

اثر استفاده از آرد لوپین و نشاسته ذرت بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر، بافت و ویژگی‌های ارگانولپتیکی کیک فاقد گلوتن

محبوبه پیروانی^۱، مانیا صالحی فر^{۲*} و نادر کریمیان خسروشاهی^۳

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۲۸

تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۲۲

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۲ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۳ کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، ایران

* مسئول مکاتبه: Email: salehifarmania@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: بیماران سلیاکی باید از مصرف محصولات دارای گلوتن اجتناب کنند. پس، برنامه‌ریزی برای تولید فرآورده‌های فاقد گلوتن و همچنین بهبود آن‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لوپین گیاهی از خانواده حبوبات است که به علت داشتن محتوای پروتئینی بالا، علاوه بر اینکه ارزش تغذیه‌ای محصول را افزایش می‌دهد تأثیرات مثبتی بر حفظ رطوبت، بهبود بافت، افزایش ماندگاری و آرومای محصول می‌شود. هدف: در این پژوهش تأثیر آرد لوپین به عنوان منبع غنی از پروتئین و فیبر رژیمی بر ویژگی‌های کیک بدون گلوتن بررسی شد. روش کار: در این مطالعه، با استفاده از نرم افزار Design-Expert و طرح Combined D-optimal Design، ۲۰ فرمولاسیون تولید شد و اثر آرد لوپین در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵٪، نشاسته ذرت در سطوح ۸۵، ۹۰ و ۹۵٪، صمغ‌های گوار و کاراگینان هر کدام در سطوح ۱، ۱/۵ و ۲٪ بر ویسکوزیته خمیر، بافت و ویژگی‌های ارگانولپتیکی کیک بررسی شد. **نتایج:** نتایج سنجش ویسکوزیته نشان داد که آرد لوپین به علت فاقد گلوتن بودن، سبب کاهش ویسکوزیته و صمغ‌های گوار و کاراگینان با جذب آب، سبب افزایش ویسکوزیته شدند. بررسی آزمون بافت سنجی نشان داد که آرد لوپین و صمغ‌های گوار و کاراگینان باعث کاهش سختی بافت کیک شدند. نتایج ارزیابی‌های حسی نیز نشان داد که آرد لوپین و صمغ گوار سبب بهبود این ویژگی‌ها شدند اما صمغ کاراگینان در بهبود این ویژگی‌ها اثرگذار نبود. **نتیجه گیری نهایی:** با توجه به نتایج بدست آمده، فرمولاسیون با ۱۵٪ آرد لوپین، ۸۵٪ نشاسته ذرت، ۱٪ گوار و ۱٪ کاراگینان، دارای ویسکوزیته‌ای مناسب و بافتی نرم تر و مورد قبول تر بود و بیشترین امتیاز پذیرش کلی گرفت و به عنوان فرمولاسیون بهینه انتخاب گردید.

واژگان کلیدی: آرد لوپین، سلیاک، کیک بدون گلوتن، نشاسته ذرت

مقدمه

طبق تعریف استاندارد ملی ایران، کیک نوعی شیرینی با بافت و نرمی بخصوص می‌باشد که مواد اصلی تشکیل دهنده‌ی آن آرد، روغن، شکر و تخم‌مرغ است (استاندارد ملی ایران، شماره ۲۵۵۳ کیک-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون ۱۳۸۵). کیک‌های با کیفیت بالا، ویژگی‌های مختلفی از قبیل افزایش حجم مناسب، بافت یکنواخت، تردی، رطوبت مناسب، ماندگاری بالا و مقاومت در برابر بیاتی دارند که این ویژگی‌ها به فرمولاسیونی که در تولید کیک بکار می‌شود بستگی دارد (گومز و همکاران ۲۰۰۷). کیک بایستی دارای بافت متخلخل، حفره‌های ریز با دیواره نازک و حالت اسفنجی باشد، برای ایجاد این کیفیت نقش اصلی به عهده گلوتن است (پایان ۱۳۹۰).

گلوتن یکی از پروتئین‌های موجود در گندم، چاودار و جو می‌باشد. وجود این پروتئین در رژیم غذایی افراد مبتلا به بیماری سلیاک، می‌تواند منجر به آسیب روده کوچک آن‌ها گردد. سلیاک، یکی از شایع‌ترین بیماری‌های مرتبط با پروتئین غلات یا همان گلوتن است. زمانی که بیماران مبتلا به سلیاک، غذاهای حاوی گلوتن مصرف نمایند سیستم ایمنی بدن آن‌ها پاسخی را به صورت تحریک روده کوچک صادر می‌کند. این تخریب بخصوص در پرزهای انگشتانه ای روده که موادمغذی در درون آن‌ها جذب می‌شود، ایجاد خواهد شد. به دنبال آسیب پرزهای روده‌ای و به دلیل اینکه سیستم ایمنی خود فرد سبب تخریب و آسیب پرزهای روده کوچک می‌شود فرد بدون توجه به غذایی که می‌خورد به سوءتغذیه مبتلا می‌شود (ملک زاده و شاکری ۱۳۸۶). با وجود پیشرفت‌های بزرگ در شناخت بیماری سلیاک و جنبه‌های بالینی و تغذیه‌ای آن‌ها، تنها درمان مؤثر و ایمن برای این بیماران، رعایت رژیم غذایی سخت و مادام‌العمر فرآورده‌های فاقدگلوتن می‌باشد (رامپرتاب و مولین ۲۰۱۴).

جایگزینی گلوتن یکی از مسائل چالش‌برانگیز صنعت غذا است زیرا تهیه موادمغذی فاقدگلوتن که از کیفیت تغذیه‌ای

و عملکردی مطلوب برخوردار باشند، دشوار است. در فرمولاسیون غذاهای فاقدگلوتن، صمغ‌ها بعنوان جایگزین گلوتن استفاده می‌شوند و ویژگی‌های آن‌ها بستگی به مقدار و نوع هیدروکلوئید بکاررفته دارد (لونت و بیلژیکی ۲۰۱۱).

لوپین گیاهی از خانواده حبوبات و فاقدگلوتن است. آرد لوپین غنی از پروتئین (حدود ۴۲٪) و فیبر رژیمی (حدود ۴۰٪) بوده که نه تنها به عنوان یک منبع تغذیه مورد توجه است، بلکه به علت سازگاری که به آب و هوا و خاک نواحی مختلف جهان دارد، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. (کوهاجدووا و همکاران ۲۰۱۱). آرد لوپین به علت داشتن محتوای پروتئینی بالا می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای تخم مرغ در دستورالعمل پخت کیک قرار گیرد. همچنین، علاوه بر اینکه ارزش تغذیه‌ای محصول را افزایش می‌دهد تأثیرات مثبتی بر حفظ رطوبت، بهبود بافت، افزایش ماندگاری و آرومای محصول می‌شود و امروزه بطور گسترده در محصولات بر پایه غلات استفاده می‌شود (پولارد و همکاران ۲۰۰۲). آرد لوپین در مقایسه با آرد حبوبات دیگر کم‌هزینه است بنابراین با جایگزینی این آرد می‌توان با هزینه پایین‌تر کیفیت تغذیه‌ای و عملکردی محصولات را بهبود بخشید (لونت و بیلژیکی ۲۰۱۱).

لونت و بیلژیکی (۲۰۱۱)، مقادیر ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ آرد لوپین را به مخلوط آردبرنج و نشاسته‌ذرت اضافه کردند و دریافتند شاخص حجم و نرمی بافت کیک بدون گلوتن با جایگزینی آرد لوپین تا سطح ۲۰٪، نسبت به نمونه کنترل بهبود یافت. ناصرعباس و جایاسنا (۲۰۱۲)، اثر اضافه کردن آرد لوپین در سطوح ۰ تا ۵۰٪ را بر بیسکویت، بررسی کردند. نمونه‌هایی که ۲۰٪ از آرد گندم با آرد لوپین جایگزین شده بود بدون تأثیر منفی بر ویژگی‌های حسی، محتوای پروتئینی و فیبر رژیمی آن‌ها به میزان قابل‌توجهی بهبود یافته بود و بیشترین امتیاز پذیرش کلی را گرفت. احمد عبدالرحمن (۲۰۱۴)، اثر جایگزینی آرد لوپین با آرد گندم در سه سطح ۵، ۱۰ و

بکینگ پودر بدون گلوتن، نشاسته ذرت، روغن، شکر و وانیل توسط کارگاه تولیدی نان سحر تهیه شد.

تولید کیک

تولید در مجموعه نان سحر انجام شد. ابتدا توزین مواد- اولیه مطابق جدول ۴ انجام شد. امولسیفایر مونوودی گلیسرید ۷/۵ گرم، بکینگ پودر بدون گلوتن ۸ گرم، نمک ۳ گرم، وانیل ۲ گرم، روغن ۲۲۰ گرم، شکر ۱۸۰ گرم در تمامی تیمارها ثابت در نظر گرفته شد. پس از توزین مواد- اولیه، مواد پودری مخلوط شده و سپس روغن اضافه شد و با استفاده از میکسر به مدت ۱۵ دقیقه تا رسیدن به یک خمیر همگن مخلوط شدند. مقدار آب متغیر بود و طی چند مرحله به خمیر اضافه شد تا به غلظت مناسب برسد. سپس عمل قالب گیری صورت گرفت و نمونه ها به فر پخت که از قبل گرم شده بود منتقل شد. دمای پخت ۱۸۰ درجه و زمان پخت ۲۵ دقیقه بود. کیک های آماده شده به مدت ۴۰ دقیقه در دمای محیط سرد شده و در بسته بندی های پلی اتیلنی بسته بندی گردیدند.

ارزیابی ویسکوزیته خمیر

اندازه گیری ویسکوزیته خمیر با استفاده از دستگاه ویسکومتر Brookfield ساخت امریکا، صورت گرفت. از اسپیندل شماره ۶۴ مدل LV و سرعت چرخشی ۱۰۰ دور در دقیقه، ویسکوزیته نمونه های خمیر اندازه گیری شد (جیا و همکاران ۲۰۱۴).

ارزیابی سختی بافت کیک

برای بررسی سختی بافت کیک در روزهای اول و پانزدهم، از دستگاه سنجش بافت Brookfield ساخت کشور امریکا، مدل CT3 مجهز به Load cell 10000g و پروب TA5 به قطر ۱۲,۷ میلی متر و طول ۲۵ میلی متر، طبق استاندارد بین المللی AACC شماره ۷۴-۰۹، استفاده شد. سرعت پروب ۲ میلی متر بر ثانیه و درصد تراکم ۵۰٪ بود.

۱۵٪ بر ویژگی های کیفی کیک مورد بررسی قرار داد. با توجه به ویژگی های کیفی کیک نمونه های حاوی ۱۰٪ آرد لوپین بیشترین امتیاز را گرفت. پوراسماعیل و همکاران (۱۳۹۰)، در تولید نان بدون گلوتن صمغ گوار در سطوح ۲ و ۳٪ به فرمولاسیون نان اضافه کردند. نتایج نشان داد که در مقایسه با نمونه کنترل افزودن گوار سبب کاهش سفتی مغز نان ها شد.

در این پژوهش، با توجه به اینکه هدف امکان سنجی تولید کیک فاقد گلوتن برای بیماران سلیاکی بود و از آنجایی که تاکنون از ترکیب آرد لوپین، نشاسته ذرت و صمغ های گوار و کاراگینان کیکی تولید نشده است، اثر این متغیرها بر ویسکوزیته خمیر، سختی بافت و ویژگی های ارگانولپتیکی کیک فاقد گلوتن، بررسی شد.

جدول ۱- مواد مغذی آرد لوپین g/۱۰۰g

Table 1- Nutrients in Lupine Flour g/100g				
Salt	Carbohydrate	Lipid	Fiber	Protein
0.03	12	9.2	31	32

جدول ۲- ویژگی های کیفی آرد لوپین

Table 2- Characteristics of Lupine Flour			
Protein	Mineral	Humidity	Purity
>٪25	>٪2	<٪13	>٪99

جدول ۳- مواد معدنی آرد لوپین mg/۱۰۰g

Table 3- Minerals in Lupine Flour mg/100g			
Iron	Potassium	Magnesium	Calcium
9.29	303	173	181

مواد و روش ها

آماده سازی مواد اولیه

آرد لوپین از شرکت Markal فرانسه خریداری شد. ویژگی های فیزیکی شیمیایی آرد لوپین مطابق آنالیز شرکت، ۳۲٪ پروتئین، ۳۱٪ فیبر رژیمی و رطوبت کمتر از ۱۳٪ بود. صمغ گوار از شرکت GUM CHEMICALS هند و صمغ کاراگینان از شرکت MSC کره خریداری شدند. امولسیفایر مونوودی گلیسرید،

آنالیز آماری

آنالیز نتایج در بخش‌های مدلسازی فرآیند، رسم نمودارهای سه بعدی و تعیین شرایط بهینه تولید و در نهایت پیش‌بینی مقادیر متغیر هدف در شرایط بهینه با استفاده از نرم‌افزار Design Expert (نسخه 7.1.5) و بر-اساس روش Combined D-optimal Design انجام شد (آذرباد و همکاران ۲۰۱۹). با استفاده از آرد لوپین در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵٪، نشاسته‌ذرت در سطوح ۸۵، ۹۰ و ۹۵٪، صمغ‌های گوار و کاراگینان هر کدام در سطوح ۱، ۱/۵ و ۲٪، مجموعاً ۲۰ تیمار طراحی شد. مقایسه داده‌ها بر اساس آنالیز واریانس و در سطح اطمینان ۹۵٪ ($P < 0.05$) صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آزمون ویسکوزیته خمیر و بررسی اثر آرد لوپین و صمغ‌های گوار و کاراگینان بر ویسکوزیته خمیر

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش آرد لوپین، ویسکوزیته خمیر کاهش می‌یابد. آرد لوپین فاقد-گلوتن است. گلوتن، پروتئین کشسان و قابل ارتجاعی است که باعث چسبندگی خمیر و خواص رئولوژیکی آن و ثبات و استحکام بافت اسفنجی و متخلخل فرآورده‌های نانوائی می‌گردد. مطابق نتایج بدست آمده، افزایش درصد آرد لوپین سبب کاهش ویسکوزیته خمیر گردید. کوهاجدووا و همکاران (۲۰۱۱)، در بررسی آرد لوپین و امکان استفاده از آن در محصولات نانوائی، بیان کردند که لوپین توانایی تشکیل شبکه ویسکوالاستیک را در خمیر ندارد در نتیجه اگر از صمغ‌ها بعنوان جایگزین گلوتن استفاده نشود خمیر، حالت خمیرابه‌ای خواهد داشت.

لوپین به علت فاقد گلوتن بودن توانایی تشکیل شبکه ویسکوالاستیک در خمیر را ندارد در نتیجه افزایش درصد لوپین، سبب کاهش ویسکوزیته شده است. در این

جدول ۴ - سطوح استفاده از نشاسته ذرت، آرد لوپین،

صمغ گوار و صمغ کاراگینان در تولید کیک فاقد گلوتن

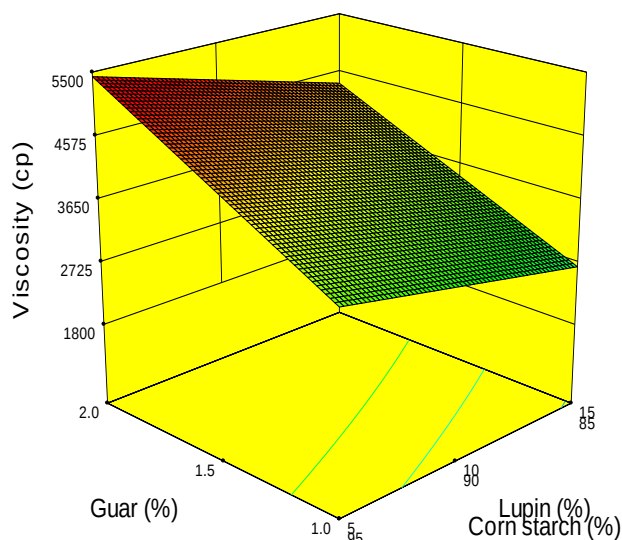
Table 4- Levels of Corn Starch, Lupine Flour, Guar Gum, and Carrageenan Gum in the production of Gluten-free Cake

Raw materials Treatment	Corn Starch (%)	Lupine Flour (%)	Guar Gum (%)	Carrageenan Gum (%)
1	85	15	1.5	1.5
2	90	10	1	1.5
3	85	15	1	1
4	95	5	2	2
5	85	15	2	2
6	90	10	2	2
7	95	5	2	1
8	90	10	1.5	1
9	85	15	2	1.5
10	90	10	2	1
11	90	10	1	1
12	95	5	1	1
13	95	5	1.5	1
14	85	15	2	1
15	90	10	1.5	1.5
16	95	5	1	1.5
17	85	15	1	2
18	90	10	1.5	1.5
19	85	15	1	1.5
20	95	5	1	1

ارزیابی ارگانولپتیکی

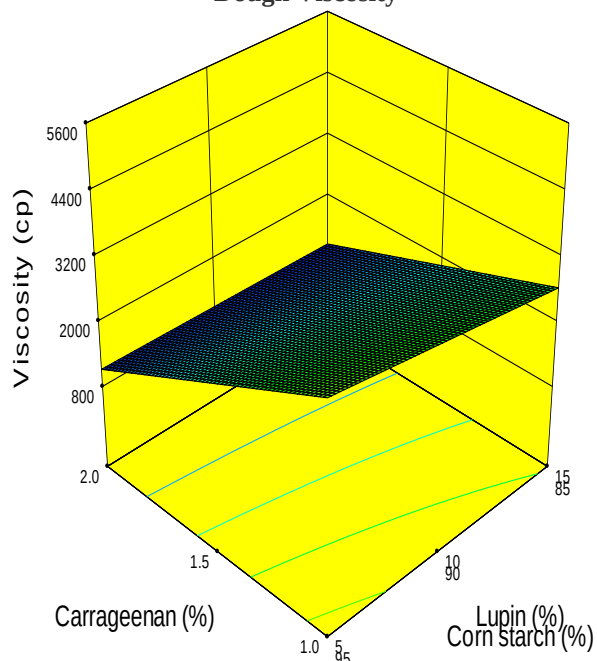
به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی، با کاربرد حواس پنجگانه و روش هدونیک پنج نقطه‌ای بر اساس استاندارد بین‌المللی AACC شماره ۹۰-۱۰ استفاده شد. نمونه‌های کیک، توسط ۱۰ ارزیاب آموزش‌دیده موردبررسی قرار گرفتند. از قهوه و آب برای از بین بردن بو و مزه‌دهانی بین نمونه‌ها استفاده گردید. ارزیابی در روز اول پخت، بر اساس ویژگی‌های کیک (رنگ پوسته، بافت، بو، مزه و پذیرش کلی) صورت گرفت. براساس مطلوبیت به ترتیب عدد ۱ نشان‌دهنده کمترین امتیاز و عدد ۵ نشان‌دهنده بیشترین امتیاز بود.

لزو" عملکرد یکسانی ندارند (ابراهیم پور و همکاران ۱۳۸۹). با توجه به شکل های ۱ و ۲، با افزایش میزان لوپین و کاهش



شکل ۱- تأثیر آرد لوپین و صمغ گوار بر ویسکوزیته خمیر

Figure 1. Effect of Lupine Flour and Guar Gum on Dough Viscosity

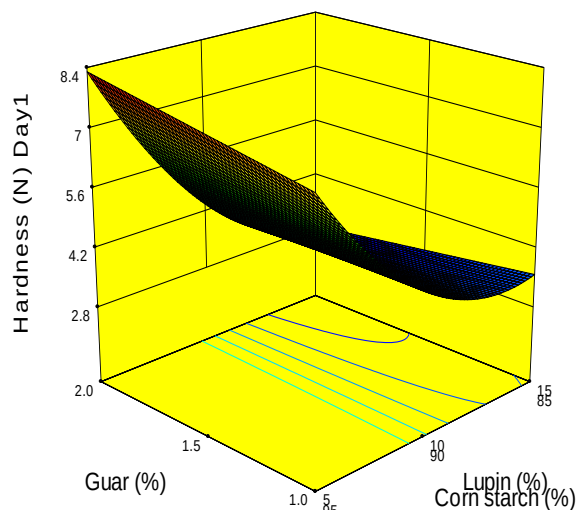


شکل ۲- تأثیر آرد لوپین و صمغ کاراگینان بر ویسکوزیته خمیر

Figure 2. Effect of Lupine Flour and Carrageenan Gum on Dough Viscosity

پژوهش، برای جبران فاقد گلوتن بودن لوپین، از صمغ- های گوار و کاراگینان استفاده شد. صمغ ها بعنوان سوبسترای تشکیل دهنده ژل، موجب شبیه سازی خواص ویسکوالاستیک گلوتن و ایجاد بافت مناسب در کیک شدند. در رابطه با فاکتور جذب آب خمیر، افزایش درصد صمغ باعث افزایش قابلیت جذب آب خمیر گردید و هر چه میزان صمغ بالاتر بود میزان آب بیشتری برای اختلاط نیاز بود. آنالیز نتایج نشان داد که گوار اثر افزایشی و کاراگینان اثر کاهشی بر ویسکوزیته داشتند. با توجه به شکل ۱، صمغ گوار اثر افزایشی معنی داری بر ویسکوزیته خمیر دارد. گوار دارای ساختار گالاکتومانان و حلقه های جانبی D-گالاکتوپیرانوز می باشد. مهمترین خاصیت این صمغ هیدراسیون سریع آن در آب سرد بوده که در ایجاد محلول هایی با ویسکوزیته بالا نقش دارد (سامنو و همکاران ۲۰۱۰). شکل ۲، اثر صمغ کاراگینان و آرد لوپین را بر ویسکوزیته خمیر نشان می دهد که بیانگر اثر کاهشی معنی دار صمغ کاراگینان بر ویسکوزیته خمیر کیک است. صمغ کاراگینان ساختاری انشعابی دارد. افزایش کمتر ویسکوزیته و تمایل بیشتر به تشکیل ژل از جمله ویژگی های ترکیبات انشعابی است (گوپتا و وری یار ۲۰۱۸). ماهیت مولکول ها تا حد زیادی بر روی خواص صمغ ها مؤثر است. مولکول های پلی ساکاریدی خطی، فضای بیشتری را اشغال می کنند و محلول های ویسکوزتری را به وجود می آورند که صمغ گوار جزء این دسته از ترکیبات می باشد. ترکیبات انشعابی آسانتر ژل تشکیل می دهند و پایدارتر هستند که کاراگینان جزء این دسته از صمغ ها می باشد (اسمیدرزود و گراسدالن ۱۹۸۲). این یافته ها با نتایج ابراهیم پور و همکاران نیز مطابقت داشت. آن ها، در تحقیق خود با عنوان تأثیر افزودن پکتین، گوار و کاراگینان بر روی ویژگی های کیفی نان حجیم بدون گلوتن به این نتیجه رسیدند که هیدروکلوئیدها اساساً "ترکیبات آب دوستی هستند، اما بر اساس ویژگی های ساختمانی که دارند

در ساختمان کیک و ریز و یکنواخت شدن این حفرات نیز شد. به علاوه به نظر می‌رسد که حضور صمغ سبب تقویت دیواره سلول‌های تشکیل دهنده این حفرات نیز شده است. به همین دلیل مقاومت کیک در برابر فشار وارد شده از طرف پروب دستگاه افزایش یافت. صابری و همکاران (۱۳۹۵) در تولید کیک فاقد گلوتن با استفاده از صمغ‌های گوار و زانتان گزارش کردند، در روز اول تولید نمونه‌های مشابه که فقط نوع صمغ شان با هم متفاوت بود نتایج نشان داد تیمارهای حاوی صمغ گوار به شکل معنی داری ($p < 0.05$) میزان سختی بالاتری نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ زانتان داشتند که این می‌تواند به دلیل خاصیت جذب آب بالاتر صمغ زانتان در مقایسه با صمغ گوار باشد. با توجه به شکل ۴، در شرایطی که میزان لوپین ۱۵٪ است، صمغ کاراگینان اثر افزایشی بر سختی بافت دارد. با توجه به شکل ۳،



شکل ۳- تأثیر صمغ گوار و آرد لوپین بر سختی بافت روز اول

Figure3. Effect of Lupine Flour and Guar Gum on first day hardness of the tissue

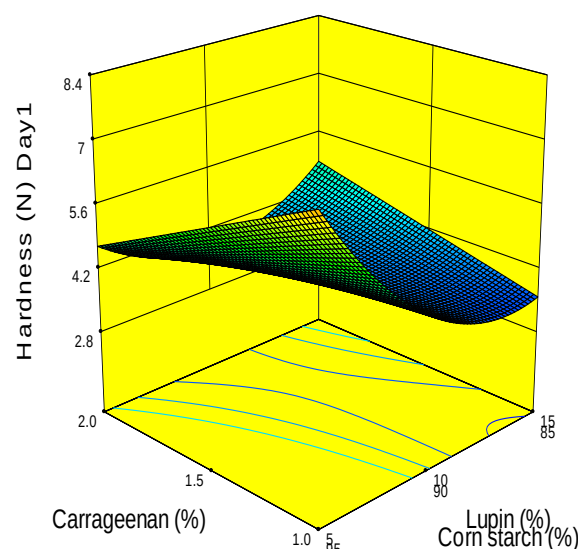
گوار و کاراگینان، ویسکوزیته خمیر کیک کاهش یافته است اما اثر کاهشی کاراگینان بر ویسکوزیته معنی دارتر است (شکل ۲). بیشترین پاسخ ویسکوزیته مربوط به تیماری است که لوپین ۵٪، کاراگینان ۱٪ و صمغ گوار ۲٪ است که بیانگر اثر معنی دار گوار بر افزایش ویسکوزیته است.

نتایج آزمون سختی بافت و بررسی اثر آرد لوپین و

صمغ‌های گوار و کاراگینان بر سختی بافت کیک

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، آرد لوپین اثر کاهشی معنی‌داری بر سختی بافت نمونه‌های کیک داشت. مطابق شکل ۳، با افزایش لوپین از ۵ تا ۱۵٪ نمودار با شیب‌تند روند نزولی سختی بافت را نشان داد. دلیل اثر کاهشی لوپین بر سختی بافت را می‌توان به محتوی فیبر رژیمی آن نسبت داد که با جذب آب بیشتر مانع از سخت شدن بافت کیک می‌شود. آرد لوپین حدود ۴۰٪ فیبر رژیمی دارد که از ویژگی‌های فیبر رژیمی جذب بالای آب است. پس با افزایش درصد آرد لوپین محتوی رطوبت نمونه‌ها افزایش و در نتیجه سختی بافت کیک کاهش یافته است. رومیاتی و همکاران (۲۰۱۵) در افزودن لوپین در تولید کلوچه به این نتیجه رسیدند که افزایش لوپین سبب کاهش سختی بافت نمونه‌ها شد و محتوای رطوبت کلوچه‌ها با کاهش سختی نمونه‌ها همبستگی دارد. لونت و بیلژیکی (۲۰۱۱) نیز در یافته‌های خود بیان کردند افزایش شاخص حجم و نرمی کیک نسبت به نمونه کنترل، با افزایش لوپین تا ۲۰٪ مشاهده گردید. با افزایش صمغ‌های گوار و کاراگینان، آرد لوپین همچنان اثر کاهشی بر سختی بافت داشت که بیانگر اثر معنی‌دار آن در کاهش سختی بافت است ($p < 0.05$). در بررسی اثر صمغ‌ها بر سختی بافت، صمغ‌های گوار و کاراگینان باعث افزایش سختی بافت شدند و اثر افزایشی گوار نسبت به کاراگینان معنی‌دارتر بود (شکل ۳). این نتایج، مطابق نتایج ایوبی و همکاران (۱۳۸۷) می‌باشد. ایوبی و همکاران بیان کردند افزایش سطح صمغ‌های مورد استفاده اگر چه منجر به افزایش حجم نمونه‌ها شد اما سبب افزایش تعداد حفرات موجود

طی دوره نگهداری ۱۵ روزه چندان معنی دار نبود می توان گفت که افزودن صمغ ها سرعت سفت شدن بافت طی دوره نگهداری را کاهش می دهد. قریشی راد و همکاران (۱۳۸۸) در یافته های خود درباره کاهش سرعت سفت شدن بافت نان با افزودن هیدروکلوئیدها در طول دوره نگهداری، بیان کردند هیدروکلوئیدها با افزایش قوام خمیر، تشکیل شبکه موقت ژل و افزایش سفتی دیواره های سلول های حاوی گاز در نان، موجب حفظ بیشتر گاز دی-اکسیدکربن و بخار آب تولید شده در خمیر می شوند، حفظ بیشتر آب در مغز نان به تازگی و نرمی مغز و کاهش حالت لاستیکی آن کمک می کند. مطابق نتایج قریشی راد و همکاران (۱۳۸۸)، در بررسی دلایل کاهش سرعت بیاتی نان در طول دوره نگهداری با افزودن صمغ، بیان کردند برخی از صمغ ها خواص امولسیفایری نشان داده و لایه سطحی دور حباب های گاز در خمیر تشکیل می دهند که به حفظ گاز سرعت بیاتی نان در طول دوره نگهداری با افزودن صمغ، بیان کردند برخی از صمغ ها خواص امولسیفایری نشان داده و لایه سطحی دور حباب های گاز در خمیر تشکیل می دهند که به حفظ گاز کمک می کند. حفظ بیشتر آب در مغز نان، به تازگی و نرمی مغز و کاهش حالت لاستیکی آن کمک می کند. این نتایج با یافته های گومز و همکاران (۲۰۰۷)، که تفاوت هیدروکلوئیدهای مختلف را بر کیفیت و ماندگاری کیک بررسی کردند، همسو است. آن ها به این نتیجه رسیدند که هیدروکلوئیدها باعث سختی بافت کیک در تولید و در طول دوره ذخیره سازی می شوند که این اثر بستگی به نوع صمغ دارد. صمغ پکتین، گوار و کاراگینان سختی بافت کیک را افزایش دادند که اثر افزایشی صمغ گوار بطور قابل توجهی از اثر افزایشی کاراگینان معنی دارتر بود. اثرات متفاوت صمغ ها بر روی سختی کیک به متابولیسیم شیمیایی مختلف بین آن ها و نشاسته که بر روی رترودگرادیسیون آن تأثیر می گذارد، ارتباط دارد.



شکل ۴- تأثیر صمغ کاراگینان و آرد لوپین بر سختی بافت روز اول

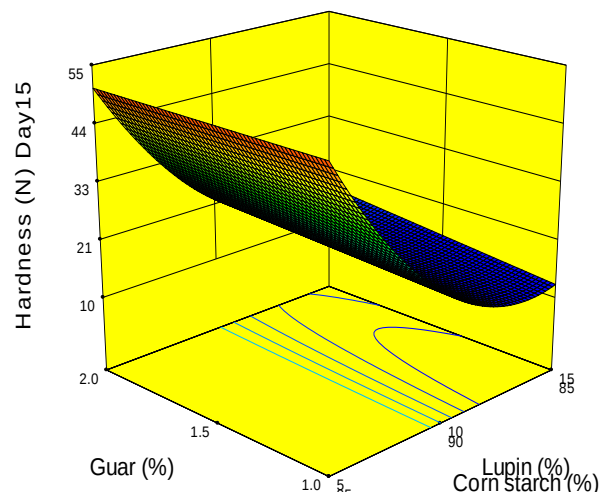
Figure 4. Effect of Lupine Flour and Carrageenan Gum on first day hardness of the tissue

افزایش لوپین و صمغ گوار در شرایطی که میزان کاراگینان ۱٪ بود، اثر کاهشی معنی داری بر میزان سختی بافت کیک داشتند که اثر کاهشی گوار نسبت به اثر کاهشی لوپین چندان معنی دار نبود زیرا با افزایش یا کاهش میزان لوپین، تغییر چندانی در میزان سختی بافت مشاهده نشد. با توجه به شکل ۴، وقتی میزان لوپین ۵٪ و گوار ۱٪ بود صمغ کاراگینان اثر کاهشی بر سختی بافت نشان داد و افزایش همزمان لوپین و کاراگینان وقتی میزان گوار ۱٪ بود، افزایش سختی بافت کیک مشاهده شد که همچنان اثر کاهشی لوپین معنی دارتر است.

بررسی اثر آرد لوپین و صمغ های گوار و کاراگینان بر سختی بافت کیک روز پانزدهم

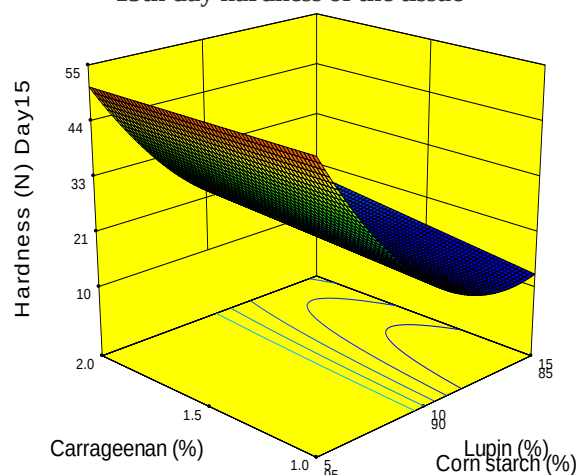
نتایج سختی بافت روز پانزدهم، نشان داد که آرد لوپین به دلیل محتوای بالای فیبررژیمی همچنان باعث کاهش معنی دار سختی بافت شده است. صمغ های گوار و کاراگینان، باعث افزایش سختی بافت شده اند البته نسبت به اثر کاهشی لوپین، اثرشان چندان معنی دار نیست (شکل های ۵ و ۶). با توجه به اینکه اثر صمغ ها بر سختی بافت

با افزایش آرد لوپین از ۵ تا ۱۵٪ نمودار با شیب نسبتاً زیاد بهبود مزه را نشان داد (شکل های ۷ و ۸). جایاسنا و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیق خود بر روی نودل به این نتیجه رسیدند که افزودن لوپین تا ۳۰٪ اثر مثبت بر ارزیابی حسی مزه نمونه‌ها داشت اما با افزودن لوپین بیشتر از ۳۰٪ اثر کاهشی معنی‌داری در مزه مشاهده شد که علت آن را طعم لوبیایی طبیعی لوپین دانستند. ۴۰٪ از وزن دانه لوپین را فیبر رژیمی و ۵ تا ۲۰٪ آن را چربی تشکیل می‌دهد که از این مقدار چربی، ۱۰٪ آن اسید چرب اشباع و ۹۰٪ اسید چرب غیراشباع شامل اولئیک اسید، لینوئیک اسید و لینولنیک اسید می‌باشد. علاوه بر این گیاه لوپین دارای فیتوکمیکال‌هایی با خاصیت آنتی اکسیدانی مانند پلی فنول‌ها، تانن و فلاونوئیدها نیز می‌باشد (کوهاجدووا و همکاران ۲۰۱۱). وجود این ترکیبات در لوپین می‌تواند بر روی طعم و مزه محصول اثرگذار باشد. این نتایج مطابق با نتایج لونت و بیلژیکی (۲۰۱۱) است. لونت و بیلژیکی در غنی سازی کیک فاقد گلوتن از آرد لوپین در سطوح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ استفاده کردند و دریافتند که مزه کیک تا ۳۰٪ لوپین نسبت به نمونه کنترل افزایش یافت اما در سطح ۴۰٪ اثر کاهشی داشت. بررسی اثر صمغ‌های گوار و کاراگینان نشان داد که گوار اثر افزایشی و کاراگینان اثر کاهشی داشتند. البته اثر افزایشی گوار (شکل ۷) نسبت به اثر کاهشی کاراگینان (شکل ۸) معنی‌دارتر بود. سوهان آجینی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی اثر صمغ‌های گوار و زانتان بر خواص کیفی کیک روغنی دریافتند که نمونه‌های حاوی صمغ بالاترین امتیاز و نمونه کنترل کمترین امتیاز را از نظر مزه برخوردار بودند و دلیل آن را حضور ترکیبات آلدئیدی در صمغ‌های گوار و زانتان دانستند. مطابق نتایج گومز و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر هیدروکلوئیدها بر کیفیت کیک، نمونه‌های حاوی صمغ گوار، از نظر مزه نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ کاراگینان امتیاز بالاتری بدست آوردند و اثر افزایشی صمغ گوار بسیار معنی‌دار بود.



شکل ۵- تأثیر صمغ گوار و آرد لوپین بر شاخص سختی بافت روز پانزدهم

Figure5. Effect of Lupine Flour and Guar Gum on 15th day hardness of the tissue



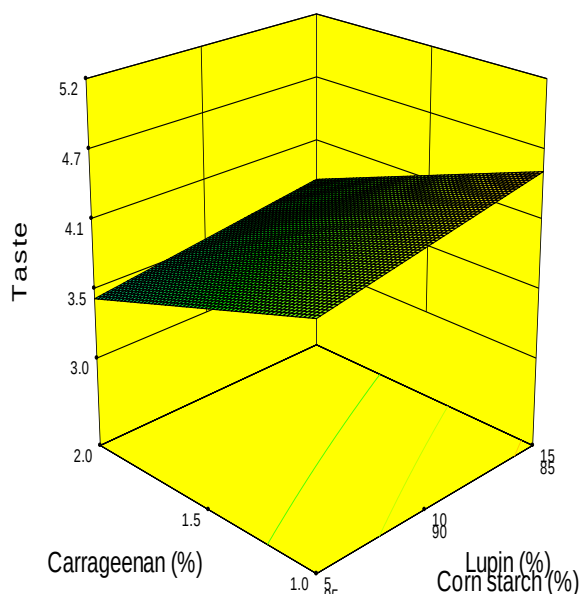
شکل ۶- تأثیر صمغ کاراگینان و آرد لوپین بر شاخص سختی بافت روز پانزدهم

Figure4. Effect of Lupine Flour and Carrageenan Gum on 15th day hardness of the tissue

نتایج آزمون‌های حسی

نتایج آزمون‌های حسی در جدول ۵ آورده شده است.
آزمون حسی مزه و بررسی اثر آرد لوپین و صمغ‌های گوار و کاراگینان بر مزه کیک

بررسی اثر آرد لوپین بر مزه کیک‌ها نشان داد که افزایش آرد لوپین اثر افزایشی معنی‌داری بر مزه نمونه‌ها داشت



شکل ۸- تأثیر صمغ کاراگینان و آرد لوپین بر شاخص مزه

Figure8. Effect of Lupine Flour and Carrageenan Gum on Taste Index

ککسل (۲۰۰۹)، در مطالعه ای تأثیر صمغ های زانتان و گوار مورد بررسی قرار داد، نتایج نشان داد مخلوط صمغ های اضافه شده مقبولیت مزه کیک ها را بهبود بخشید.

بیشترین پاسخ مزه در شرایطی است که حداکثر مقدار لوپین یعنی ۱۵٪، صمغ گوار نیز بیشترین مقدار یعنی ۲٪ و صمغ کاراگینان حداقل مقدار یعنی ۱٪ باشد. در شرایطی که کاراگینان ۱٪ باشد، کاهش مقدار لوپین و صمغ گوار روند نزولی پاسخ مزه را نشان می دهد (شکل ۷).

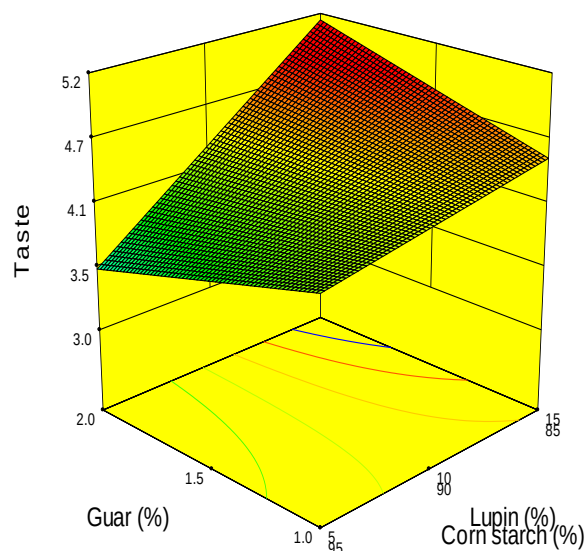
آزمون حسی عطر و بو و بررسی اثر آرد لوپین و صمغ های گوار و کاراگینان بر عطر و بوی کیک

بررسی نتایج مربوط به عطر و بو نشان داد که آرد لوپین اثر معنی داری بر افزایش عطر و بوی نمونه ها داشت و با افزایش درصد آرد لوپین نمودار پاسخ عطر و بو با شیب زیاد، نشان دهنده بهبود عطر محصول بود (شکل ۹). احمد عبدالرحمن (۲۰۱۴) بیان کرد که ترکیب غنی از پروتئین لوپین و گلوکز موجود در فرمولاسیون کیک فاقد گلوتن

جدول ۵- نتایج آزمون های حسی

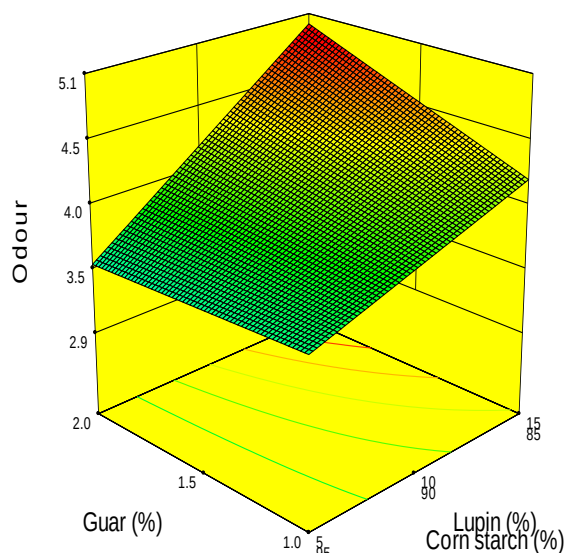
Table 5- Sensory analysis results

Test Treatment	Taste	Odour	Colour	Texture	Overall Acceptance
1	4.19	4	4.11	3.85	3.95
2	3.97	3.44	4.12	3.26	3.69
3	4.85	4.44	4.65	4.58	4.62
4	2.85	2.78	3.99	1.82	2.8
5	4.74	4.33	4.17	4.07	4.35
6	3.63	3.78	4.08	2.55	3.48
7	3.52	3.44	3.08	1.89	3.03
8	3.97	4.44	3.74	3.44	3.85
9	4.85	4.78	3.75	4.78	4.54
10	4.85	4	3.21	3.55	4.03
11	4.41	3.78	4.28	3.17	3.95
12	4.3	3.55	3.9	1.76	3.5
13	3.52	3.67	3.49	2.01	3.18
14	4.7	4.88	3.33	4.86	4.43
15	4.19	3.78	3.88	3.25	3.8
16	3.8	3.27	3.77	2.81	3.63
17	3.6	3.45	4.28	3.45	3.13
18	3.56	3.2	3.96	3.34	3.46
19	4.05	3.88	4.23	2.45	3.67
20	3.52	2.96	3.64	1.5	3.66



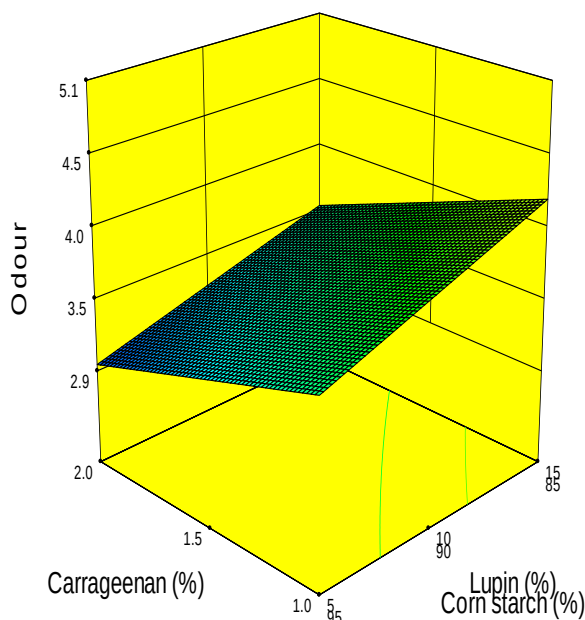
شکل ۷- تأثیر صمغ گوار و آرد لوپین بر شاخص مزه

Figure7. Effect of Lupine Flour and Guar Gum on Taste Index



شکل ۹- تأثیر صمغ گوار و آرد لوپین بر شاخص عطر و بو

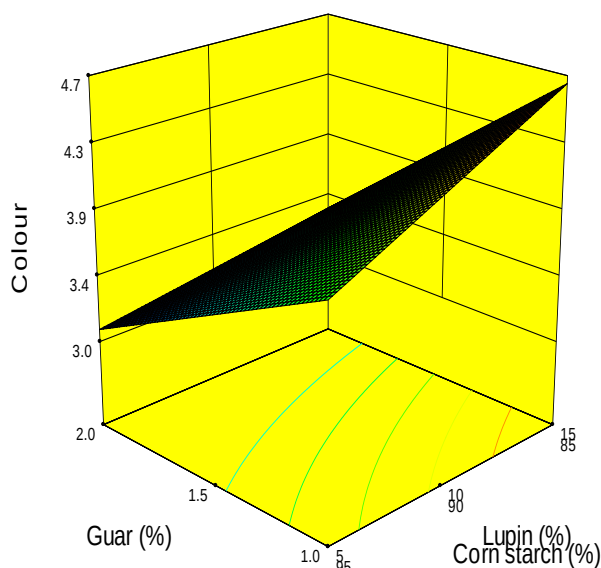
Figure9- Effect of Lupine Flour and Guar Gum on Odour Index



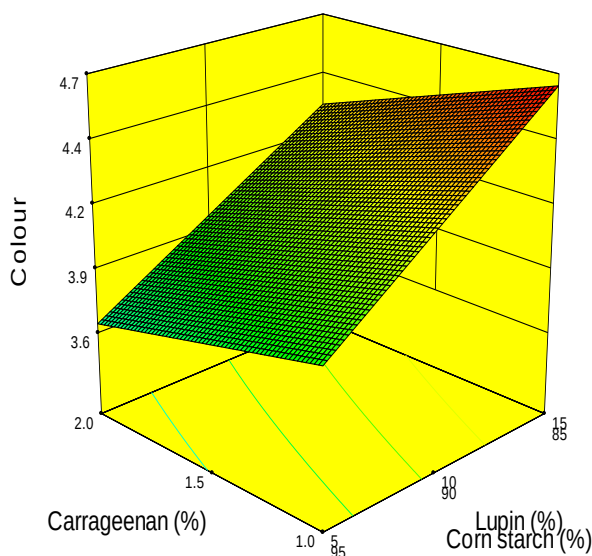
شکل ۱۰- تأثیر صمغ کاراگینان و آرد لوپین بر شاخص عطر و بو

Figure10. Effect of Lupine Flour and Carrageenan Gum on Odour Index

بعنوان ترکیبات پیش ساز واکنش میلارد، وارد عمل شده و با انجام این واکنش منجر به بهبود عطر و آروما در محصول فاقد گلوتن می شوند. این نتایج، همسو با نتایج جایاسنا و همکاران (۲۰۱۰) است. آن‌ها تحقیقی درباره افزودن لوپین تا ۵۰٪ به فرمولاسیون نودل انجام داده اند و دریافتند که افزودن لوپین تا ۴۰٪ اثر مثبت بر عطر و طعم نمونه ها داشت. نقاش و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند ترکیباتی که منجر به واکنش میلارد می شوند سبب ایجاد عطر و طعم در محصولات پخته شده می شوند. پسینسکی و همکاران (۲۰۱۵) بر روی بهبود آرومای نان بدون گلوتن تحقیق کردند و به این نتیجه رسیدند که پرولین و گلوکز موجود در خمیر نان بدون گلوتن پیش ساز واکنش میلارد بودند. این ترکیبات باعث بهبود و قابل قبول شدن عطر نان فاقد گلوتن شد. این نان ها، مشابه نان گندمی که ترکیبات فرار و معطر آن توسط کروماتوگرافی شناسایی شده بود، بودند. بررسی اثر صمغ‌های گوار و کاراگینان نشان داد که گوار بخاطر داشتن ترکیبات آلدئیدی اثر افزایشی معنی‌دار (شکل ۹) و کاراگینان اثر کاهشی بر عطر و آرومای نمونه‌های کیک داشت (شکل ۱۰). بررسی نتایج مربوط به اثر صمغ‌ها بر عطر و بو، مطابق یافته‌های لی و همکاران (۲۰۰۶) و گومز و همکاران (۲۰۰۷)، نمونه‌های حاوی صمغ گوار، از نظر عطر و بو نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ کاراگینان امتیاز بالاتری بدست آوردند. علت آن همسو با نتایج سوهان آجینی و همکاران (۱۳۹۶)، در بررسی اثر صمغ های گوار و زانتان بر خواص کیفی کیک روغنی، وجود ترکیباتی مانند برخی اسیدهای چرب غیراشباع و آلدئیدی در صمغ گوار، می باشد. همانطور که در شکل ۹ دیده می شود، بیشترین پاسخ عطر و بو در شرایطی است که مقدار لوپین ۱۵٪، صمغ گوار ۲٪ و صمغ کاراگینان حداقل مقدار یعنی ۱٪ باشد. در شرایطی که کاراگینان ۱٪ باشد، کاهش مقدار لوپین و صمغ گوار روند نزولی پاسخ عطر و بو را نشان می دهد (شکل ۹).



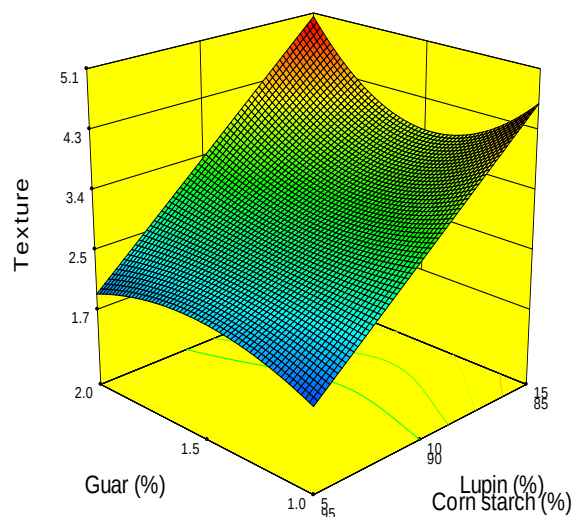
شکل ۱۱- تأثیر صمغ گوار و آرد لوپین بر شاخص رنگ
Figure11. Effect of Lupine Flour and Guar Gum on Colour Index



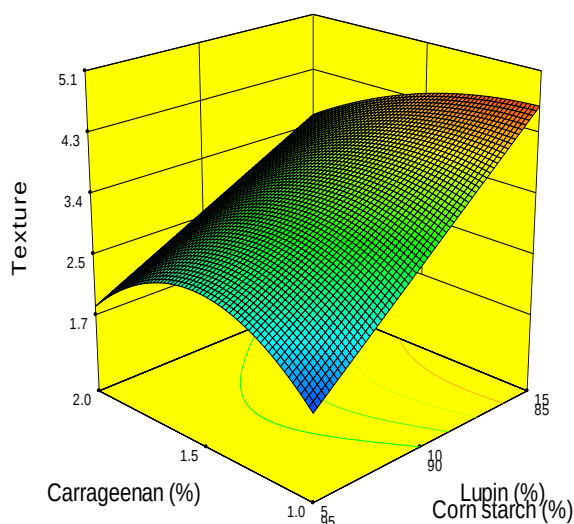
شکل ۱۲- تأثیر صمغ کاراگینان و آرد لوپین بر شاخص رنگ
Figure12. Effect of Lupine Flour and Carrageenan Gum on Colour Index

آزمون حسی رنگ و بررسی اثر آرد لوپین و صمغ های گوار و کاراگینان بر رنگ کیک

بررسی نتایج مربوط به ارزیابی حسی رنگ نمونه ها نشان داد که با افزایش آرد لوپین نمونه ها امتیاز بیشتری دریافت کردند. به گونه ای که نمونه های حاوی ۱۵٪ لوپین بیشترین امتیاز را داشتند (شکل های ۱۱ و ۱۲). رنگ پوسته کیک با افزایش درصد آرد لوپین تیره تر شد که به محتوای پروتئین بالای نمونه های حاوی آرد لوپین و واکنش میلارد بین اسیدهای آمینه و قندها و فرایند کاراملیزاسیون نسبت داده می شود. این نتایج مطابق نتایج جایاسنا و همکاران (۲۰۱۰) بود که تأثیر آرد لوپین را بر نودل فوری، بررسی کرده بودند. آن ها به این نتیجه رسیدند که امتیاز حسی رنگ در نمونه های حاوی لوپین نسبت به نمونه کنترل بالاتر بود و آرد لوپین به علت محتوای بالای کارتنوئیدها، سبب بهبود کیفیت رنگ ظاهری نودل شده بود. بررسی نتایج مربوط به صمغ ها نشان داد که افزایش گوار و کاراگینان اثر کاهشی در پاسخ رنگ دارد و اثر کاهشی گوار نسبت به کاراگینان معنی دارتر است (شکل های ۱۱ و ۱۲). نتایج گومز و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر صمغ های مختلف بر کیک، در ارزیابی حسی رنگ نشان داد که صمغ های گوار و کاراگینان اثر کاهشی بر امتیاز رنگ داشتند و کمترین امتیاز مربوط به گوار بود و از نمونه کنترل نیز امتیاز پایین تری دریافت کرد. مطابق نتایج آن ها نمونه حاوی صمغ کاراگینان نیز امتیاز رنگ کمتری نسبت به نمونه شاهد دریافت کرده بودند اما اثر آن نسبت به صمغ گوار چندان معنی دار نبود. همانطور که در شکل های ۱۱ و ۱۲ مشاهده می شود بیشترین پاسخ رنگ در شرایطی است که مقدار آرد لوپین بیشترین مقدار و صمغ های گوار و کاراگینان کمترین مقدار یعنی ۱٪ باشند. در صورتی که کاهش آرد لوپین با افزایش صمغ ها همراه باشد پاسخ رنگ کمترین مقدار بدست آمد.



شکل ۱۳- تأثیر صمغ گوار و آرد لوپین بر شاخص بافت
Figure13. Effect of Lupine Flour and Guar Gum on tissue



شکل ۱۴- تأثیر صمغ کاراگینان و آرد لوپین بر شاخص بافت

Figure14. Effect of Lupine Flour and Carrageenan Gum on tissue

نتایج مربوط به اثر صمغ‌ها همسو با نتایج ایوبی و همکاران (۱۳۸۷) است که بیان کردند افزایش سطوح صمغ‌های گوار و زانتان باعث افزایش معنی‌دار امتیاز بافت کیک نسبت به شاهد شد. صمغ‌ها با تأثیر بر روی ساختار نشاسته، سبب بهبود توزیع و نگهداری آب و بهبود بافت فرآورده‌های پخت می‌شوند. پوراسماعیل و

آزمون حسی بافت و بررسی اثر آرد لوپین و صمغ‌های گوار و کاراگینان بر بافت کیک

نتیجه ارزیابی حسی بافت نشان داد که آرد لوپین اثر قابل ملاحظه‌ای بر بهبود بافت و احساس دهانی کیک فاقد- گلوتن دارد. با افزایش لوپین بافت محصول بهبود یافته و در ارزیابی حسی امتیاز بالاتری گرفت (شکل‌های ۱۳ و ۱۴). این نتایج مطابق یافته‌های جایاسنا و همکاران (۲۰۱۰) بود. آن‌ها از آرد لوپین به علت محتوی پروتئینی و فیبر رژیمی بالایی که دارد جهت بهبود کیفیت نودل استفاده کردند. طبق یافته‌های آن‌ها، افزودن لوپین تا ۲۰٪، محصول بافتی مشابه بافت نمونه شاهد داشت اما بیشتر از ۳۰٪ اثر کاهشی و منفی بر بافت داشت. ناصرعباس و جایاسنا (۲۰۱۲) اثر جایگزینی آرد لوپین را با آرد گندم در تولید مافین بررسی کردند. آن‌ها بیان کردند که با افزایش درصد لوپین بافت نمره بهتری گرفت. بررسی ارزیابی‌های حسی، نشان داده بود بافت مافین در سطح ۱۰٪ لوپین افزایش معنی‌داری در بهبود بافت داشته و در سطح ۲۰٪ نمره بافت از نمره‌ی نمونه کنترل نیز بالاتر بوده است. آن‌ها علت بهبود بافت را فیبر محلول لوپین دانستند که باعث ایجاد بافت قابل قبول تری برای محصول شده بود. با بررسی نتایج مربوط به اثر صمغ-ها (شکل‌های ۱۳ و ۱۴)، گوار اثر افزایش معنی‌دار و کاراگینان اثر کاهشی بر پاسخ داشت که اثر افزایشی گوار و همچنین اثر افزایشی آرد لوپین نسبت به اثر کاهشی کاراگینان معنی‌دارتر بود. صمغ‌ها با تأثیر روی نشاسته، سبب بهبود نگهداری آب و بهبود بافت فرآورده می‌شوند. اثرات متفاوت صمغ‌ها بر روی بافت کیک به واکنش‌های مختلف بین آن‌ها و نشاسته که بر روی رتروگراداسیون آن تأثیر می‌گذارد، مرتبط است.

همکاران (۱۳۹۰) به بررسی فرمولاسیون نان بدون گلوتن با استفاده از صمغ گوار پرداختند نتایج نشان داد افزودن صمغ گوار سبب کاهش میزان سفتی مغز نان ها در مقایسه با نمونه کنترل و در نتیجه بهبود بافت گردید. نقی پور و همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش کردند استفاده از صمغ های گوار و زانتان به ترتیب در غلظت های ۰/۳ و ۰/۶ منجر به کاهش سفتی بافت کیک بدون گلوتن حاوی آرد سورگوم گردید. سوهان آجینی و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند که تیمارهای حاوی صمغ از نظر بافت امتیاز بالاتری نسبت به تیمار شاهد دریافت کردند. دلیل آن را به حضور ترکیبات آبدوست در ساختمان صمغ های گوار و زانتان نسبت دادند. با توجه به شکل های ۱۳ و ۱۴ بیشترین پاسخ بافت از نظر حسی مربوط به تیمارهایی است که میزان لوپین ۱۵٪ و گوار ۲٪ و کاراگینان ۱٪ بوده است. روند افزایشی اثر افزایش درصد لوپین کاملاً مشهود است.

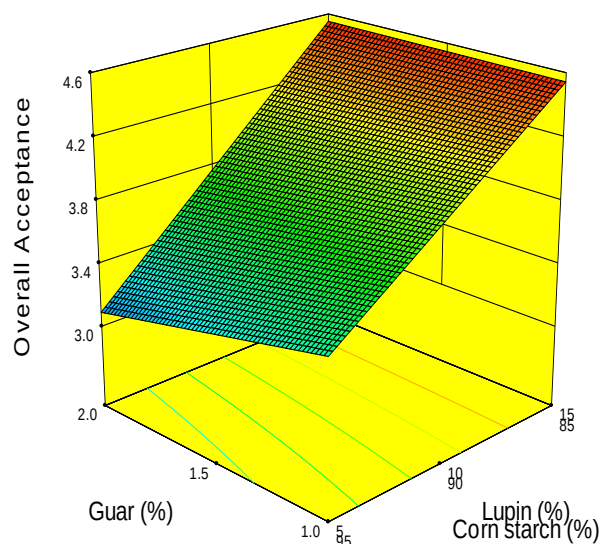
آزمون حسی پذیرش کلی و بررسی اثر آرد لوپین و

صمغ های گوار و کاراگینان بر پذیرش کلی کیک

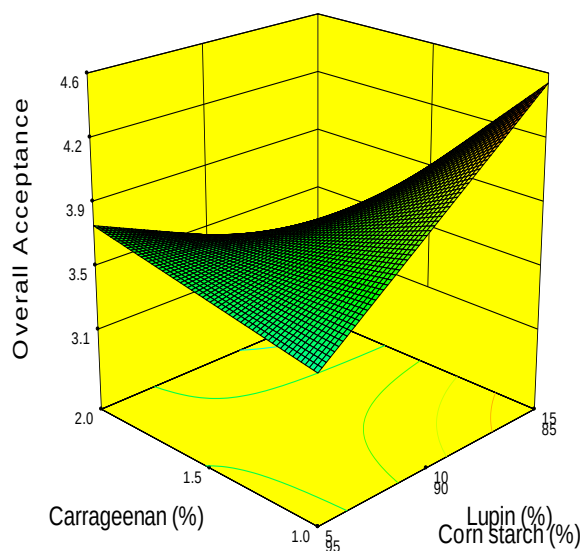
امتیاز پذیرش کلی بیانگر این است که براساس پارامترهای حسی، مقبولیت کلی محصول چطور بوده- است. بر اساس آنالیز نتایج، افزایش آرد لوپین اثر معنی- داری بر بهبود پذیرش کلی محصول داشت (شکل ۱۶ و ۱۷). درشرایطی که صمغ گوار و کاراگینان ۱٪ بود، افزایش لوپین از ۵ تا ۱۵٪ اثر افزایشی معنی داری در پذیرش کلی کیک فاقد گلوتن نشان داد. دلیل آن را می توان ترکیب غنی از پروتئین لوپین دانست. البته ترکیب شیمیایی دانه های لوپین تنها پروتئینی نیست بلکه حاوی چربی، کربوهیدرات های محلول (ساکارز، فیبر رژیمی و نشاسته)، مواد معدنی و ویتامین (α، γ، δ توکوفورول، تیامین، ریبوفلاوین و ویتامین C) نیز می باشد. بعلاوه لوپین دارای تعادل خوبی از اسیدهای آمینه ضروری و منبع خوبی از اسید آمینه لیزین است. (کوهاجدو و همکاران ۲۰۱۱). این یافته ها با نتایج پاژلیارینی و همکاران

(۲۰۱۰) مطابقت داشت. آن ها در تولید نان فاقد گلوتن دریافتند نمونه های حاوی لوپین نسبت به سایر نمونه ها از مقبولیت و بازارپسندی بیشتری برخوردار شدند. لونت و بیلژیکلی (۲۰۱۱)، در غنی سازی کیک فاقد گلوتن از آرد لوپین در سطوح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ استفاده کردند و دریافتند که پذیرش کلی کیک تا ۲۰٪ لوپین نسبت به نمونه کنترل افزایش یافت اما در سطح بالاتر از ۳۰ و ۴۰٪ اثر کاهشی داشت که علت آن را طعم لوبیایی لوپین دانستند. اثر افزودن صمغ های گوار و کاراگینان نیز بررسی شد که نشان داد افزودن گوار اثر افزایشی و کاراگینان اثر کاهشی معنی داری بر پذیرش کلی کیک ها داشتند (شکل های ۱۵ و ۱۶). نتایج ایوبی و همکاران (۱۳۸۶) و لازاریدو و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر صمغ ها بر پذیرش کلی همسو با نتایج تحقیق حاضر می- باشد. ایوبی و همکاران بیان کردند که امتیاز پذیرش کلی کیک، با افزایش سطح صمغ های گوار و زانتان بطور معنی داری افزایش داشت و لازاریدو و همکاران بیان کردند افزودن هیدروکلوئیدها باعث افزایش امتیازات - حسی نان بدون گلوتن گردید. شالینی و لاکسیمی (۲۰۰۷) و گوآردا و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند به جز نمونه حاوی کاراگینان، بقیه ی نمونه های حاوی هیدروکلوئید، امتیازات حسی بالاتر و نزدیک به نمونه شاهد کسب کردند. همانطور که در شکل های ۱۵ و ۱۶ مشاهده می شود با افزایش لوپین پاسخ پذیرش کلی در بیشترین حالت قرار دارد. در شرایطی که میزان لوپین ۱۵٪ است افزایش گوار اثر معنی داری بر کاهش یا افزایش پاسخ ندارد و پاسخ همچنان در بیشترین حالت قرار دارد. اما با توجه به شکل ۱۶، افزایش کاراگینان اثر کاهشی معنی داری بر پاسخ نشان داده است و کمترین پاسخ مربوط به تیماری می شود که میزان لوپین آن ۱۵٪، گوار ۱٪ و کاراگینان آن ۲٪ است.

بطور کلی با جمع بندی نتایج آزمون‌های فیزیکی و حسی مشخص شد که می‌توان با استفاده از ۱٪ از صمغ‌های گوار و کاراگینان به ازای ۱۵٪ آرد لوپین، کیک با ویژگی‌های حسی و کیفی مناسب تولید نمود. لوپین بخاطر محتوای فیبر رژیمی و گوار و کاراگینان بخاطر قابلیت بالای جذب آب، با حفظ رطوبت، سبب کاهش سختی بافت کیک شدند. نتایج آزمون‌های حسی نشان داد که آرد - لوپین باعث بهبود ویژگی‌های ارگانولپتیکی کیک گردید. گوار نیز سبب بهبود این ویژگی‌ها شد اما کاراگینان تأثیر قابل‌توجهی بر آن‌ها نداشت. در نهایت از بین سطوح مختلف متغیرهای مورد بررسی، آرد لوپین ۱۵٪، نشاسته ذرت ۸۵٪، صمغ گوار ۱٪ و صمغ کاراگینان ۱٪ به عنوان نقاط بهینه برای اهداف بهینه سازی تعیین گردیدند و تیمار ۳ بعنوان فرمولاسیون بهینه کیک فاقد گلو تن انتخاب شد.



شکل ۱۵- تأثیر صمغ گوار و آرد لوپین بر پذیرش کلی
Figure15. Effect of Lupine Flour and Guar Gum on Overall Acceptance



شکل ۱۶- تأثیر صمغ کاراگینان و آرد لوپین بر پذیرش کلی
Figure16. Effect of Lupine Flour and Carrageenan Gum on Overall Acceptance

نتیجه گیری کلی

حبوبات بخصوص دانه های لوپین، دارای ارزش تغذیه ای و خصوصیات عملکردی بالایی هستند و گنجاندن آن ها در رژیم غذایی از طریق اضافه شدن به محصولات نانوائی، روش خوبی برای افزایش مصرف آن هاست.

منابع مورد استفاده

- ابراهیم پور ن، پیغمبر دوست ه، آزادمرد مریچ ص، ۱۳۸۹. تاثیر افزودن پکتین، گوار و کاراگینان بر روی ویژگی های کیفی نان حجیم بدون گلوتن. نشریه پژوهش های صنایع غذایی، ۳(۲): ۸۵-۹۸.
- ایوبی ا، حبیبی نجفی م ب، کریمی م، ۱۳۸۷. تأثیر افزودن کنستانتره پروتئین آب پنیر و صمغ های گوار و زانتان بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی کیک روغنی. مجله پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران: ۳۳-۴۶.
- پایان ر، ۱۳۹۰. مقدمه ای به تکنولوژی فرآورده های غلات. تهران، آبیژ. ۳۱۳ صفحه.
- پوراسماعیل ن، عزیزی م ح، عباسی س، ۱۳۹۰. فرمولاسیون نان بدون گلوتن با استفاده از گوآر و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی. نشریه پژوهش های صنایع غذایی، ۲۱(۱): ۶۹-۸۱.
- سوهان آجینی ع، موحد س، احمدی چناربن ح، ۱۳۹۶. تاثیر صمغ های گوار و زانتان به عنوان جایگزین بخشی از چربی بر خواص کیفی کیک روغنی. علوم و صنایع غذایی، ۱۴(۶۹): ۲۹۵-۳۰۶.
- صابری م، ناقطی ل، اسحاقی م، ۱۳۹۶. تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن با استفاده از مخلوط آرد نخودچی و آرد برنج، صمغ گوار و صمغ زانتان. علوم و صنایع غذایی، ۷۱(۱۴): ۹۵-۱۰۹.
- قریشی راد م، قنبرزاده ب، غیاثی طرزی ب، ۱۳۸۸. تأثیر بکارگیری هیدروکلوئیدهای گوار و کاراگینان بر ویژگیهای فیزیکی و حسی نان بربری. علوم غذایی و تغذیه، ۸(۲): ۲۵-۳۸.
- ملکزاده ر، شاکری ر، ۱۳۸۶. بیماری سلپاک در ایران. مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۶۵(۲): ۱-۱۱.
- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۵. کیک-ویژگی ها و روش های آزمون، شماره استاندارد (۲۵۵۳)، کرج.
- AACC, 2000. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. 10th ed, St Paul, Minn, USA.
- Ahmed AR, 2014. Influence of chemical properties of wheat-lupine flour blends on cake quality. American Journal of Food Science Technology. 2(2): 67-75.
- Azarbad H R, Mazaheri M and Rashidi H, 2019. Optimization of Gluten-Free Bread Formulation Using Sorghum, Rice, and Millet Flour by D-Optimal Mixture Design Approach. J. Agr. Sci. Tech. Vol. 21: 101-115.
- Gomez M, Ronda F, Caballero PA, Blanco CA and Rosell CM, 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloids. 21(2): 167-173.
- Guarda A, Rosell CM, Benedito C and Galotto MJ, 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids. 18(2): 241-24.
- Gupta S and Variyar PS, 2018. Guar Gum: A Versatile Polymer for the Food Industry. Biopolymers for Food Design, Elsevier. 383-407.
- Jayasena V and Nasar-Abbas SM, 2010. and Leung P.P.Y. Effect of lupin flour substitution on the quality and sensory acceptability of instant noodles. Journal of food quality. 33(6): 709-727.
- Jia C, Huang W, Ji L, Zhang L, Li N, and Li Y, 2014. Improvement of hydrocolloid characteristics added to angel food cake by modifying the thermal and physical properties of frozen batter. Food Hydrocolloids, 41, 227-232.
- Kohajdova Z, Karovičova J and Schmidt Š, 2011. Lupin composition and possible use in bakery—a review. Czech J Food Sci. 29(3): 203-211.
- Köksel H, 2009. Effects of xanthan and guar gums on quality and staling of gluten free cakes baked in microwave-infrared combination oven, Middle East Technical University. Master of Science. 45: 87-93.
- Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N and Biliaderis CG, 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. Journal of food Engineering. 79(3): 1033-1047.

- Lee S and Inglett GE, 2006. Rheological and physical evaluation of jet-cooked oat bran in low calorie cookies. *International Journal of Food Science Technology*. 41(5): 553-559.
- Levent H and Bilgicli N, 2011. Effect of gluten-free flours on physical properties of cakes. *Journal of Food Science Engineering*. 1(5): 354-360.
- Levent H and Bilgiçli N, 2011. Enrichment of gluten-free cakes with lupin (*Lupinus albus* L.) or buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) flours. *International Journal of Food Sciences Nutrition*. 62(7): 725-728.
- Naqash F, Gani A, Gani A and Masoodi FA, 2017. Gluten-free baking: Combating the challenges-A review. *Trends in Food Science Technology*. 66: 98-107.
- Nasar-Abbas SM and Jayasena V, 2012. Effect of lupin flour incorporation on the physical and sensory properties of muffins. *Quality Assurance Safety of Crops Foods*. 4(1): 41-49.
- Pacyński M, Wojtasiak and Mildner-Szkudlarz, 2015. Improving the aroma of gluten-free bread. *LWT-Food Science* 63(1): 706-713.
- Pagliarini E, Laureati M and Lavelli V, 2010. Sensory evaluation of gluten-free breads assessed by a trained panel of celiac assessors. *European Food Research Technology*. 231(1): 37-46.
- Pollard N, Stoddard F L, Popineau Y, Wrigley C W and MacRitchie F, 2002. Lupin flours as additives: dough mixing, breadmaking, emulsifying, and foaming. *Cereal chemistry* 79(5): 662-669.
- Rampertab SD and Mullin GE, 2014. *Celiac disease*, Springer, New York.
- Rumiyati R, James AP and Jayasena V, 2015. Effects of lupin incorporation on the physical properties and stability of bioactive constituents in muffins. *International Journal of Food Science Technology*. 50(1): 103-110.
- Shalini KG and Laxmi A, 2007. Influence of additives on rheological characteristics of whole-wheat dough and quality of Chapatti (Indian unleavened Flat bread) Part I—hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*. 21(1): 110-117.
- Smidsrød O and Grasdalen H, 1982. Some physical properties of carrageenan in solution and gel state. *Carbohydrate Polymers*. 2(4): 270-272.
- Sumnu G, Turabi E and Sahin S, 2010. The effects of xanthan and guar gums on staling of gluten-free rice cakes baked in different ovens. *International Journal of Food Science Technology*. 45(1): 87-93.

The effect of the lupine flour and corn starch on the rheological properties of dough, texture and organoleptical properties of gluten-free cake

M Peyrovani¹, M Salehifar^{2*} and N Karimian Khosroshahi³

Received: October 20, 2018

Accepted: May 12, 2019

¹ MSc Student, Department of Food Science and Technology, shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³ MSc in Food Sciences & Technology, Food and Drug Deputy, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

*Corresponding author: E mail: salehifarmania@yahoo.com

Introduction: Celiac disease is one of the food intolerance disorders in the world. This disease is provoked in genetically susceptible individuals by dietary exposure to wheat gluten and similar proteins in other closely related cereals. The only effective treatment is strict adherence to a 100% gluten free diet for life (Malekzadeh and Shakeri 1386). Patients with Celiac disease should avoid taking gluten-based products (Rampertab and Mullin 2014). Therefore, planning for the production of gluten-free products and their improvement is of particular importance. Lupine or lupines (North America), is a genus of flowering plants in the legume family. Lupine is a leguminous plant that has been studied in this study as a rich source of protein and dietary fiber on the characteristics of gluten-free cake (Kohajdova et al., 2011). The objective of this study was to evaluate the effects of lupine flour (5, 10 and 15%) as a rich source of protein (about 42%) and dietary fiber (about 40%), corn starch (85, 90 and 95%), guar and carrageenan gums (1, 1.5 and 2%) on cake tissue (first and fifteenth days) and organoleptic properties of cake (odour, taste, texture, color and overall acceptance). By adding lupine flour to corn starch and guar and carrageenan gums, gluten-free cake was produced and the optimum formula was obtained with 15% lupine, 85% corn starch, 1% guar gum and 1% carrageenan gum.

Material and methods: In this study, the effects of lupine flour, corn starch, guar and carrageenan gums on cake tissue and organoleptic properties were investigated. Lupine flour was purchased from Markal LTD, France. Guar gum from Gum Chemicals LTD, India and carrageenan gum from MSC, Korea. Mono- Diglyceride, gluten-free baking powder, corn starch, oil, salt, sugar and vanilla were prepared by the Nan Sahar group. Cake production was also produced at the Nan Sahar Institute. The cooking temperature was 180°C and the cooking time was 25 minutes. After cooking, they were cooled for 40 minutes at ambient temperature and packed in polyethylene bags.

In the present study, 20 formulations produced according the mixture design (D- optimal) approach and the effect of Lupine flour (5, 10 and 15%), corn starch (85, 90 and 95%), guar and carrageenan gums (1, 1.5 and 2%), on the viscosity of dough, tissue and sensory evaluation of cake were investigated. Tests were performed in three replications. Analysis of variance (ANOVA) and comparisons of treatments were done using Combined Design, by Design Expert 7.1.5 software.

Results and discussion: This research was designed, analyzed and optimized by using the Design-Expert software, Combined D-Optimal Design. ANOVA results showed that fitted models for responses were meaningful ($p < 0.05$). Therefore, the accuracy of the model was confirmed for fitting the information. High content of dietary fiber in lupine flour, by absorbing more water, prevents hardness of the cake tissue and reducing the staling process. Dietary fibre is one of the most important

food ingredients used in nutritional and functional foods as it is one of the first ingredients to be associated with the health trend in the 1980s, particularly in bakery and cereal products. Guar and carrageenan gums increase tissue hardness because the gums strengthened the walls of cells forming cavities inside the cake structure. After 15 days, tissue hardness was lower in samples with high lupine. The results of viscosity measurements showed that Lupine flour due to its lack of gluten, reduced viscosity and guar and carrageenan gums, with more water absorption increased viscosity. The results of texture measurement showed that Lupine flour, guar and carrageenan gums reduces the hardness of the tissue. The results of sensory evaluations showed that lupine flour and guar gum improves these properties, but carrageenan gum did not affect the improvement of these. Investigating the effects of Lupine flour on the taste, odour, color, tissue and overall acceptance of gluten-free cakes showed that the increase in Lupine flour had a significant effect on them. The protein contained in the lupine flour and glucose in the formulation of gluten-free cake as Millard's precursor compounds, and with the help of the Millard reaction, improves taste and aroma in the gluten-free product. High content of carotenoids in Lupine flour, improved the appearance of the color. Soluble fiber in lupine flour improves the texture and creates a more acceptable tissue for the product. The overall acceptance of samples increased with increasing level of lupine flour.

Conclusion: The results of this study showed that the addition of lupine flour to corn starch and guar and carrageenan gums have positive effects on the texture and sensory properties of gluten-free cake. Lupin flour is not only high in dietary fibre but it is also high in protein contents (41–44%) which make it a unique ingredient of high nutritional and commercial value. According to the results, formulation with 15% Lupine flour, 85% corn starch, 1% Guar and 1% carrageenan gums, had a good viscosity, and the tissue was softer and more acceptable and received the highest overall acceptance rating and was selected as the optimal formulation. Lupin flour has shown potential for the manufacture of a range of fibre-enriched products with high consumer acceptability. Consumption of lupin flour-enriched foods has been proven to have many health benefits. Bread prepared by adding lupin flour helped in reducing blood pressure and cardiovascular risk. Addition of lupin fibre to the diet provided favourable changes to some serum lipid measures in men which suggested this novel ingredient may be useful in the dietary reduction of coronary heart disease risk. Breakfasts with lupin flour-enriched bread resulted in significantly higher self-reported satiety and lower energy intake at lunch than normal breakfast. Increasing both protein and fibre intakes, at the expense of refined carbohydrate, may benefit blood pressure. Lupin flour, which is high in both protein and dietary fibre contents, could be an ideal food ingredient that can be used to get the combined effect of protein and fibre in lowering the blood pressure. As compared with other natural protein and dietary fibre sources, lupin flour is lower in

cost. Therefore, substitution of sweet lupin flour would improve the nutritional value and quality of muffins at economically affordable price.

Keywords: Celiac, Corn starch, Gluten-free cake, Lupine Flour