بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی خمیر حاصل از آرد بلوط و اینولین

زهره مختاری[۱]، امان محمد ضیائی فر[۲*]، مهران اعلمی [۳]، مهدی کاشانی‌نژاد [۴]، سارا آقاجان‌زاده سورکی [۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
٤- استاد گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۵- دانشجوی دکتری گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(تاریخ دریافت: ۹٦/۰۳/۰٤ تاریخ پذیرش: ۹٦/۰٤/۲۷)

چکیده

آرد بلوط بواسطه دارا بودن خواص تغذیه‌ای و درمانی بالا می‌تواند در تهیه محصولات فاقد گلوتن برای بیماران سیلیاک مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، استفاده از اینولین به عنوان یک ترکیب پریبیوتیک و فیبر محلول در غنی‌سازی محصولات پخت فاقد گلوتن کاربرد دارد. در این پژوهش، آرد بلوط در پنج سطح مختلف (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد)به عنوان جایگزین آرد برنج و اینولین در چهار سطح متفاوت (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) جهت غنی‌سازی به خمیر افزوده شد. برخی از خواص فیزیکوشیمیایی (محتوای رطوبتی، دانسیته و پارامترهای رنگ) و همچنین خواص رئولوژیکی (ضریب قوام و اندیس رفتار جریان) خمیر کیک مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که افزایش درصد آرد بلوط و اینولین موجب کاهش میزان روشنایی و همچنین افزایش میزان قرمزی و زردی رنگ خمیر کیک شد. با افزایش درصد آرد بلوط و اینولین افزوده شده محتوای رطوبتی و دانسیته نمونه‌های خمیر نسبت به نمونه شاهد به ترتیب افزایش و کاهش یافتند. نتایج حاصل از مطالعه رفتار رئولوژیکی نشان داد که نمونه‌ها دارای رفتار رقیق شونده با برش (سودوپلاستیک) بودند. همچنین با استفاده از مدل‌های پاورلا و هرشل بالکلی مشخص شد که افزودن اینولین و آرد بلوط به خمیر کیک، مقدار ضریب قوام (k) و اندیس رفتار جریان (n) به ترتیب افزایش و کاهش یافت.

کلید واژگان:خمیر کیک، آرد برنج، آرد بلوط، اینولین، خواص فیزیکی و شیمیایی.

*مسئول مکاتبات: Ziaiifar@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

۱- مقدمه

سیلیاک[1] یک بیماری ارثی و یک اختلال خود ایمنی است که به علت حساسیت سیستم گوارشی این افراد به بخش پرولامین[2] پروتئین موجود در گندم (گلوتن) می‌باشد. با توجه به جایگاه ویژه محصولات پختی در رژیم غذایی، بهبود خواص تغذیه‌ای و کیفی محصولات غذایی فاقد گلوتن[3] برای این بیماران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱]. چرا که این محصولات به علت فقدان گلوتن، دارای کیفیت پایین‌تری نسبت به محصولاتی حاوی گلوتن دارند. در نتیجه فقدان پروتئین‌های تشکیل دهنده شبکه ویسکو الاستیک[4] (گلوتن) کاهش کیفیت تکنولوژیکی محصولات مانند سفتی بافت، کم شدن حجم و تسریع بیاتی اجتناب ناپذیر است. با توجه به افزایش جمعیت بیماران مبتلا به سیلیاک، امروزه تولید محصولات فاقد گلوتن در صنعت غذا مورد توجه قرار گرفته است. در صورت غنی‌سازی و اصلاح مواد غذایی از طریق افزودن ویتامین‌ها، مواد معدنی، فیبرها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و یا کاهش مقدار شکر و چربی موجود در آن‌ها محصولات غذایی فراسودمند[5] تولید می‌گردد [۲]. تحقیقات نشان می‌دهند که مصرف مداوم این دسته از محصولات دارای اثرات فیزیولوژیکی مثبتی بر سلامت انسان می‌باشند. بنابراین، می‌توان با غنی‌سازی محصولات فاقد گلوتن با ترکیباتی همچون اینولین[6] و آرد بلوط محصولات غذایی فراسودمند برای این افراد تولید نمود.

بلوط دارای ۷۰ درصد نشاسته، ۲ تا ۹ ٪ پروتئین، ۳٪ چربی (شامل ۸۰ ٪ اسیدهای چرب غیر اشباع)، الکترولیت‌های[7] مختلف مانند کلسیم، منیزیوم و ویتامین‌های گروه B و E می‌باشد [۳, ٤]. میوه بلوط در درمان بیماری‌های مختلف مانند اسهال نقش موثری دارد [۵]. در کشورهای مختلف جهان از میوه درخت بلوط در تولید محصولات غذایی فرآوری شده متنوعی استفاده می‌گردد؛ به طور مثال، از این میوه به عنوان منبع تامین کننده نشاسته، تولید نوعی نوشیدنی به عنوان جایگزین قهوه، تهیه غذای سنتی بسیار رایج تحت عنوان موک[8] و همچنین از پوست آن در تولید محصولات پختی متفاوت مانند نان نیز استفاده می‌شود [٤، ٦]. استفاده از آرد بلوط به عنوان جایگزین آرد گندم در محصولات فاقد گلوتن به دلیل دارا بودن محتوای بالای فیبری می‌تواند موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیکی محصول گردد[۷]. اما استفاده از آرد بلوط موجب ایجاد طعمی تلخ در محصولات غذایی می‌گردد که دلیل این امر بالا بودن مقدار تانن[9] موجود در این میوه می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که اعمال تیمار حرارتی روی بلوط می‌تواند موجب کاهش مقدار تانن، تجزیه گالیک اسید[10] و فعال شدن ترکیبات آنتی اکسیدانی در محصولات پختی گردد [۸]. اثر آرد بلوط بر خواص رئولوژیکی نان فاقد گلوتن به عنوان جایگزین نشاسته سیب‌زمینی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که جایگزینی ۲۰ درصد آرد بلوط در نان فاقد گلوتن موجب بهبود خواص فیزیکوشیمیایی محصول تولیدی شد، اما با افزایش درصد آرد بلوط (بیش از ۲۰ درصد) ویژگی‌های کیفی محصول کاهش یافت [۹]. ترکیبات موجود در آرد شاه بلوط علاوه بر اثراتی که بر خواص تغذیه ای محصول و سلامتی انسان دارد موجب بهبود خواص عملکردی خمیر می‌شود. بالا بودن مقدار فیبر در این آرد بر خواص امولسیفایری[11]، پایدارکنندگی و بافت‌دهندگی خمیر نان به دست آمده تاثیر بسزایی دارد؛ علاوه بر این، مطالعات نشان می‌دهند که استفاده از آرد شاه بلوط موجب بهبود رنگ، عطر و طعم محصولات پختی فاقد گلوتن شد [۲۸].

استفاده از آرد شاه بلوط در مقادیر بالا در محصولات غلاتی موجب سفت شدن بافت، کم شدن حجم، تیره شدن رنگ و ایجاد طعم تلخ در محصول شد [۱۰]. نتایج حاصل از مطالعه جایگزینی آرد شاه بلوط با آرد برنج در نان فاقد گلوتن موجب بهبود خواص کیفی نان مانند کاهش سفتی بافت و افزایش حجم در محصولات پختی شد که این امر به محتوای بالای فیبر آرد شاه بلوط نسبت داده شد [۱۱]. جایگزینی بخشی از نشاسته با آرد

1. Celiac
2. Prolamin
3. Gluten
4. Viscoelastic
5 .Functional Food
6. Inulin
7. Electrolyte
8. Mook
9. Tannin
10. Galic acid
11. emulsifying

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

بلوط در فرمولاسیون نان فاقد گلوتن بـه صـورت چـشمگیری در خواص رئولوژیکی خمیر نان تاثیرگـذار بـود [۹].تـاثیر اسـتفاده از آرد شاه بلوط بر ویژگی‌های کیفی بیسکوئیت فاقـد گلـوتن مـورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که افـزودن ایـن آرد به مقدار مشخصی (٤۰ درصد جایگزین آرد برنج) موجـب بهبـود ویژگی‌های کیفی محصول شد [۲].

اینولین یک فیبر محلول است که به عنوان یک مـاده فـرا سـودمند در فرمولاسیون محصولات پختی مورد استفاده می‌گیرد. اینولین به عنوان جایگزین شکر و چربـی و در نتیجـه کـاهش میـزان کـالری محصولات غذایی می‌گردد. افزودن اینولین به ماده غذایی به دلیل افزایش رشد و فعالیت باکتری‌های روده‌ای مثلا بیفیدیو بـاکتریوم[۱۲] موجب ایجاد اثرات پریبیوتیکی [۱۳] در محصولات غذایی می‌گردد. تحقیقـات انجـام شـده نـشان مـی‌دهـد کـه مـصرف اینـولین در فرمولاسـیون محـصولات غـذایی دارای اثـرات سـلامت بخـش بسیاری از جمله کاهش ابتلا به سرطان روده بزرگ می‌باشد [۵۱].

استفاده از اینولین در محصولات فاقد گلـوتن بـه دلیـل دارا بـودن اثرات مثبت بر خواص فیزیکوشـیمیایی محـصولات پختـی ماننـد نرم‌تر شدن بافت، بهبود طعـم و مـزه و افـزایش مـدت مانـدگاری محصول پیشنهاد می‌گردد [۱۲]. اسـتفاده از اینـولین در سـال‌هـای اخیر خصوصا در فرآورده‌های نانی مورد توجه قرار گرفتـه اسـت. نتایج تحقیقات موسکاتو و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که افـزودن اینولین موجب بهبود ویژگی‌های کیفی کیک شکلاتی شد. در ایـن تحقیق افزودن شش درصد اینولین بـه فرمولاسـیون سـبب بهبـود چسبندگی خمیر و حجم مخصوص نمونه‌های کیک در مقایسه بـا نمونه شاهد شد [٤۸]. ویتالی و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر اسـتفاده از انواع مختلفی از فیبرهای غذایی از قبیـل آرد سـویا، فیبـر سـیب و اینولین را بر ویژگی‌های تغذیـه‌ای بیـسکوئیت بررسـی کردنـد. در این تحقیق مشاهده شد که استفاده از اینولین سـبب بـروز کاهـشی چشمگیر در مقدار کلـی انـرژی در بیـسکوئیت تهیـه شـده (٤۱۲ کیلوکالری) نسبت به نمونه شاهد (٤٤۵ کیلـو کـالری) شـد [۵٦].

12. *Bifidobacteria*.
13. Prebiotic

تاثیر افزودن کنگر فرنگی به عنوان منبع غنـی از اینـولین در تولیـد کیـک کـم کـالری موجـب بهبـود ویژگـی‌هـای فیزیکوشـیمیایی نمونه‌های کیک حـاوی ایـن ترکیـب (۲۵٪ جـایگزینی چربـی) در مقایسه با نمونه شاهد شد [۵۰]. همچنین اثـرات ناشـی از افـزودن اینولین و الیگو فروکتوز[۱٤] بـر کیـک پرتقـالی مـورد بررسـی قـرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که به دلیـل افـزایش شـدت وقـوع واکنش میلارد ناشی از حضور اینولین، رنگ پوسـته کیـک حـاوی این ترکیب نسبت به نمونه شاهد قهوه ای تر شد [۵۷].

بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر محصولات پختی مانند کیک نقش تعیین کننده‌ای بر ویژگی‌های کیفی آن‌ها مانند حجم، بافت و تخلخل دارد. خصوصیات رئولـوژیکی خمیـر محـصولات پختـی تحت تاثیر فاکتورهای متفـاوتی از جملـه نـرخ بـرش[۱۵]، ترکیبـات محصول (نوع و غلظت مواد تشکیل دهنده) و مقدار هوای تلفیـق شده و دما بستگی دارد. مقدار هوای تلفیق شده به زمـان، سـرعت مخلوط شدن، روش همزدن و مقدار کشش سطحی خمیر بـستگی دارد [۱۳]. خمیر کیک یک امولسیون روغـن در آب اسـت کـه بـا افزایش میزان هوادهی آن می‌توان محصولی با ساختار متخلخـل و بافت نرم تولید نمود. ویسکوزیته خمیر کیک به عنوان یک فـاکتور کلیدی نقش تعیین کننده‌ای در حجـم نهـایی محـصولات غلاتـی دارد؛ به طوری که سـرعت بـالا آمـدن حبـاب‌هـای هـوا ناشـی از نیروی شناوری [۱٦]، رابطه‌ای معکوس با ویسکوزیته دارد. علاوه بـر این، ویسکوزیته خمیر می‌تواند موجب افزایش نرخ انتقال حرارت بـه روش جابـه جـایی در حـین پخـت محـصول گـردد [۱٤]. ویسکوزیته پایین خمیر کیک موجب خروج گاز دی اکسید کـربن می‌شود بنابراین، حباب‌های هوا درون خمیر حفظ نشده در نتیجـه حجم نهایی محصول کاهش می‌یابد. اما، ویسکوزیته بـالای خمیـر کیک به حفظ حباب های هوا در حین پخت محصول کمک کـرده و بالا آمدن حباب هـای هـوا روی سـطح محـصول را بـه تعویـق

14. Oligofructose
15. Shear rate
16. Bouyancy force

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

می‌اندازد [۱۵]. از طرفی، اگر ویسکوزیته خمیر کیک خیلی بالا باشد می‌تواند مانع از انبساط و افزایش مطلوب حجم خمیر کیک در حین پخت گردد [۱۶]. از این رو، بررسی و مطالعه خواص رئولوژیکی خمیر محصولات پختی به منظور تولید محصولی با حجم و خواص فیزیکی مطلوب حائز اهمیت می‌باشد [۱۷، ۱۸]. تحقیقات نشان داد که با کاهش وزن مخصوص خمیر و افزایش هوادهی در خمیر کیک در نتیجه حجم نهایی محصول افزایش یافت. این در حالی است که ویسکوزیته پایین خمیر کیک موجب کاهش حجم نمونه و سفت شدن بافت آن شد [۱۷،۱۸]. محققان بیان کردند که خمیر کیک با فرمولاسیون‌های مختلف از نظر خصوصیات رئولوژیکی جز سیالات غیرنیوتنی رقیق شونده با برش (سودوپلاستیک[17]) در نظر گرفته می‌شوند که معمولا از مدل‌های رئولوژیکی پاورلا[18] و کاسون[19] تبعیت می‌کنند [۱۵، ۱۹]. با توجه به پایین بودن کیفیت کیک فاقد گلوتن، ارزش تغذیه‌ای بالای آرد بلوط و با توجه به اثرات پریبیوتیکی اینولین، هدف از این پژوهش بررسی اثرات مقدارهای مختلف آرد بلوط به عنوان جایگزین آرد برنج و اضافه کردن اینولین جهت غنی-سازی محصول می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

آرد برنج (رقم طارم) از فروشگاه استرآباد شهرستان گرگان خریداری شد. آرد حاصل از بلوط تلخی زدایی شده (*Q. brantii*) از کارخانه کوبودنا شهرستان یاسوج تهیه گردید. سایر مواد اولیه پایه کیک روغن گیاهی، شکر، تخم مرغ، وانیل، آب و بکینگ پودر از فروشگاه‌های معتبر شهرستان گرگان خریداری شدند. اینولین از شرکت فودکم[20] چین تهیه گردید.

۲-۲- آماده‌سازی نمونه

دستور تهیه خمیر کیک بر طبق روش اصلاح شده بنونین و همکاران (۱۹۹۷) با اندکی تغییرات در مقدار ماده اولیه که حاوی ۱۰۰ گرم آرد برنج،۷۲ گرم پودر قند، ۷۲ گرم تخم مرغ، ۵۷ گرم روغن گیاهی، ۳۰ گرم آب و ۲ گرم بکینگ پودر (همه درصدهای مواد مورد استفاده در فرمول بر پایه ۱۰۰٪ آرد برنج) می‌باشد. آرد بلوط در ۵ سطح ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد جایگزین آرد برنج و اینولین در چهار سطح ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به ترکیبات کیک افزوده شد. کیک بدون آرد بلوط و فاقد اینولین به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته می‌شود [۲۰]. محتوای رطوبت، خاکستر، چربی، پروتئین و فیبر آرد برنج و آرد بلوط اندازه‌گیری شد (جدول۱).

جهت تولید کیک، ابتدا شکر و روغن با دور متوسط همزن به مدت سه دقیقه به خوبی مخلوط شد. سپس تخم مرغ‌ها به این مخلوط اضافه شده و با دور تند همزن و به مدت پنج دقیقه به خوبی همزده شدند. در ظرفی دیگر، مواد اولیه خشک شامل آرد برنج، آرد بلوط، اینولین، وانیل و بکینگ پودر به طور کامل با یکدیگر مخلوط شدند. در این مرحله ترکیبات خشک فرمول به طور همزمان به این مخلوط اضافه شده و به مدت یک دقیقه با دور پایین همزن مخلوط شدند. آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی بلافاصله پس از تهیه خمیر کیک انجام گردید.

۲-۳- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی خمیر کیک

۲- ۳-۱- آزمون‌های آرد

رطوبت مطابق روش،(1999)15- 44 AACC [۲۱]، خاکستر مطابق روش (1999) AACC 08-01، پروتئین آرد طبق روش (1999) AACC 46-12 اندازه‌گیری شد[۲۲]. برای اندازه‌گیری پروتئین، مقدار کل ازت اندازه‌گیری و از طریق فاکتور مربوط پروتئین برنج (۵،۹۹) و بلوط (۶،۱۲) محاسبه شد [۲۳]

17. Pseudoplastic
18.Power law model
19. Cassonmodel
20. Foodchem

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

Table 1 Chemical characteristics of acorn and rice flours

Fiber (%)	Ash (%)	Moisture content (%)	Protein (%)	Fat (%)	Sample
0.20	0.09	9.22	9.30	0.82	Rice flour
2.82	0.74	7.30	5.15	7	Acorn flour

۲- ۳- ۲- رطوبت خمیر کیک

رطوبت خمیر کیک با استفاده از روش AACC 44-15(1999) تعیین شد. در این روش سه تا پنج گرم از نمونه خمیر بلافاصله پس از تهیه درون ظرف فلزی مخصوص اندازه‌گیری رطوبت انتقال داده شد و در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. پس از سرد شدن در دسیکاتور و توزین مجدد میزان رطوبت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$Moisture\ content(\%) = \frac{(W_2 - W_1)}{m} \quad (۱)$$

در این رابطه W_1 و W_2به ترتیبوزن (بر حسب گرم) ظرف حاوی نمونه قبل و بعد از خشک شدن و نیز m بیانگر وزن (بر حسب گرم) خمیر قبل از خشک کردن می‌باشد.

۲-۳-۳- اندازه‌گیری دانسیته خمیر

بلافاصله بعد از تهیه خمیر کیک، حجم ۳۰ گرم از نمونه با استفاده از استوانه مدرج تعیین شد و میزان دانسیته خمیر با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

۲-۳-٤- ارزیابی رنگ خمیر

جهت بررسی تغییرات رنگ خمیر کیک آماده شده از روش پردازش تصویر استفاده شد. برای این منظور، عکس‌برداری از نمونه بلافاصله بعد از تهیه خمیر و با استفاده از اسکنر (مدل scanjet G2710, HP, USA)با رزولوشن ۲۰۰ dpi انجام شد. به منظور جلوگیری از بازتاب نور در فضا، سطح اسکنر با استفاده از یک جعبه با دیواره‌های مشکی پوشیده شد. عکس‌های گرفته شده با فرمت JPEG ذخیره شدند و با استفاده از نرم‌افزار Image J (نسخه ۱,٤۲ e)پردازش تصویر جهت تعیین سه شاخص رنگی *L، *a و*b انجام گرفت. مقدار *L بیانگر میزان روشنایی می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خاص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص *a نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبزخالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) است. شاخص*b میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن بین ۱۲۰ - (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) است [۲٤].

۲ - ۳- ۵- تعیین خواص رئولوژیکی خمیر

ویسکوزیته خمیر کیک با استفاده از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد ساخت آمریکا (مدل DV-II متصل به Helipath) اندازه‌گیری شد. ویسکوزیته و گشتاور هر نمونه پس از گذشت مدت زمان نسبت کوتاه (یک دقیقه) در دورهای مختلف در دامنه ۱۰ تا ۲۰۰ rpmاندازه‌گیری شد. داده‌های تنش برشی، کرنش برشی و ویسکوزیته ظاهری پس از انجام آزمون محاسبه شد. در این آزمون، اندازه‌گیری پارامترهای رئولوژیکی در کرنش برشی s^{-1} ۱۰۰-۱ و با استفاده از اسپیندل به شماره S.06 و در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) انجام شد. برای تعیین پارامترهای رئولوژیکی خمیر کیک در هنگام انجام آزمون مقدارهای گشتاور(N_i)، ویسکوزیته و دوراسپیندل یسکومتر بر حسب دور در دقیقه (rpm) یادداشت می‌شود. برای تعیین مقدار تنش برشی (σ) از معادله ۳ استفاده گردید.

K_σمقدار ضریب تبدیل تنش برشی می‌باشد که مقدار آن بر حسب شماره اسپیندل استفاده شده در آزمون (جدول۲) و با استفاده از روش میچکا تعیین می‌شود [۲۵].

$$\sigma = N_i \times K_\sigma \quad (۳)$$

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

Table 2 Shear stress conversion factors inspindle number

spindle number	K_σ
1	0.035
2	0.119
3	0.297
4	0.539
5	1.05
6	2.35
7	8.40

بعد از مرحله تعیین تنش برشی با استفاده از مقدار لگاریتم سرعت چرخشی (rpm)به لگاریتم تنش برشی خمیر نمودار خطی رسم شد و با توجه به ضریب تبدیل تنش برشی و با استفاده از شیب خط معادله نمودار (n) ومقدار ضریب مناسب ($K_{n\gamma}$) (جدول۳) و
با استفاده از معادله ٤ کرنش برشی محاسبه می‌شود.

$$\gamma_i = K_{n\gamma}.N_i \quad (٤)$$

Table 3 Line slope (n) and values of $K_{n\gamma}$ for spindle No. 6

n	$K_{n\gamma}$
0.1	1.366
0.2	0.851
0.3	0.629
0.4	0.503
0.5	0.421
0.6	0.363
0.7	0.320
0.8	0.286
0.9	0.260
1	0.238

داده‌های تنش برشی و کرنش برشی با برازش اطلاعات رئولوژیکی به دست آمده با مدل‌های پاورلا (رابطه ٥) و هرشل بالکلی (رابطه ٦) تخمین زده شد [٢٦].

$$(٥)\quad \tau = \kappa(\gamma)^n$$

$$(٦)\quad \tau = \tau_0 + k(\gamma)^n$$

که در این روابط شاخص قوام (K)و شاخص رفتار جریان (n) می‌باشند.

٢-٣-٦- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق کلیه آزمون‌ها در دو تکرار انجام گرفت. داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با استفاده از قالب طرح فاکتوریل کاملا تصادفی تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه۳,۱,۹) انجام گرفت. جهت رسم نمونه‌ها و برازش مدل‌های رئولوژیکی از نرم‌افزارهای Excel ۲۰۱۳ و Curve expert (نسخه ۱,۳) استفاده شد.

٣- نتیجه و بحث

٣-١- رطوبت خمیر کیک

مطابق شکل (١)، به طور کلی با افزایش درصد آرد بلوط محتوای رطوبتی خمیر کیک کاهش می‌یابد. این در حالی است که نمونه‌های حاوی آرد بلوط دارای میزان رطوبت بالاتری نسبت به نمونه شاهد بودند($p<۰/۰۵$). اضافه کردن اینولین به فرمولاسیون جهت غنی‌سازی خمیر فاقد گلوتن موجب کاهش محتوای رطوبتی خمیر نسبت به نمونه شاهد شد ($p<۰/۰۵$). توانایی پیوند با آب در محصولات غذایی به واکنش بین ترکیبات غذایی و مولکول‌های آب بستگی دارد [٢٧]. حضور فیبرهای گیاهی در محصولات غذایی مانند آرد بلوط، موجب تغییر جذب آب و متورم شدن خمیر می‌گردد، چرا که فیبر موجود در آرد بلوط با ایجاد باندهای هیدروژنی با آب پیوند داده و ظرفیت نگه‌داری خمیر برای حفظ رطوبت را افزایش می‌یابد [٢٨]. بنابراین، بالا بودن فیبر در آرد بلوط نسبت به آرد برنج موجب افزایش جذب رطوبت در محصول نهایی می‌شود. محققین گزارش دادند که بالا بودن محتوای فیبر آرد شاه بلوط، به دلیل تشکیل توده‌ای با خاصیت هیدروفیلیکی[21] بالا، موجب کاهش آب آزاد در دسترس در خمیر بیسکوئیت شد [٥٢]. دمریکسن و همکاران (٢٠١٠) گزارش کردند حضور فیبر در آرد بلوط موجب افزایش محتوای رطوبتی کیک فاقد گلوتن شد، این در حالی است که افزایش زیاد

21. Hydrophilic

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

میزان این فیبر می‌تواند موجب کاهش کیفیت محصولات پختی گردد [۲۹]. استفاده از آرد شاه بلوط به عنوان جایگزین آرد گندم تا نسبتی معین در نان فاقد گلوتن موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول نسبت به محصولات حاوی گلوتن شد که علت این امر به حضور فیبر بالا در آرد شاه بلوط نسبت داده شد؛ زیرا، فیبر موجود در این آرد مانع از افت رطوبت در محصول می‌شود. [۲٦, ۳۰]. افزایش پیوندهای هیدروژنی بین فیبر و نشاسته در خمیر نان فاقد گلوتن حاوی آرد شاه بلوط موجب به تاخیر افتادن رتروگراداسیون[22] نشاسته و در نتیجه افزایش ویژگی‌های کیفی محصول گردید [۱۱].

محققان میزان بیاتی نان فاقد گلوتن (حاوی آرد شاه بلوط و برنج) را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که با جایگزین کردن آرد شاه بلوط به جای آرد برنج میزان رطوبت محصول نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت که دلیل آن را می‌توان به بالا بودن ظرفیت اتصال به آب در آرد شاه بلوط نسبت داد که نتیجه این امر به تعویق افتادن روند بیاتی در نمونه‌های حاوی این آرد بود [٥٤،٥۳].

نتایج به دست آمده از این بررسی نشان دادند که با افزایش مقدار اینولین، محتوای رطوبتی خمیر کیک نسبت به نمونه شاهد به میزان قابل توجهی کاهش یافت ($p<۰/۰٥$). اینولین به عنوان یک فیبر محلول و یک ماده جاذب الرطوبه در ساختار خمیر توانایی برقراری پیوندهای زیاد هیدروژنی با آب آزاد موجود در فرمولاسیون خمیر را داراست [۱۲, ۳۲]. این امر موجب کاهش میزان رطوبت ناشی از وجود آب آزاد در محصول می‌گردد. اثر حضور اینولین در خمیر و نان آرد گندم مورد مطالعه قرار گرفت و کاهش رطوبت در محصول نهایی به علت حضور اینولین مشاهده شد [۳۳]. علت این امر به توانایی اینولین در تشکیل میکروکریستال‌هایی جهت محبوس کردن آب در داخل شبکه‌های خود و در نتیجه کاهش رطوبت در محصول نهایی می‌باشد [٤۹]. اثر اضافه کردن اینولین روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نان فاقد گلوتن و گلوتن‌دار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که اضافه کردن اینولین به محصول موجب کاهش رطوبت در محصول نهایی شد [۳٤].

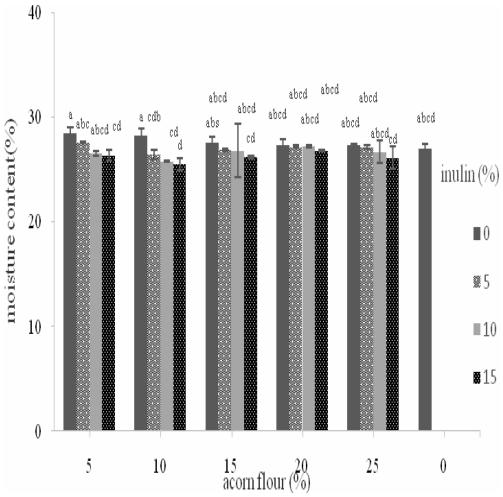


Fig 1 Effect of acorn flour and inulin on moisture content of cake batter

۳-۲- رنگ خمیر

با توجه به شکل‌های ۳ و٤، میزان قرمزی (اندیس *a) و زردی (اندیس *b) رنگ نمونه‌های خمیر کیک با افزایش درصد آرد بلوط و اینولین نسبت نمونه شاهد افزایش یافتند ($p<۰/۰٥$). از این جهت، مطابق شکل ۲، با افزایش درصد آرد بلوط و اینولین میزان روشنایی (اندیس * L) رنگ خمیر کیک نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت که به معنی افزایش میزان تیرگی رنگ خمیر کیک است ($p<۰/۰٥$). علت این امر وجود کروستین [23] در آرد بلوط است که به عنوان یک کاروتنوئید محلول در آب شناخته می‌شود [۲۹].

بنابراین افزایش میزان تیرگی، قرمزی و زردی نمونه‌های خمیر حاوی آرد بلوط را می‌توان به وجود این رنگدانه نسبت داد . محصولات فاقد گلوتن دارای رنگ روشن‌تری نسبت به نمونه-های حاوی این پروتئین می‌باشند؛ بنابراین، افزودن آرد بلوط به فرمولاسیون خمیر کیک فاقد گلوتن می‌تواند موجب بهبود رنگ، کیفیت ظاهری و در نتیجه افزایش بازارپسندی این دسته از محصولات گردد [۳٤].

22. Retrogradation

23. Crocetin

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

تیره شدن رنگ بیسکوئیت حاوی آرد شاه بلوط، به دلیل وجود رنگدانه‌های طبیعی موجود در این آرد، موجب افزایش پذیرش کلی مصرف‌کنندگان شد [۵۲]. نتایج مطالعات انجام شده روی کیک فاقد گلوتن حاصل از آرد شاه بلوط و برنج نشان داد که با افزایش درصد آرد بلوط میزان روشنایی پوسته کیک (اندیس L*) کاهش و میزان زردی و قرمزی رنگ محصول افزایش یافت [۲۹]. میزان شدت رنگ در نان حاوی اینولین نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت که آن را می‌توان به بالا بودن میزان قندهای احیا کننده در ساختار اینولین نسبت داد [۳۵].

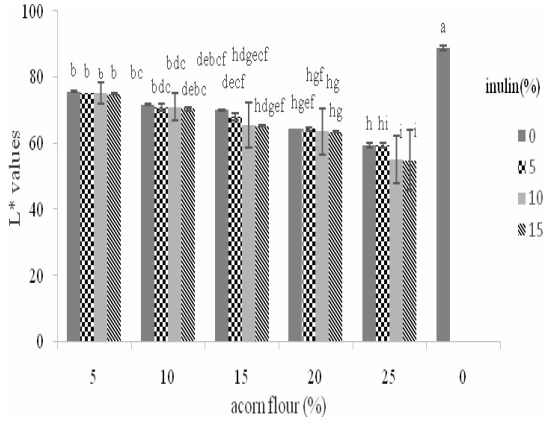


Fig 2 Effect of acorn flour and inulin on lightness values (L*) of the cake batter

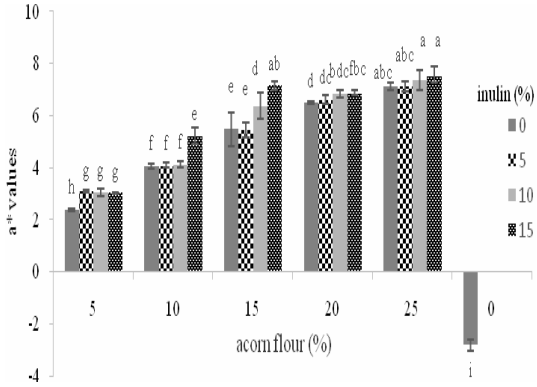


Fig 3 Effect of acorn flour and inulin on the a*values of the cake batter

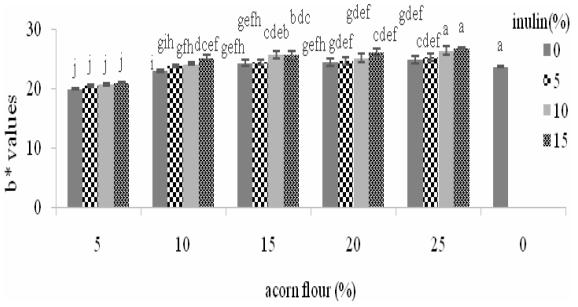


Fig4 Effect of acorn flour and inulin on the b* values of the cake batter

۳-۳- دانسیته خمیر

همان طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود دانسیته خمیربا افزایش درصد آرد بلوط نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت($p<۰/۰۵$). حضور فیبر به مقدار بالا و نوع پروتئین در آرد بلوط باعث افزایش پیوند آرد بلوط با آب در ترکیبات خمیر شد که نتیجه‌ی آن محدود شدن ژلاتینه شدن نشاسته و کاهش حجم نمونه و در نهایت افزایش میزان دانسیته خمیر شد [۲۹]. با افزایش درصد اینولین در نمونه‌های خمیر مقدار دانسیته نمونه‌ها کاهش یافت.

حضور اینولین در خمیر فاقد گلوتن و تاثیر بر ویژگی‌های ارتجاعی خمیر و تغییر ویژگی‌های الاستیسیته آن موجب افزایش هوادهی درون ساختار خمیر در نتیجه افزایش حجم و کاهش دانسیته محصول گردید($p<۰/۰۵$). بنابراین بیشترین دانسیته (کم‌ترین حجم) مربوط به نمونه حاوی ۲۵٪ آرد بلوط و صفر درصد اینولین می‌باشد. دانسیته خمیر کیک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی و نشان دهنده تلفیق حباب‌های هوا در خمیر کیک می‌باشد [۳۶]. نتایج محققان روی دانسیته خمیر کیک گندم نشان داد که میزان هوادهی خمیر با مقدار دانسیته نسبت عکس دارد [۳۷]. بالا رفتن درصد آرد شاه بلوط در خمیر بیسکوئیت موجب افزایش ویسکوزیته خمیر و در نتیجه جلوگیری از تلفیق هوا در حین هم‌زدن و کاهش حجم آن شد [۵۵]. بالا بودن مقدار قند در آرد شاه بلوط موجب کاهش میزان آب آزاد و در نتیجه به تاخیر افتادن ژلاتینه شدن نشاسته در حین

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

فرایند پخت گردید که نتیجه آن کاهش حجم نان و کیک فاقد گلوتن حاوی آرد شاه بلوط بود [۲۸،۲۹].

اضافه شدن فیبرها موجب افزایش دانسیته خمیر نان گندم شد، اما این اثر بستگی به سطح و اندازه ذرات فیبرها در فرمولاسیون خمیر دارد[۳۸]. مطالعات نشان دادند که خمیر آرد برنج دارای ویسکوزیته کافی برای حفظ حباب‌های هوا نمی‌باشد [۲۹]. خمیر کیک حاوی آرد برنج (شاهد) دارای ویسکوزیته کافی برای جلوگیری از افت حباب‌های هوا نمی‌باشد. اضافه کردن اینولین به خمیر فاقد گلوتن موجب حفظ بیشتر حباب‌های دی‌اکسید کربن در حین هم‌زدن و جلوگیری از گریز آن‌ها در حین حرارت-دهی می‌گردد.

محققین گزارش دادند که افزودن اینولین به صورت جایگزین آرد در خمیر کیک برنج موجب افزایش هوادهی و در نتیجه کاهش دانسیته خمیر شد [۳۹]. عدم وجود گلوتن در خمیر کیک حاوی آرد بلوط موجب افزایش دانسیته ناشی از کاهش میزان حباب‌های هوا در ساختار خمیر و کاهش حجم نهایی خمیر گزارش شد [٤٠].

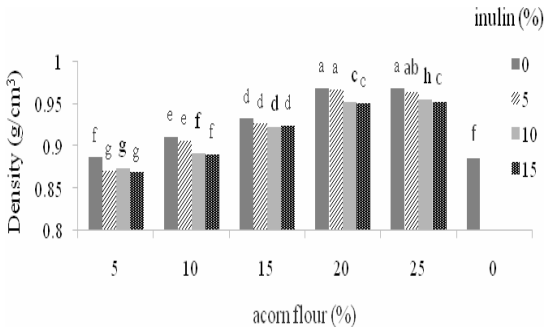


Fig 5 Efect of acorn flour and inulin on the density of the cake batter

۳-٤- خواص رئولوژیکی خمیر کیک

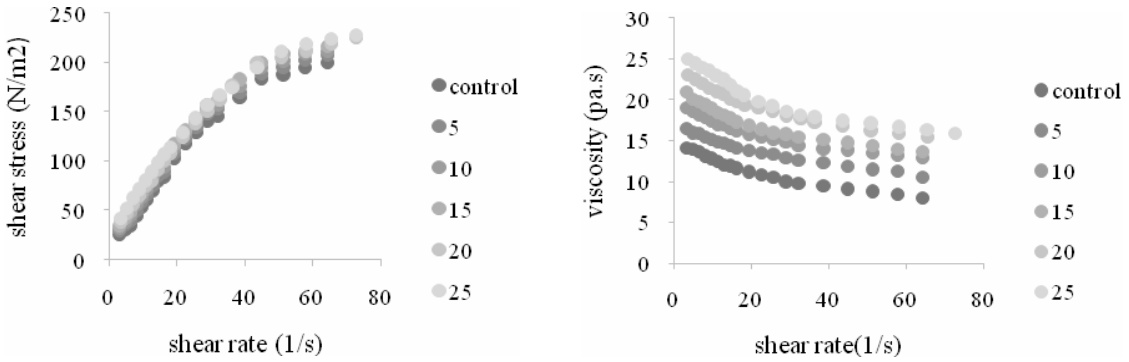
نتایج حاصل از مطالعه رفتار رئولوژیکی خمیر کیک‌ها با سطوح مختلف آرد بلوط و همچنین نمونه شاهد نشان داد که تمامی نمونه‌ها دارای رفتار غیر نیوتنی رقیق شونده با برش یا سودوپلاستیک داشتند (شکل ٦ الف). همان‌گونه که در شکل ٦ ب نشان داده شد، میزان ویسکوزیته خمیر با افزایش کرنش (s^{-1}) کاهش یافت که دلیل این امر افزایش میزان شکسته شدن پیوندهای موجود در ساختار ترکیبات خمیر در سرعت‌های بالاتر نیروی برشی اعمال شده می‌باشد [۲۸]. این رفتار اشاره بر این مطلب دارد که با افزایش مقدار کرنش برشی، اندیس رفتار جریان (n)افزایش می‌یابد[٤١]. نتایج نشان داد که مدل هرشل بارلکلی ضریب همبستگی[24] (R^2) بالا و خطا استاندارد[25] (SE) کمتری جهت توصیف و مطالعه خواص رئولوژیکی خمیر کیک‌های حاصل از مخلوط آرد بلوط و برنج مناسب بود. بر اساس این مدل، با افزایش میزان سطوح آرد بلوط جایگزین شده، مقدار شاخص جریان (n) کاهش و مقدار ضریب قوام و تنش حد به ترتیب در محدوده ٤٩/٨٢ تا ٦٩/٧٢ و ٦٣/٤٥ تا ٧٥/٦٢ افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). در واقع با افزایش درصد آرد بلوط نسبت به نمونه شاهد به طور چشمگیری مقدار ویسکوزیته افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که مدل پاورلا با ضریب همبستگی بالا (۹۹/.) برای تفسیر خواص رئولوژیکی خمیر دارای آرد بلوط و برنج مناسب می‌باشد. اما

نسبت به مدل هرشل بارلکلی دارای خطا بیشتری می‌باشد (جدول ۳). نتایج نشان دادند که مقدار ضریب قوام در محدوده ۲۳/٤٦ تا ۱۵/۲۵ می باشد که با افزایش درصد آرد بلوط مقدار ضریب قوام (k) افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). محققین بیان کردند که خمیر کیک تشکیل شده از آردهای مختلف گندم، جو، تریتیکاله، چاودار از مدل قانون توان پیروی کردند [۳۸]. مقدار شاخص جریان در محدوده ۰/٦۷-۰/۵۵ می‌باشد که با افزایش درصدهای مختلف آرد بلوط مقدار شاخص جریان(n) کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). با توجه به تاثیر شاخص قوام جریان خمیر بر حجم و کیفیت نهایی کیک مطالعه رفتار رئولوژیکی خمیر به دست آمده ضروری است [۱۵]. ویسکوزیته پایین خمیر موجب کاهش حجم خمیر می‌شود چرا که توانایی حفظ و نگهداری حباب های هوا در درون خمیر کاهش می‌یابد به طوری که در حین فرایند پخت محصول، حباب های هوا به سمت سطح خمیر حرکت کرده و خارج می شوند [٤٢]. از طرفی، بالا بودن بیش از حد ویسکوزیته خمیر مانع از انبساط مطلوب آن حین فرایند پخت می‌گردد که نتیجه این امر نیز کاهش حجم محصول پخته شده می‌باشد.

24. Correlation Coefficient
25. Standard Error

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

بنابراین، توجه به تولید خمیری بـا ویـسکوزیته مناسـب در تولیـد محصولات پختی با حجم بالا امری ضروری تلقی می‌گردد [۳۹]. یکی از عوامل تاثیرگذار بر خواص رئولوژیکی خمیـر حـاوی آرد بلوط، ظرفیت جذب آب بالای آن به دلیل دارا بودن مقادیر بالایی فیبر است. جذب بالای آب موجب افـزایش حجـم مولکـول‌هـای هیدراته شده و در نتیجه برقراری پیوندهای هیدروژنی بیش‌تر در خمیر کیک می‌شود که این امر باعث افزایش ویسکوزیته نمونـه‌هـا می‌گردد [۹]. یکی از عوامل تغییردهنده در خواص رئولوژیکی خمیر حاوی آرد بلوط ساختار فیبر موجود در آن می‌باشـد. ایجـاد ساختارهای محکم توسط فیبر موجود در آرد مانع از جریان یافتن خمیر و در نتیجه افزایش مقدار تنش حـد و ویـسکوزیته آن شـد. یکی دیگر از عوامل تاثیرگـذار روی خـواص رئولـوژیکی خمیـر، مقدار آب و کربوهیدرات موجود در آرد مـورد اسـتفاده مـی‌باشـد .گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر آرد بلـوط موجـب ایجاد پیوندهای هیدروژنی زیادی با آب شده که نتیجـه آن کـاهش مقدار آب در دسـترس و افـزایش ویـسکوزیته خمیـر اسـت [۲۸، ۴۳].



(b) (a)

Fig 6 shear stress (a) and viscosity (b)of the cake batter containing different ratios of acorn flour

Table 4 Consistencyand flow behavior indexeson the cake batter containing different ratios of acorn flour

Acorn flour(%)	Rheological models								
	Power-law model				Hershal-Bulkly model				
	Consistency index(K)	Flow behavior (n)index	Correlation coefficient (R^2)	Standard (SE) error	Consistency index (K)	Flow behavior index	Yield stress (τ_0)	Correlation coefficient (R^2)	Standard (SE)error
0	14.69^{f}	0.67^{f}	0.99	9.51	50.25^{e}	0.41^{b}	67.91	0.98	7.07
5	15.25^{e}	0.65^{e}	0.99	9.01	49.82^{e}	0.42^{a}	63.45	0.99	6.99
10	17.13^{d}	0.63^{d}	0.99	8.75	55.03^{d}	0.4^{d}	67.05	0.99	6.62
15	19.25^{c}	0.6^{c}	0.99	8.67	59.66^{c}	0.39^{c}	69.05	0.99	6.72
20	20.23^{b}	0.58^{b}	0.99	9.51	66.95^{b}	0.36^{b}	78.69	0.99	7.63
25	23.46^{a}	0.55^{a}	0.99	7.76	69.79^{a}	0.35^{a}	75.62	0.99	5.87

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که خمیر کیکحاوی سطوح مختلف اینولین دارای رفتار غیر نیوتنی (رقیق شونده با برش یا سودوپلاستیک) بود (شکل۷ الف و ب). نتایج نشان داد که مدل پاورلا با ضریب همبستگی بالا برای تفسیر خواص رئولوژیکی خمیر غنی شده با اینولین مناسب می‌باشد. همان‌گونه که در جدول ۵ نشان داده شده است، مقدار ضریب قوام با افزودن مقدار اینولین به میزان چشمگیری افزایش یافت($p<۰/۰۵$). بیشترین و کم‌ترین مقدار ضریب قوام به ترتیب در نمونه‌های خمیر حاوی ۱۵ و صفر درصد اینولین بود؛ در واقع، با افزایش میزان اینولین مقدار ویسکوزیته خمیر افزایش و میزان شاخص جریان کاهش یافت ($p<۰/۰۵$).

به نظر می‌رسد که برای تفسیر خواص رئولوژیکی خمیر حاوی آرد بلوط و اینولین مدل هرشل بارلکلی مناسب‌تر از مدل پاورلا است؛ زیرا مقدار ضریب همبستگی بالا (۰/۹۹تا۰/۹۷) و مقدار انحراف استاندارد پایین می‌باشد (جدول۵). در این مدل مقدار ضریب قوام و تنش حد به ترتیب در محدوده ۲۵/۲٦تا ٤۹/۸۲و ۳۳/۱۲ تا ٦۳/٤۵ می‌باشد. که با افزایش مقدار اینولین، مقدار ضریب قوام و تنش حد افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). اما مقدار اندیس جریان (n) کاهش یافت.

اینولین به عنوان یک ماده جاذب الرطوبه خواص ویسکوالاستیکی ساختار خمیر را بسته به درجه پلیمریزاسیون[۲٦] و مقدار اینولین استفاده شده تحت تاثیر قرار می‌دهد. اینولین از طریق تاثیر روی قوام خمیر، تشکیل شبکه الاستیک و واکنش با گلوتن روی خواص رئولوژیکی خمیر تاثیرگذار است [۳۳، ٤٤، ٤٦]. افزایش ویسکوزیته به علت حضور فیبرها در ساختار خمیر فاقد گلوتن را می‌توان به بالا رفتن ظرفیت خمیر در جذب و حفظ آب موجود در فرمولاسیون نسبت داد [٤۷]. محققین بیان کردند که اضافه کردن فیبرها به خمیر فاقد گلوتن موجب افزایش ویسکوزیته آن شد [۳۹]. با توجه به نقش اینولین بر کاهش محتوای رطوبتی، میزان ویسکوزیته نهایی خمیر حاوی این ترکیب افزایش یافت [٤۹].نتایج تحقیقات موریس و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که افزودن مقادیر بالایی از اینولین به خمیر نان گندم موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در زمان انبساط خمیر شد. علت این امر ناشی از واکنش اینولین با شبکه پروتئینی آرد (گلوتن) و تغییر ویژگی‌های الاستیسیته و ارتجاعی خمیر که در نتیجه موجب افزایش ویسکوزیته خمیر شد [٤۷].

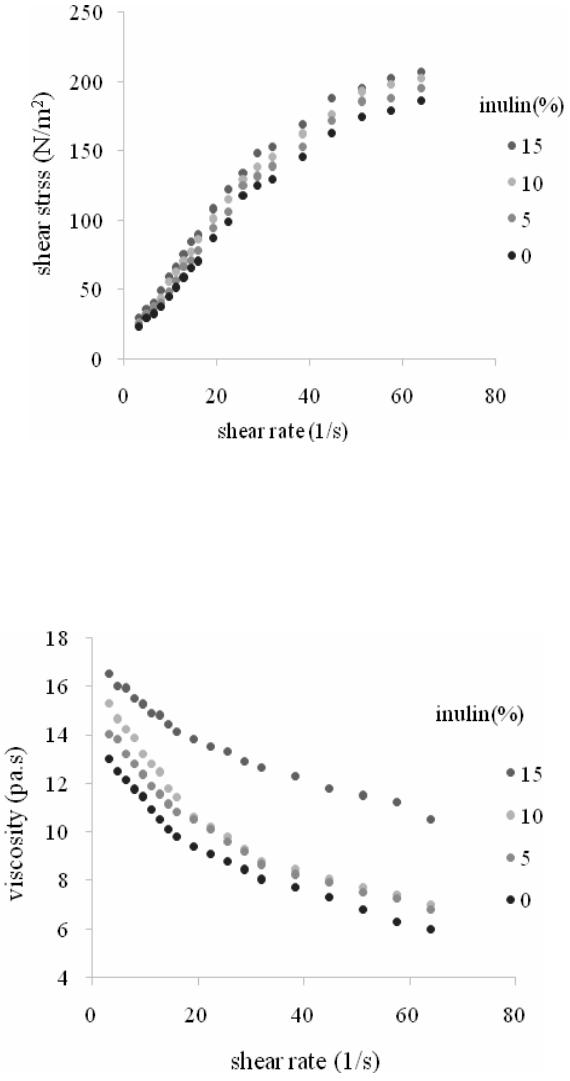


Fig 7 Shear stress (a) and viscosity (b) of the cake batter containing different levels of inulin

26. Degree of polymerization

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

Table 5 Consistency and flow behavior indexes in cake batter containing inulin

Inulin (٪)	Rheological models								
	Power-law model				Hershal-Bulkly model				
	Consistency index (K)	Flow behavior index (n)	Correlation coefficient (R^2)	Standard (SE) error	Consistency index (K)	Flow behavior index (n)	Yield stress (τ_0)	Correlation coefficient (R^2)	Standard (SE)error
0	10.44^{f}	0.71^{f}	0.98	9.01	25.26^{e}	0.53^{b}	33.12	0.97	6.99
5	11.7^{e}	0.7^{e}	0.98	8.00	30.13^{e}	0.5^{a}	39.33	0.99	5.97
10	13.41^{d}	0.67^{d}	0.98	7.98	40.25^{d}	0.45^{d}	52.57	0.98	6.63
15	15.25^{c}	0.65^{c}	0.97	7.58	49.82^{c}	0.43^{c}	63.45	0.99	6.49

٤- نتیجه‌گیری

با توجه به پایین بودن کیفیت کیک فاقد گلوتن، ارزش تغذیه‌ای بالای آرد بلوط و همچنین اثرات پریبوتیکی اینولین، هدف از این پژوهش بررسی تاثیر استفاده از مقادیر مختلف آرد بلوط به عنوان جایگزین آرد برنج و اضافه کردن اینولین جهت غنی‌سازی خمیر کیک می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزایش درصد آرد بلوط و اینولین مقدار رطوبت و دانسیته نمونه‌های خمیربه ترتیب افزایش و کاهش یافتند. بررسی رفتار رئولوژیکی نمونه‌ها نشان داد که نمونه شاهد و همچنین خمیرهای حاوی آرد بلوط و اینولین دارای رفتار

رقیق شونده با برش می‌باشند. همچنین استفاده از مدل هرشل بارلکلی برای تفسیر خواص رئولوژیکی خمیر حاوی آرد بلوط و اینولین پیشنهاد شد. به طور کلی، حضور آرد بلوط به صورت جایگزین آرد برنج و اضافه کردن اینولین جهت غنی‌سازی محصول به دلیل افزایش ضریب قوام و بهبود رنگ خمیر کیک فاقد گلوتن توصیه می‌گردد.

٥- منابع

[1] Lazaridou, A. Datu, D. Papageorgiou, M. Belc. N, Biliaderis. C. G., 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations.*Journal of Food Engineering*., 79(3): p. 1033-1047.

[2] Dokić, L.,Nikolic. I., Soronja Simovic. D., Pajin. B., Juul. N., 2014. Sensory Characterization of Cookies with ChestnutFlour.*WorldAcademy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering.*, 8(5): p. 416-419.

[3] Saffarzadeh, A., L. Vincze, and J. Csapo, 1999. Determination of thechemical composition of acorn (Quercusbranti), Pistaciaatlantica and PistaciaKhinjk seeds as non-conventional feedstuffs.*Acta Agraria Kaposváriensis.*, 3: p. 59-69.

[4] Kim, W.W. and B. Yoo, 2009. Rheological behaviour of acorn starch dispersions: effects of concentration and temperature.*International journal of food science & technology.*, 44(3): p. 503-509.

[5] Khosravi, A. and A. Behzadi, 2006. Evaluation of the antibacterial activity of the seed hull of Quercus brantii on some gram negative bacteria.*PakJ Med Sci.*, 22(4): p. 429-32.

[6] Jaynes, R.A., 1979.Nut tree culture in North America. *Northern Nut Growers Association*.

[7] Demirkesen, I., Campanella, O. H., Sumnu, G., Sahin, S. and Hamaker, B.R., 2014. A study on staling characteristics of gluten-free breads prepared with chestnut and rice flours. *Food and Bioprocess Technology.*7**.** 806-820

[8] Rakić, S., et al., 2007. Influence of thermal treatment on phenolic compounds and

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

[19] Baixauli, R.,Sanz. T., Salvador. A., Fiszman. S.M., 2007. Influence of the dosing process on the rheological andmicrostructural properties of a bakery product. *Food Hydrocolloids.*, 21(2): p. 230-236.

[20] Bennion, E., G. Bamford, and A. Bent, 1997. Cake-making processes, in The Technology of Cake Making. *Springer*., p. 251-274.

[21] AACC, A., 1999. *method 44-15:* Moisture—Air oven methods.*Approved methods of the American Association of Cereal Chemists*., p. 1-4.

[22] Bello-Pérez, L.A., Agama- Acevedo. E., Sanchez- Hernandez. L., Paredes-Lopez. O., 1999. Isolation and partial characterization of banana starches.*Journal of Agricultural and Food Chemistry.,* 47(3): p. 854-857.

[23] Jones, D.B., 1941. Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of proteins. *US Department of Agriculture Washington., DC*.

[24] Zheng, C., D.-W. Sun, and D. Sun, 2008. Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*, Academic Press., Amsterdam*.

[25] Mitschka, P., 1982. Simple conversion of Brookfield RVT readings into viscosity functions.*Rheologica Acta.*, 21(2): p. 207-209.

[26] Lebesi, D.M. and C. Tzia, 2011. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes.*Food and Bioprocess Technology.*, 4(5): p. 710-722.

[27] Wallingford, L. and T. Labuza, 1983. Evaluation of the water binding properties of food hydrocolloids by physical/chemical methods and in a low fat meat emulsion.*Journal of Food Science.,* 48(1): p. 1-5.

[28] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. and Sahin, S. 2010b. Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering.* 101**,** 329-336.

[29] Demirkesen, I ,.G. Sumnu, and S. Sahin., 2011. Utilization of chestnut flour in gluten-free cakes. *in Proceedings of the 6th CIGR* antioxidant properties of oak acorns from Serbia.*Food Chemistry*., 104(2): p. 830-834.

[9] Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R. and Juszczak, L. 2015. The influence of acorn flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread. *European Food Research and Technology*. 240**,** 1135-1143.

[10] Sacchetti, G., Pinnavaia, G., Guidolin, E. and Dalla rosa, M. 2004. Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. *Food Research International*. 37**,** 527-534.

[11] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. and Sahin, S. 2010a. Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*. 96**,** 295-303..

[12] Codină, G.G. and E. Bilan, 2006. Using Inulin in bakery products.*Journal of Agroalimentary Processes and Technologies.*, 12(1): p. 225-230.

[13] Sahin, S., 2008. Cake batter rheology, in Food engineering aspects of baking sweet goods., *CRC Press*., p. 99-120.

[14] Frye, A.M. and C.S. Setser, 1992. Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes.*Cereal Chem.*, 69: p. 338-43.

[15] Turabi, E., G. Sumnu, and S. Sahin, 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend.*Food Hydrocolloids.*, 22(2): p. 305-312.

[16] Sahi, S.S. and J.M. Alava, 2003. Functionality of emulsifiers in sponge cake production.*Journal of the Science of Food and Agriculture.*, 83(14).p:1419-1429.

[17] Shrestha, N., S. Vali, and P. Choudhary, 1990. Quality characteristics of cakes prepared from different fats and oil.*Journal of food science and technology.*, 27(6): p. 400-401.

[18] Lakshminarayan, S.M., V. Rathinam, and L. KrishnaRau, 2006.Effect of maltodextrin and emulsifiers on the viscosity of cake batter and on the quality of cakes.*Journal of the Science of Food and Agriculture.*, 86(5): p. 706-712.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

[39] Molavi, H., J. Keramat, and B. Raisee, 2015. Evaluation of the Cake Quality Made from Acorn-Wheat Flour Blends as a Functional Food.*Journal of Food Biosciences and Technology*., 5(2): p. 53-60.

[40] Song, K.-W., Y.-S. Kim, and G.-S. 2006. Chang, Rheology of concentrated xanthan gum solutions: Steady shear flow behavior. Fibers and Polymers., 7(2): p. 129-138.

[41] Fathi, B., Alami. M., Kashaninejad. M., Mahoonak. A., 2016. Utilization of Heat‐Moisture Treated Proso Millet Flour in Production of Gluten‐Free Pound Cake.Journal of Food Quality., 39(6): p. 611-619.

[42] Nelson, A.L., High-fiber ingredients. 2001: Eagan Press.

[43] Zimeri, J. and J. Kokini, 2003. Rheological properties of inulin–waxy maize starch systems.Carbohydrate polymers., 52(1): p. 67-85.

[44] Rouillé, J., Valle. G., Lefebver. J., Sliwinski. E., Vanvliet. T., 2005. Shear and extensional properties of bread doughs affected by their minor components. *Journal of Cereal Science*., 42(1): p. 45-57.

[45] Wang, J., C.M. Rosell, and C.B. de Barber, 2002. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food chemistry*., 79(2): p. 221-226.

[46] Ronda, F., Gomez. M., Caballero. P.A., 2009. Improvement of quality of gluten-free layer cakes.*Revista de Agaroquimica y Tecnologia de Alimentos*., 15(2): p. 193-202.

[47] Morris, C. and G. A. Morris .2012. "The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: *A review." Food chemistry.* 133(2): 237-248.

[48] Moscatto, J. A., Borsato. D., Bona. E., Oliveira. A., Huly. M., 2006. "The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacon meal. *Section VI International Symposium "Towards a Sustainable Food Chain" Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management", Nantes, France.*

[30] Chaplin, M.F., 2003. Fibre and water binding. *Proceedings of the Nutrition Society.*, 62(01): p. 223-227.

[31] Sabanis, D., D. Lebesi, and C. Tzia, 2009. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread.*LWT-Food Science and Technology*, 42(8): p. 1380-1389.,

[32] Zbikowska, A., Marciniak-Lukasiak. K., Kowalska. M., Onacik-Gur, S., 2017. Multivariate Study of Inulin Addition on the Quality of Sponge Cakes.*Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*.

[33] .Hager, A. S., Ryan, L. A., Schwab, C., Gänzle, M. G., O'doherty, J. V. and Arendt, E. K. 2011. Influence of the soluble fibres inulin and oat β-glucan on quality of dough and bread. *European Food Research and Technology*. 232**,** 405-413.

[34] García-baños, J.L., Villamiel, M., Olano, A.N. and Rada-Mendoza, M. 2004. Study on nonenzymatic browning in cookies, crackers and breakfast cereals by maltulose and furosine determination. *Journal of Cereal Science.* 39**,** 167-173

[35] Lee, S., S. Kim, and G.E. Inglett, 2005. Effect of Shortening Replacement with Oatrim on the Physical and Rheological Properties of Cakes.*Cereal chemistry*., 82(2): p. 120-124.

[36] Gomez, M.,Ronda. F., Caballero. P.A. Rosell. C. M., 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes.*Food Hydrocolloids*., 21(2): p. 167-173.

[37] Gómez, M., Manchon. L., Oliete. B., Caballero. P. A., 2010. Adequacy of wholegrain non-wheat flours for layer cake elaboration. *LWT-Food Science and Technology*., 43(3): p. 507-513.

[38] Gularte, M.A., la Hera. E., Gomez. M., Rosell. C,M., 2012. Effect of different fibers on batter and gluten–free layer cake properties. *LWT-Food science and technology*., 48(2): p. 209-214.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

International Journal of Food Science & Technology. 41(2): 181-188.

[49] Hager, A. S., Ryan, L. A., Schwab, C., Gänzle, M. G., O'doherty, J. V. and Arendt, E. K. 2011. Influence of the soluble fibres inulin and oat β-glucan on quality of dough and bread. *European Food Research and Technology*. 232**,** 405-413.

[50]Hussein, E., Beltagy, E., Gaafar, A.M. 2011. Production and quality evaluation of low calorie cake. *American Journal of Food Technology*. 6:9. 827-834.

[51]Kaur, N. and A. K. Gupta. 2002. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of biosciences.* 27(7): 703-714.

[52] Demirkesen, I. 2016. "Formulation of Chestnut Cookies and their Rheological and Quality Characteristics." *Journal of Food Quality* 39(4): 264-273.

[53] Demirkesen, I., Campanella, O. H., Sumnu, G., Sahin, S. and Hamaker, B.R., 2014. A study on staling characteristics of gluten-free breads prepared with chestnut and rice flours. *Food and Bioprocess Technology.*7**.** 806-820

[54] Sabanis, D., Lebesi, D. and Tzia, C. 2009. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT-Food Science and Technology*. 42**,** 1380-1389.

[55] Sacchetti, G., Pinnavaia, G., Guidolin, E. and Dalla rosa, M. 2004. Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. Food Research International. 37**,** 527-534.

[56] .Vitali, D., Dragojević, I.V. and Šebečić, B. 2009. Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food Chemistry*. 114**,** 1462-1469

[57] Volpini-rapina, L.F., Sokei, F.R. and Conti-silva, A.C. 2012. Sensory profile and preference mapping of orange cakes with addition of prebiotics inulin and oligofructose. *LWT-Food Science and Technology*. 48**,** 37-42.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

Physicochemical and rheological properties of dough from acorn flour and inulin

Mokhtari, Z. [1], Ziaiifar, A. M.[2*], Aalami, M. [3], Kashaninejad, M. [4], Aghajanzadeh, S. [5]

1. M.Sc. student, Dept. of Food Process Engineering, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Associate Prof., Dept.of Food Process Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Associate Prof., Dept. of Food Science and Technology, GorganUniversity of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4. Professor, Dept of, FoodProcessEngineeringGorganUniversity of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
5. Ph. D. student, Dept. of Food Process Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciencesand Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: 2017/05/25 Accepted:2017/07/18)

Acorn and inulin flours could be used in preparation of the gluten free baked products due to their high nutritional value and health benefits. In this study, the acorn flour at five levels (5, 10, 15, 20 and 25 %) and inulin at four levels (0, 5, 10 and 15%) were used in formulation of the rice based cake batter, in order to enrich the final product. Physicochemical properties (moisture content, density and color) and rheological properties of the cake batter were investigated. The obtained results showed that the using upper percentages of the acorn flour and inulin results in the lower lightness and higher redness and yellowness in the color of the samples. A higher moisture content and lower density was shown in the samples containing the higher amount of acorn flour and inulin. The results of the rheological analysis revealed that the samples had the shear thinning (pseudoplastic) behavior. Herschel Bulkley and power low models represented that the effect of inulinand acorn flour, consistency coefficient (k) increased and flow behavior index (n) decreased in the samples.

Keywords: Cake batter, Rice flour, Acorn flour, Inulin, Physicochemical properties.

*Corresponding Author E-Mail Address: ziaiifar@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]