/75 درصد صمغ دانه مرو به ترتیب برابر 78/21، 1/17 و 22/38 به دست آمد. در مطالعه‌ای توسط شکری (2004)، صمغ کتیرا به عنوان جایگزین چربی در کیک استفاده و مشاهده شد تغییر درصد صمغ بر افت وزن نهایی کیک تأثیر معنی‌داری ندارد ولی درصد چروکیدگی کیک، تحت تأثیر درصد صمغ قرار می‌گیرد. نتایج نشان داد که تغیر درصد صمغ بر رنگ کیک تأثیر معنی‌داری دارد (26). در پژوهشی اثر افزودن صمغ دانه مرو به فرمولاسیون کیک سیب بررسی شده است. افزودن صمغ باعث افزایش روشنایی و کاهش قرمزی و زردی مغز کیک شده است (17).

جدول 3- نتایج پردازش تصویر مغز کیک اسفنجی با درصدهای مختلف صمغ دانه مرو و ایزوله سویا

عنوان نمونه	مقدار صمغ (گرم)	ایزوله سویا (گرم)	L *	a*	b*
نمونه 1	0/5	10	82/21±5/55 [a]	0/36±1/09 [b]	23/64±2/22 [a]
نمونه 2	0/5	15	78/38±4/34 [b]	1/38±1/01 [a]	23/35±2/54 [a]
نمونه 3	0/5	20	73/65±5/12 [c]	1/41±1/23 [a]	24/66±2/53 [a]
نمونه 4	0/75	10	83/03±4/83 [a]	0/02±0/91 [b]	21/96±2/71 [b]
نمونه 5	0/75	15	82/30±4/87 [a]	0/74±1/27 [ab]	22/93±2/96 [ab]
نمونه 6	0/75	20	78/21±5/07 [b]	1/17±1/10 [a]	22/38±2/85 [ab]

* میانگین ± انحراف معیار.

** اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح P<0/05 می‌باشند.

4-3- بررسی ارزیابی حسی کیک

نتایج ارزیابی حسی کیک‌های اسفنجی با درصدهای مختلف ایزوله سویا و صمغ دانه مرو در جدول (4) به نمایش درآمده است. از نظر ارزیاب‌ها با افزایش درصد صمغ، روشنایی کیک‌ها افزایش‌یافته و کیک حاوی 0/75 درصد صمغ روشن‌تر بود که این نتایج هم‌راستا با نتایج رنگ مغز کیک می‌باشند. با افزودن صمغ‌ها به فرمولاسیون کیک و نان، خصوصیات ظاهری و بافتی محصول بهبود می‌یابد. تیره‌ترین

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه مربوط به کیک حاوی 20 درصد ایزوله سویا بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($P<0.05$) و از نظر ارزیاب‌ها کمترین امتیاز را دریافت کرد. از نظر مطلوبیت بو و عطر کیک‌ها، اختلاف معناداری بین نمونه 2 و 6 مشاهده شد ($P<0.05$) اما بین سایر نمونه‌ها اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P>0.05$). به دلیل افزایش حجم کیک‌ها با افزایش درصد صمغ (جدول 2)، مقدار تخلخل کیک‌ها افزایش‌یافته و از سختی نمونه‌ها کاسته می‌شود که در جدول ارزیابی حسی نیز نتیجه مشابهی توسط ارزیاب‌ها گزارش شده است؛ اما این اختلاف از نظر آماری معنادار نمی‌باشد ($P>0.05$). از نظر مطلوبیت طعم فقط بین نمونه‌های کد 2 و 6 اختلاف معناداری وجود داشت ($P<0.05$) و بین سایر نمونه‌ها اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P>0.05$). از نظر پذیرش بافت و مطلوبیت سفتی نیز بین نمونه‌ها اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P>0.05$). در جدول (4) ملاحظه می‌شود که از نظر طعم، مطلوبیت بو، سفتی، پذیرش بافت و پذیرش کلی، نمونه حاوی 20 درصد ایزوله سویا و 0/75 درصد صمغ مرو بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داده است (نمونه 6). البته از نظر پذیرش کلی، اختلاف معناداری بین نمونه‌های کد 3 و 6 مشاهده نشد. نمونه 1 نیز از نظر ارزیاب‌ها کمترین امتیاز را به خود اختصاص داد.در پژوهشی، اثر غنی‌سازی با آرد سویای بدون چربی بر ویژگی‌های حسی و بیولوژیکی نان تافتون بررسی‌شده است. مخلوط آرد گندم با مقادیر متفاوت آرد سویای بدون چربی، ویژگی‌های حسی نان شامل شکل ظاهری، طعم و مزه، عطر و بو، تُردی و کیفیت کلی را تغییر داد. در اثر افزودن آرد سویا میزان پروتئین و مواد معدنی نان‌ها افزایش معنی‌داری یافت. بهترین فرمول برای تولید نان تافتون بر اساس ارزیابی شیمیایی، حسی و بیولوژیکی، نان غنی‌شده با 3 تا 7 درصد آرد سویای بدون چربی بوده است (27). در پژوهشی صمغ‌های گزانتان و کربوکسی متیل سلولز در دو غلظت 0/25 و 0/75 درصد وزنی توسط موحد و همکاران (2014) استفاده و تأثیر سطوح متفاوت آن‌ها بر ویژگی‌های کیک اسفنجی بررسی شد. افزودن هر دو سطح از صمغ‌های مذکور سبب بهبود ویژگی‌های حسی و تأخیر در میزان بیاتی نمونه‌ها گردیده است (22).ندیف و همکاران (2011) خصوصیات نان تهیه شده از سویا را بررسی و گزارش کردند که با افزودن سویا به فرمولاسیون نان خصوصیات حسی و ارزش تغذیه‌ای نان بهبود می‌یابد. همچنین گزارش کردند که از نظر ارزیاب‌های حسی نمونه حاوی 10 درصد آرد سویا در مقایسه با سایر نمونه‌ها بالاترین پذیرش کلی را داشت (5).

جدول 4- نتایج ارزیابی حسی کیک‌های اسفنجی با درصدهای مختلف صمغ دانه مرو و ایزوله سویا

عنوان نمونه	روشنایی رنگ مغز کیک	مطلوبیت بو	مقدار تخلخل	پذیرش ظاهر	پذیرش طعم	مطلوبیت سفتی	پذیرش بافت	پذیرش کلی
نمونه 1	8/0±0/7 ^{a}	7/2±1/3 ^{ab}	6/8±1/1 ^{a}	8/2±0/9 ^{a}	6/3±1/8 ^{ab}	6/4±2/2 ^{a}	7/3±1/5 ^{a}	6/0±1/3 ^{c}
نمونه 2	7/4±1/0 ^{ab}	6/3±1/6 ^{b}	6/8±1/4 ^{a}	7/8±1/1 ^{ab}	5/7±1/7 ^{b}	6/0±1/5 ^{a}	7/3±1/1 ^{a}	6/7±1/2 ^{bc}
نمونه 3	5/4±1/6 ^{c}	7/0±1/2 ^{ab}	7/0±1/1 ^{a}	7/8±1/1 ^{ab}	6/7±1/1 ^{ab}	6/3±1/2 ^{a}	7/3±0/8 ^{a}	7/4±1/3 ^{ab}
نمونه 4	8/3±0/7 ^{a}	7/2±1/2 ^{ab}	7/8±1/2 ^{a}	8/0±1/0 ^{a}	6/9±1/4 ^{ab}	6/3±1/6 ^{a}	6/9±1/1 ^{a}	6/9±1/0 ^{bc}
نمونه 5	7/6±1/3 ^{ab}	6/9±1/4 ^{ab}	7/8±1/1 ^{a}	6/9±1/1 ^{b}	6/9±1/4 ^{ab}	6/9±1/0 ^{a}	7/0±1/2 ^{a}	7/2±1/0 ^{b}
نمونه 6	6/9±1/3 ^{b}	7/7±1/1 ^{a}	7/3±1/0 ^{a}	7/9±0/8 ^{ab}	7/9±1/5 ^{a}	7/1±1/5 ^{a}	7/5±1/4 ^{a}	8/2±0/7 ^{a}

* میانگین ± انحراف معیار.

** اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $P<0/05$ می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

4- نتیجه‌گیری

ایزوله سویا یک منبع پروتئین گیاهی با کیفیت بالاست که می‌تواند به طیف وسیعی از محصولات غذایی اضافه شود تا کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود بخشد. در این مطالعه ابتدا خمیر کیک اسفنجی حاوی درصدهای مختلف ایزوله سویا و صمغ دانه مرو تهیه و خصوصیات رفتار جریانی آن‌ها بررسی شد. سپس خصوصیات فیزیکی مانند وزن بعد از پخت، حجم، دانسیته، رنگ و ارزیابی حسی کیک‌های تولیدی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. خمیر کیک اسفنجی از نوع سیال غیر نیوتنی وابسته به برش و وابسته به زمان بود و بیش‌ترین گرانروی برای خمیر حاوی 20 درصد ایزوله سویا و 0/75 درصد صمغ دانه مرو به دست آمد. با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ دانه مرو، به دلیل افزایش درصد پروتئین سویا و ویژگی‌های ساختاری صمغ در حفظ رطوبت، وزن نمونه‌ها بیشتر شد و سنگین‌ترین نمونه مربوط به نمونه حاوی 20 درصد ایزوله سویا و 0/75 درصد صمغ دانه مرو بود. مقادیر درصد رطوبت کیک‌ها نیز رفتار مشابهی را از خود نشان داده و با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ، مقدار رطوبت نمونه‌ها افزایش یافت. حجم کیک‌ها به طور معنی‌داری با افزایش درصد صمغ در فرمولاسیون کیک افزایش یافت اما با افزایش درصد ایزوله سویا حجم کیک‌ها کاهش یافت. میزان روشنایی (L^*) با افزایش درصد صمغ افزایش یافت و نمونه‌ها روشن‌تر شدند؛ اما با افزایش درصد ایزوله سویا میزان روشنایی کیک‌ها کاهش یافت. کیک اسفنجی حاوی 20 درصد ایزوله سویا و 0/75 درصد صمغ مرو در فرمولاسیون بالاترین امتیاز را از نظر ارزیابی حسی داشت.

5-منابع

1. Alibhai, Z., Mondor, M., Moresoli, C., Ippersiel, D., Lamarche, F. 2006. Production of soy protein concentrates/isolates: traditional and membrane technologies, Desalination, 191: 351-358.
2. Lee, N. 2006. Phytoestrogens as bioactive ingredients in functional foods: Canadian regulatory update, Journal of AOAC International, 89: 1135-1137.
3. Lusas, E. W., Riaz, M. N. 1995. Soy protein products: processing and use, The Journal of nutrition, 125: 573S.
4. Endres, J. G. 2001. Soy protein products: characteristics, nutritional aspects, and utilization, The American Oil Chemists Society,
5. Ndife, J., Abdulraheem, L., Zakari, U. 2011. Evaluation of the nutritional and sensory quality of functional breads produced from whole wheat and soya bean flour blends, African Journal of Food Science, 5: 466-472.
6. Riaz, M. 1999. Healthy baking with soy ingredients, Cereal Foods World, 44: 136-139.
7. Dhingra, S., Jood, S. 2004. Effect of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread, International Journal of Food Science & Technology, 39: 213-222.
8. Zarić, D. B., Pajin, B. S., Rakin, M. B., Šereš, Z. I., Dokić, L. P., Tomić, J. M. 2011. Effect of soya milk on nutritive, antioxidative, reological and textural properties of chocolate produced in a ball mill, Hemijska industrija, 65: 563-573.
9. Salehi, F., Kashaninejad, M. 2014. Kinetics and Thermodynamics of Gum Extraction from Wild Sage Seed, International Journal of Food Engineering, 10: 625-632.
10. Salehi, F., Kashaninejad, M. 2015. Effect of drying methods on rheological and textural properties, and color changes of wild sage seed gum, Journal of food science and technology, 52: 7361-7368.
11. Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S., Bawa, A. 2008. Functional and edible uses of soy protein products, Comprehensive reviews in food science and food safety, 7: 14-28.
12. Ronda, F., Oliete, B., Gómez, M., Caballero, P. A., Pando, V. 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources, Journal of Food Engineering, 102: 272-277.
13. Salehi, F., Kashaninejad, M., Asadi, F., Najafi, A. 2016. Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom, Journal of food science and technology, 53: 1418-1423.
14. Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S. M., Asadi, F. 2016. Potential of Sponge Cake Making using Infrared–Hot Air Dried Carrot, Journal of texture studies, 47: 34-39.
15. Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S. M., Asadi, F. 2015. Potential of

Archive of SID

www.SID.ir

22. Movahhed, S., Ranjbar, S., Ahmadi Chenarbon, H. 2014. Evaluation of chemical, staling and organoleptic properties of free – gluten cakes containing Xanthan and Carboxy Methyl Cellulose gums, Iranian Journal of Biosystems Engineering, 44: 173-178.
23. Hajmohammadi, A., Keramat, J., Hojjatoleslami, M., Molavi, H. 2014. Evaluation effect of tragacanth gum on quality properties of sponge cake, Food science and technology, 42: 1-7.
24. Sanchez-Pardo, M., Jiménez-García, E., González-García, I. 2010. Study about the addition of chemically modified starches (cross-linked cornstarches), dextrins, and oats fiber in baked pound cake, Journal of Biotechnology, 150: 316-321.
25. Celik, I., Yılmaz, Y., Işık, F., Üstün, Ö. 2007. Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters, Food Chemistry, 101: 907-911.
26. Shokri Busjin, Z. Evaluation of relationship between structure, operational and rheological properties of tragacanth gum and comparison with Arabic gum and it's utilization in a cake. in: Food science and technology, Isfahan University of Technology, 2004.
27. Mashayekh, M., Mahmoodi, M., Entezari, M. 2007. The effects of flour fortification with defatted soy flour on the organoleptic and biological properties of Taftoon bread, Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 2: 73-80.
Sponge Cake Making using Infrared–Hot Air Dried Carrot, Journal of texture studies.
16. Salehi, F., Kashaninejad, M. 2014. Effect of Different Drying Methods on Rheological and Textural Properties of Balangu Seed Gum, Drying Technology, 32: 720-727.
17. Salehi, F. 2017. Rheological and physical properties and quality of the new formulation of apple cake with wild sage seed gum (Salvia macrosiphon), Journal of Food Measurement and Characterization, 11: 2006-2012.
18. Salehi, F., Kashaninejad, M. 2017. Effect of drying methods on textural and rheological properties of basil seed gum, International Food Research Journal, 24: 2090-2096.
19. Gularte, M. A., de la Hera, E., Gómez, M., Rosell, C. M. 2012. Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties, LWT-Food Science and Technology, 48: 209-214.
20. Turabi, E., Sumnu, G., Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend, Food Hydrocolloids, 22: 305-312.
21. Davidou, S., Le Meste, M., Debever, E., Bekaert, D. 1996. A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid, Food Hydrocolloids, 10: 375-383.

Archive of SID

www.SID.ir