غنی سازی آرد گندم با پودر دانه خرفه: بررسی ویژگی‌های آرد و خواص رئولوژیکی خمیر

سعید نقوی[۱]، مریم جعفرزاده مقدم[۲]، سیدهادی پیغمبردوست[۳*]، عارف اولادغفاری[۴] و صدیف آزادمرد دمیرچی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۱

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، پردیس بین المللی ارس، دانشگاه تبریز، جلفا
۲-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران
۳-دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز
۴-کارشناس ارشد اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان آذربایجان شرقی، تبریز
* مسئول مکاتبات: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

چکیده

دانه گیاه خرفه غنی ترین منبع آلفا لینولنیک اسید (امگا ۳) در میان تمام گیاهان سبز برگی است که تا به حال آزمایش شده اند. این ماده گیاهی همچنین حاوی مقادیر قابل توجهی از لیگنان‌ها، فیبر رژیمی و آنتی اکسیدان‌های طبیعی نظیر توکوفرول است که به دلیل اثرات سودمند آنها در پیشگیری از برخی بیماری‌ها به عنوان ماده افزودنی سلامتی بخش یا فراسودمند در غنی‌سازی مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش اثرات افزودن آرد بزرک بر خواص فیزیکی شیمیایی آرد نظیر توزیع اندازه ذرات آرد، مقدار پروتئین خام، گلوتن مرطوب و کیفیت پروتئین (عدد زلنی)، مقدار فیبر خام و نیز خصوصیات رئولوژیکی خمیر با استفاده از آزمون‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی مورد بررسی قرار گرفت. با افزایش میزان افزودن پودر دانه خرفه در مقادیر ۵، ۱۰، ۱۵و ۲۰ درصد، میزان پروتئین کل و فیبرخام افزایش ولی میزان گلوتن مرطوب و عدد زلنی کاهش یافت. نتایج آزمون فارینوگرافی نشان دهنده کاهش جذب آب خمیر، پایداری و عدد کیفی فارینوگراف بود و درجه سست شدن خمیر با افزایش جایگزینی پودر دانه خرفه افزایش یافت که درمجموع نشان‌دهنده تضعیف ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر بود. نتایج آزمون اکستنسوگرافی نیز نشان داد با افزایش درصد افزودن آرد خرفه به جز نمونه های ۵ و ۱۵ درصد، در سایر تیمارها مقاومت خمیر (R_{max}) در برابر کشش افزایش ولی کشش پذیری و انرژی کشش در همه نمونه ها به جز نمونه ۵٪ نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت.

واژه های کلیدی: آرد گندم، خرفه، خمیر، رئولوژی، فارینوگراف، اکستنسوگراف

Fortification of wheat flour with purslane seed powder: Studying flour characteristics and dough rheological properties

S Naghavi[1], M Jafarzadeh Mogaddam[2], SH Peighambardoust[3]*, A Olad Ghaffari [4], S Azadmard Damirchi[3]

Received: December 11, 2010 Accepted: May 22, 2011

[1] MSc Student, Department of Food Science and Technology, Aras International Campus, University of Tabriz, Jolfa, Iran
[2] MSc Student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University- Science and Research Branch, Tehran, Iran
[3]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[4] Senior Researcher, Iran Standard and Industrial Research Institute, Eastern Azarbaijan Main Office, Tabriz, Iran
*Corresponding author: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

Abstract

Purslane seeds are rich sources of alpha-lineoic acid (omega-3) in all green plans that ever examined. This plant also contains substantial amounts of lignans, dietary fibre and natural anti-oxidants such as tocopherols. Health benefit of such components in prevention of certain diseases is the major reason for fortification of functional food products with purslane. In this study, effect of the addition of purslane powder on physicochemical (particle size distribution, protein, fiber, wet gluten and zeleny number) properties of wheat flour as well as rheological properties (in farinograph and extensograph) of the corresponding doughs was investigated. Purslane seeds powder was used to replace 50, 10, 150 and 200 g kg^{-1} of wheat flour. Total protein and crude fiber contents of supplemented flours increased while wet gluten content and zeleny number of flour blends decreased as the amount of purslane seeds powder increased. Farinograph results showed lower water absorption, farinograph quality number, shorter stability time a higher softening degree for purslane supplemented flours compared to those of control flour. This indicates the weakening of dough rheological properties upon the addition of purslane seeds powder. Extensograph experiments revealed a significant increase in maximum resistance to extension (R_{max}) for supplemented flours, except for 5 and 15% supplementation. Dough extensibility and extension energy were declined for all treatments, except for 5% supplemented flour.

Keywords: Flour, Purslane, Dough, Farinograph, Extensograph

۱- مقدمه

رژیم‌های غذایی نامناسب از نظر اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ تعادل صحیحی برای کارکرد فیزیولوژیکی خوب فراهم نمی کنند و این عدم تعادل با بروز بیمارهای قلبی- عروقی، فشارخون بالا، بی نظمی های التهابی و کارکردهای عصبی خاص ارتباط دارد (سرنا سالدیوار و همکاران۲۰۰۶). با توجه به ضروری بودن اسیدهای چرب امگا ۳ برای رشد و توسعه نرمال بدن و نقش مهمی که در جلوگیری و درمان بیماریهای قلبی- عروقی، فشارخون بالا، دیابت نوع ۲، ورم مفاصل و سایر التهابات و بی نظمی های خود تنظیمی و سرطان دارند معرفی منبع جدیدی از این اسیدهای چرب، ضروری به نظر می رسد (سیموپولوس ۲۰۰۲).

فراوانترین اسید چرب چند غیر اشباعی امگا ۳ در گیاه خرفه اسید لینولنیک (۳ ω ۱۸:۳) است که پیش ساز سایر اسیدهای چرب امگا ۳ زنجیر بلند است. وجود اسیدهای چرب لینولنیک، ایکوزاپنتا انوئیک،

دوکوزاپنتاانوئیک و دوکوزاهگزاانوئیک در این گیاه تأییدی بر جایگزینی آن برای منابع دریایی این اسیدها است. بعلاوه حضور اسیدلینولئیک و اسید اولئیک در سطوح بالا فواید بالقوه آنرا در تغذیه انسان، حیوان و ماهی نشان می دهد(اومـاراآلوارا و همکاران۲۰۰۷). اثرات مفیدی که اسیدهای چرب امگا ۳ بر بیماری‌های قلبی- عروقی در انسان دارند منجر به ایده استفاده از خرفه به عنوان منبعی غنی و ارزان از آنها برای مصرف انسان شده است (اومـاراآلوارا و همکاران۲۰۰۷).

لیو و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی الگوی اسید چرب در برگ‌ها، ساقه ها و دانه های چندین واریته بومی و وارداتی خرفه در استرالیا؛ اسیدهای چرب اصلی موجود در تمام بافت‌ها را لینولنیک اسید (۱۸:۳ω۳)، لینولئیک اسید(۱۸:۳ω۶) و اسید پالمیتیک (۱۶:۰) تعیین نمودند. بیشترین میزان اسیدهای چرب کل ونیز بیشترین میزان LNA در دانه ها شناسایی شد. برگ‌ها و ساقه ها از این نظر به ترتیب در مرتبه پایین تر قرار داشتند. کل مقدار اسید چرب در دانه های خرفه ۱۷۰-۸۰mg/g براساس ماده خشک بود که آلفا لینولنیک اسید ۴۴-۳۱٪ آن را به خود اختصاص داده بود.

آوارد و همکاران (۲۰۰۹) پتانسیل آنتی اکسیدانی و برخی ویژگی های فیزیکی‌شیمیایی خرفه خشک شده با روش انجمادی و محصولات فرموله شده بر پایه خرفه را بررسی نمودند. با جایگزین کردن برگهای آسیاب شده خرفه منجمد در چهار سطح ۵، ۱۰، ۱۵و۲۰ ٪ به جای پروتئین سویا در فرمولایسیون نوعی نان، مقدار اسیدهای چرب ضروری در مقایسه با محصولات مشابه افزایش یافت، با جایگزینی پروتئین سویا با پودر خرفه ظرفیت جذب آب محصول کاهش یافت. همچنین با افزایش درصد جایگزینی خرفه پایداری ماتریکس محصول کمتر شد.

بر اساس اطلاعات مولفین، تاکنون در دنیا مطالعه-ای در زمینه تأثیر افزودن پودر دانه خرفه بر ویژگی-های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیر نان گزارش نشده است. اما تحقیقات متعددی در زمینه اثرات افزودن بزرک بر خواص تکنولوژیکی خمیر و نان وجود دارد. از آنجائی‌که دانه خرفه از لحاظ ویژگی-های فیزیکی شیمایی و الگوی اسیدهای چرب تقریبا مشابه بزرک می‌باشد، در اینجا به برخی از تحقیقات منتشر شده در مورد بزرک اشاره می شود.

در مطالعه‌ای ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر حاصل از مخلوط آرد گندم و آرد دانه بزرک مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق آرد دانه بزرک به میزان ۵،۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزن آرد گندم در تهیه خمیر استفاده شد. بررسی‌های فارینوگرافی نشان داد که با افزایش مقدار پودر دانه بزرک میزان جذب آب و زمان توسعه خمیر و اندیس تولرانس اختلاط بیشتر شد و ثبات خمیر در جایگزینی بیش از ۵ درصد با آرد بزرک، کاهش یافت. همچنین انرژی اکستنسوگرافی نیز در مقادیر جایگزینی ۱۵و۲۰ درصد کاهش یافت. با مصرف این ماده قابلیت کشش خمیر کم شد و مقاومت به کشش آن با خمیر شاهد قابل مقایسه بود .حجم مخصوص نان حاوی بزرک تفاوتی با نمونه معمولی نداشت. در آزمون‌های مربوط به رنگ نان‌های تولیدشده، مقادیر a، L و b درپوسته نان غنی شده و b و L در مغز نان غنی شده کمتر از نان شاهد بود. مصرف بزرک تا میزان جایگزینی ۲۰درصد باعث افزایش ویژگی‌های حسی نان شد (کوکا و آنیل، ۲۰۰۷).

هائو و همکاران (۲۰۰۸) اثر افزودن پودر بزرک وگرانول‌های آنرا بر ویژگی‌های رئولوژیکی دینامیک خمیر گندم بررسی کردند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت پودر بزرک تا ۲۰درصد، دمای ژلاتینه شدن خمیرو همچنین مدول‌های ویسکوالاستیک در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. با کاهش اندازه ذرات پودر بزرک نیز مدول‌های ویسکوالاستیک خمیر افزایش یافتند.

مطالعه خواص رئولوژیکی خمیر نان تا حدود زیادی می تواند رفتار آرد و خمیر را در طول پخت پیشگویی نماید و کیفیت پخت آرد را نیز تا اندازه ای تفسیر نماید. همچنین یکی از سریعترین و قابل استناد ترین راههای اندازه گیری شاخص های کیفیت و بافت

محصولات غذایی از جمله آرد گندم محسوب می شود، لذا در این مطالعه رفتار رئولوژیکی با دامنه تغییر شکل بزرگ (آزمون های کلاسیک فارینوگرافی و اکستنسوگرافی) به منظور مطالعه تأثیر افزودن درصد های مختلف آرد دانه خرفه به آرد گندم مورد مطالعه قرار گرفت. تأثیر استفاده از آرد دانه خرفه به عنوان منبع غنی از اسیدهای چرب ضروری و دیگر ترکیبات جزئی فراسودمند بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی خمیر نان از قبیل جذب آب، مدت زمان بهینه مخلوط شدن خمیر(زمان توسعه) ، میزان پایداری خمیر در برابر مخلوط شدن و درجه نرم شدن خمیر پس از ۱۲ دقیقه در برابر مخلوط کردن، همچنین حداکثر مقاومت خمیر، قابلیت کشش و انرژی کشش خمیر ها پس از تخمیر بررسی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد گندم با درجه استخراج ۸۷٪ از شرکت آرد اطهر مراغه خریداری گردید. دانه‌های خرفه سیاه از بازار محلی خریداری و در شرایط خنک (در دمای زیرصفر) در آسیاب آزمایشگاهی آسیاب و توسط الک با منافذ حداکثر ۰/۵ میلیمتری الک شد. آرد آسیاب شده خرفه در ظروف سر بسته در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان اختلاط با آرد و نیز انجام آزمون-های بعدی نگهداری گردید. ویژگی‌های آرد گندم و پودر دانه خرفه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های پودر دانه خرفه و آرد گندم

ویژگی	پودر دانه خرفه	آرد گندم
رطوبت (درصد)	۱۰/۲ ± ۰/۰۱	۱۳/۴ ± ۰/۰۱
خاکستر* (درصد)	۳/۸ ± ۰/۰۱	۰/۹ ± ۰/۰۱
پروتئین * (درصد) **	۲۱/۴ ± ۰/۰۱	۱۱/۱ ± ۰/۰۳
چربی * (درصد)	۱۵/۴ ± ۰/۰۳	۱/۵ ± ۰/۰۶
فیبرخام * (درصد)	۱۵/۱ ± ۰/۰۴	۰/۸ ± ۰/۰۵
گلوتن مرطوب (درصد)	-	۲۷/۳ ± ۰/۰۱
عدد فالینگ (ثانیه)	-	۴۱۶ ± ۵
pH	۶/۲ ± ۰/۰۱	۶/۴ ± ۰/۰۲

نتایج جدول میانگین سه تکرار (بعلاوه منهای انحراف استاندارد) می باشند.

*براساس ماده خشک

**فاکتور نیتروژن برای آرد گندم۵/۷ و فاکتور نیتروژن برای آرد خرفه ۶/۲۵ درنظر گرفته شده است

۲-۲- روش‌ها

اندازه گیری رطوبت طبق روش‌های مصوب AACC به شماره 15A-44 توسط دستگاه آون مدل ساخت Memmert کشور آلمان انجام شد. اندازه گیری خاکستر طبق روش AACC به شماره 01-08 با کوره مدل Thermolyne 2000 ساخت شرکت Sybron سوئد انجام شد. پروتئین کل با روش AACC به شماره 13-46 توسط دستگاه Kjeltecساخت کشور سوئد اندازه گیری شد. اندازه گیری چربی آرد گندم طبق روش AACC به شماره 10-30 با دستگاه سوکسله مدل Pbi ساخت کشور ایتالیا انجام گردید. اندازه گیری فیبرخام با روش AACCبه شماره 10-32 و با دستگاه مدل Fibertec tecator ساخت کشور سوئد انجام شد. عدد فالینگ آرد گندم با روش AACC به شماره 81B-56 توسط دستگاه فالینگ نامبرساخت شرکت Perten سوئد تعیین شد. برای اندازه گیری کیفیت پروتئین یا عدد زلنی از روش AACC به شماره 11-54 با استفاده از دستگاه Geratenr Baujahr کشور آلمان استفاده شد. میزان گلوتن مرطوب نیز با روش AACC به شماره 12-38 توسط دستگاه گلوتن شو Glutomatic ساخت شرکت Perten سوئد تعیین شد.

تعیین اندازه ذرات آرد شاهد و آرد خرفه و مخلوطهای تهیه شده با آرد خرفه توسط دستگاه Henry Simon stock port(کشور انگلستان) مجهز به الک‌های با اندازه های ۴۷۵، ۱۸۰، ۱۲۵و ۱۰۶ میکرون انجام شد. عملیات الک کردن طبق استاندارد ASAE با استفاده از ۱۰۰ گرم آرد و به مدت ۱۰ دقیقه صورت پذیرفت. اجزاء باقیمانده در روی هر الک و زیر الک ۱۰۶میکرون به صورت جداگانه توزین

شدند (پالاسیوس فونسکا و همکاران ۲۰۰۹). آزمون فارینوگراف آرد شاهد و تیمارهای آزمایشی با روش AACC به شماره 21-54 و با استفاده از مخلوط کن ۳۰۰ گرمی فارینوگراف الکترونیکی (ساخت شرکت برابندر آلمان) انجام شد. آزمون اکستنسوگراف با روش AACC به شماره 10-54 و توسط دستگاه اکستنسوگراف الکترونیکی (ساخت شرکت برابندرآلمان) انجام شد .

۲-۳- تهیه تیمارهای آزمایشی: آرد گندم با مقادیر ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی آرد دانه خرفه آسیاب و الک شده به مدت ۲۰ دقیقه در مخلوط کن Behringer ساخت کشور آلمان مخلوط گردید.

۲-۴- تجزیه وتحلیل آماری: تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام گردید. آنالیز واریانس و مقایسه دو به دوی میانگین ها برای معرفی بهترین نمونه با آزمون دانکن، در سطح احتمال خطای ۵٪ توسط نرم افزار SPSS انجام شد.

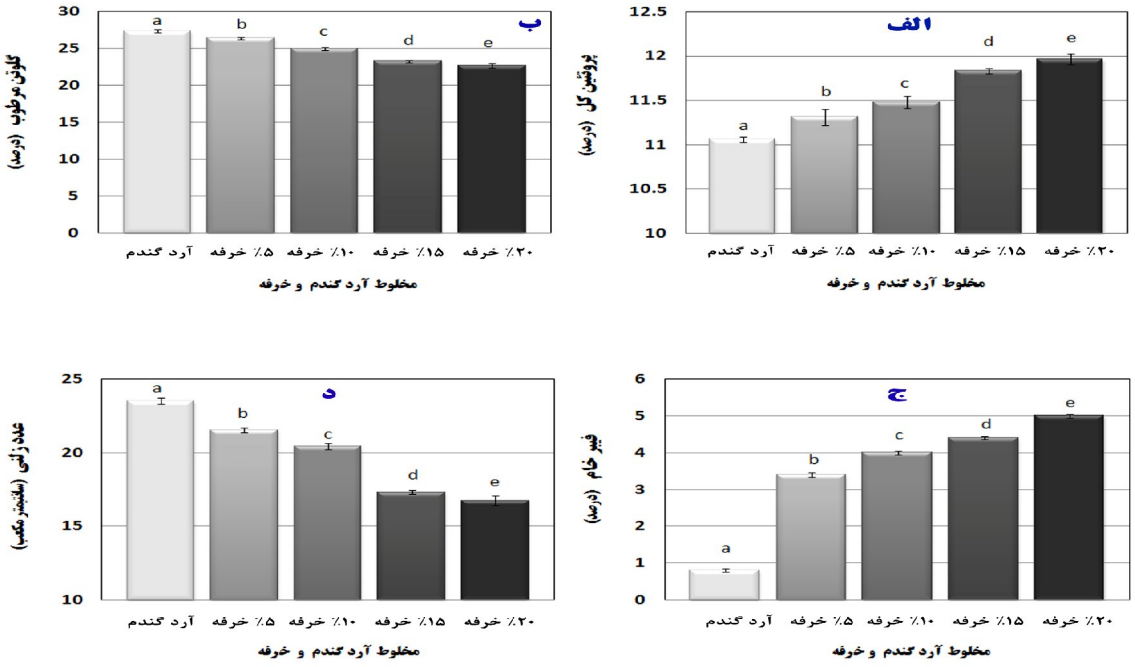
۳- نتایج و بحث

۳-۱- اندازه گیری ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم و آرد خرفه

نتایج اندازه گیری ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم و خرفه مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. میزان چربی و فیبر در آرد خرفه بطور قابل ملاحظه ای بیشتر از مقدار آن در آرد گندم می باشد. لذا افزودن آرد خرفه به عنوان منبع با ارزش فیبر رژیمی و چربی محسوب می شود. اندازه گیری عدد فالینگ آرد گندم نشانگر فعالیت پایین آلفا آمیلاز آن است و نتایج اندازه گیری میزان پروتئین و گلوتن نیز آن را از نظر کیفی در دسته آرد های متوسط قرار می دهد.

۳-۲- اندازه گیری میزان پروتئین کل

نتایج اندازه گیری میزان پروتئین کل نمونه های حاوی آرد خرفه در شکل ۱-الف ملاحظه می شود. با توجه به اینکه آرد خرفه از لحاظ مقدار پروتئین غنی می‌باشد افزودن آن به آرد گندم باعث افزایش محتوای پروتئینی آرد گندم می‌شود.



شکل ۱- تأثیر افزودن درصدهای مختلف آرد خرفه بر مقادیر پروتئین کل (الف)، گلوتن مرطوب (ب)، فیبر خام (ج) و عدد زلنی (د) داده های نمودار میانگین سه تکرار و بازه‌های خطا در هر نمودار معرف انحراف استاندارد می‌باشند. حروف لاتین متفاوت در ستون‌ها نشان دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌ها با احتمال ۹۵٪ است.

۳-۳- اندازه گیری گلوتن مرطوب

نتایج اندازه‌گیری مقدار گلوتن مرطوب آرد شاهد و تیمارهای آزمایشی در شکل ۱-ب آمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود افزودن پودر خرفه به آرد گندم بطور معنی‌داری ($\alpha<$ ۰/۰۵) باعث کاهش گلوتن مرطوب در تیمارهای آزمایشی گردید. بیشترین میزان گلوتن مرطوب مربوط به آرد شاهد بود. این نتایج برخلاف نتایج اندازه گیری مقدار کل پروتئین است که با افزودن خرفه به آرد گندم مقادیر پروتئین کل در تیمارهای آزمایشی افزایش نشان می‌دهد. علت کاهش گلوتن مرطوب در نمونه‌های آرد حاوی بزرک مربوط به اثر رقیق کنندگی آرد خرفه روی آرد گندم می باشد که بدلیل حضور مواد فیبری بالا باعث کاهش گلوتن مرطوب در آرد می‌گردد. برای بررسی دقیق‌تر اثر افزودن آرد بزرک به آرد گندم برروی کیفیت پروتئین از آزمون زلنی استفاده شد.

۳-۴- اندازه‌گیری فیبر خام

نتایج اندازه‌گیری فیبرخام در نمونه های آرد گندم مخلوط با خرفه در درصدهای مورد مطالعه در شکل ۱-ج نشان داده شده است. با افزایش افزودن خرفه به آرد گندم میزان فیبر از ۰/۸٪ در آرد گندم تاحدود ۵٪ (۷ برابر) در تیمار حاوی ۲۰٪ خرفه افزایش یافت. این امر نشان دهنده غنی‌شدن آرد با فیبر می باشد که مقدار آن در نمونه شاهد بسیار کمتر است. در جدول ۱ نیز ملاحظه می شود که آرد خرفه با داشتن حدود ۱۵ درصد فیبر خام یکی از منابع باارزش فیبر رژیمی محسوب می شود. در نتیجه افزودن آن به آرد گندم باعث افزایش محتوای فیبر آرد گردیده است.

۳-۵- اندازه‌گیری عدد زلنی

نتایج اندازه‌گیری عدد زلنی در شکل ۱-د نشان داده شده است. حجم رسوب که نشانگر کیفیت پروتئین آرد است با افزایش درصد افزودن خرفه در آردهای غنی شده کاهش نشان داد. این نتایج با نتایج اندازه‌گیری مقدار گلوتن مرطوب همراستا می‌باشد. هرچند که کل مقدار پروتئین با غنی کردن آرد با خرفه افزایش یافت (شکل ۱)، اما بنظر می‌رسد که پروتئین-های موجود در آرد خرفه از دسته پروتئین‌های ماکروپلیمری گلوتنین نیست که مسئول تشکیل شبکه گلوتنی در خمیر باشد و باعث افزایش مقدار گلوتن مرطوب و کیفیت آن (عدد زلنی) گردد.

۳-۶- بررسی توزیع اندازه ذرات آرد گندم و آردهای حاوی بزرک

نتایج بررسی توزیع اندازه ذرات آرد گندم و نمونه‌های آرد گندم مخلوط با آرد خرفه در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطورکه از این جدول ملاحظه می‌شود با افزایش درصد افزودن آرد خرفه درصد ذرات باقیمانده روی الک ۴۷۵ میکرون در مقایسه با آرد گندم کمتر شد. همچنین درصد ذرات جمع شده در زیر الک ۱۰۶ میکرون نسبت به آرد گندم بیشتر شد. در بین نمونه های مخلوط با آرد خرفه نیز با افزایش درصد آرد خرفه میزان ذرات روی الک ۴۷۵ میکرون و میزان ذرات در زیر الک ۱۰۶ میکرون کاهش یافت. توزیع اندازه ذرات نمونه های مخلوط با آرد خرفه در روی سایر الک‌ها با آرد گندم تفاوتی نداشت. علت این امر مربوط به توزیع اندازه ذرات آرد گندم و آرد خرفه برروی الک ها می باشد. میزان ذرات در آرد خرفه روی الک ۱۸۰ میکرون در مقایسه با آرد گندم بیشتر است ولی در سایر الک ها ونیز در زیر الک، آرد خرفه نسبت به آرد گندم از ذرات ریزتری برخوردار است.

جدول ۲ : نحوه تغییر توزیع اندازه ذرات آرد با افزودن پودر دانه خرفه در درصدهای مختلف

درصد افزودن خرفه	روی الک ۴۷۵ میکرون	روی الک ۱۸۰ میکرون	روی الک ۱۲۵ میکرون	روی الک ۱۰۶ میکرون	زیر الک ۱۰۶ میکرون
۰	۲/۳± ۰/۳ ^{a}	۲۰/۲± ۳/۲ ^{a}	۳۷/۷ ± ۱/۹ ^{a}	۱۱/۰ ± ۰/۸ ^{a}	۲۹/۰ ± ۲/۴ ^{c}
۵	۱/۴± ۰/۱ ^{b}	۱۵/۵± ۰/۵ ^{b}	۳۷/۳± ۰/۳ ^{a}	۱۱/۳± ۰/۷ ^{a}	۳۴/۴± ۰/۳ ^{a}
۱۰	۱/۲ ± ۰/۱ ^{b}	۱۷/۳± ۰/۱ ^{ab}	۳۸/۵± ۰/۵ ^{a}	۱۰/۶± ۰/۴ ^{a}	۳۲/۲± ۰/۳ ^{b}
۱۵	۱/۳± ۰/۱ ^{b}	۱۸/۶± ۰/۵ ^{a}	۳۸/۹± ۱/۰ ^{a}	۱۰/۱ ± ۰/۲ ^{a}	۳۱/۰ ± ۰/۵ ^{bc}
۲۰	۰/۷± ۰/۱ ^{c}	۱۹/۹± ۰/۳ ^{a}	۳۷/۷± ۱/۲ ^{a}	۱۰/۶± ۱/۱ ^{a}	۳۰/۸± ۰/۷ ^{bc}

نتایج جدول میانگین سه تکرار (بعلاوه منهای انحراف استاندارد) می باشند اختلاف اعداد مشخص شده با حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها با احتمال ۹۵٪ می باشد.

۳-۷- آزمون فارینوگرافی

نتایج ارزیابی خواص رئولوژیکی خمیر با آزمون فارینوگرافی در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. در این آزمون شاخص‌های جذب آب آرد[۱] (درصد)، زمان توسعه خمیر[۲] (دقیقه)، زمان پایداری خمیر[۳] (دقیقه)، درجه سست شدن خمیر[۴] بعد از ۱۲ دقیقه (واحد برابندر) و عدد کیفی فارینوگراف[۵] (بدون واحد) مورد بررسی قرار گرفت (دآپولینو و کونرت ۱۹۹۷). در شکل ۲ مقایسه کلی منحنی‌های فارینوگرام تیمارهای آزمایشی نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود با افزودن آرد خرفه در مقادیر بیش از ۱۰٪ رفتار رئولوژیکی خمیر تضعیف می‌گردد، طوریکه میزان پایداری خمیر (زمانی که منحنی روی خط ۵۰۰ باقی مانده است) و عرض منحنی فارینوگرام کاهش یافته است. جزئیات بیشتر داده‌های استخراج شده از منحنی‌های فارینوگرام در شکل ۳ دیده می‌شود.

در شکل ۳-الف با افزایش درصد افزودن پودر خرفه به آرد گندم، میزان جذب آب آرد بطور معنی داری (با احتمال ۹۵ درصد) کاهش یافته است و از میزان ۵۶/۸٪ در نمونه شاهد به ۵۳/۹٪ در نمونه حاوی ۲۰٪ آرد خرفه رسیده است. این امر احتمالاً مربوط به افزایش غلظت ترکیبات شیمیایی با خاصیت آب گریزی بالا مثل اسیدهای چرب است که امکان واکنش بیشتر با آب را نمی دهند. این نتایج با یافته های آوارد و همکاران (۲۰۰۹) که نشان دادند جایگزینی پروتئین سویا با پودر خرفه ظرفیت جذب آب محصول را کاهش داد، مطابقت دارد.

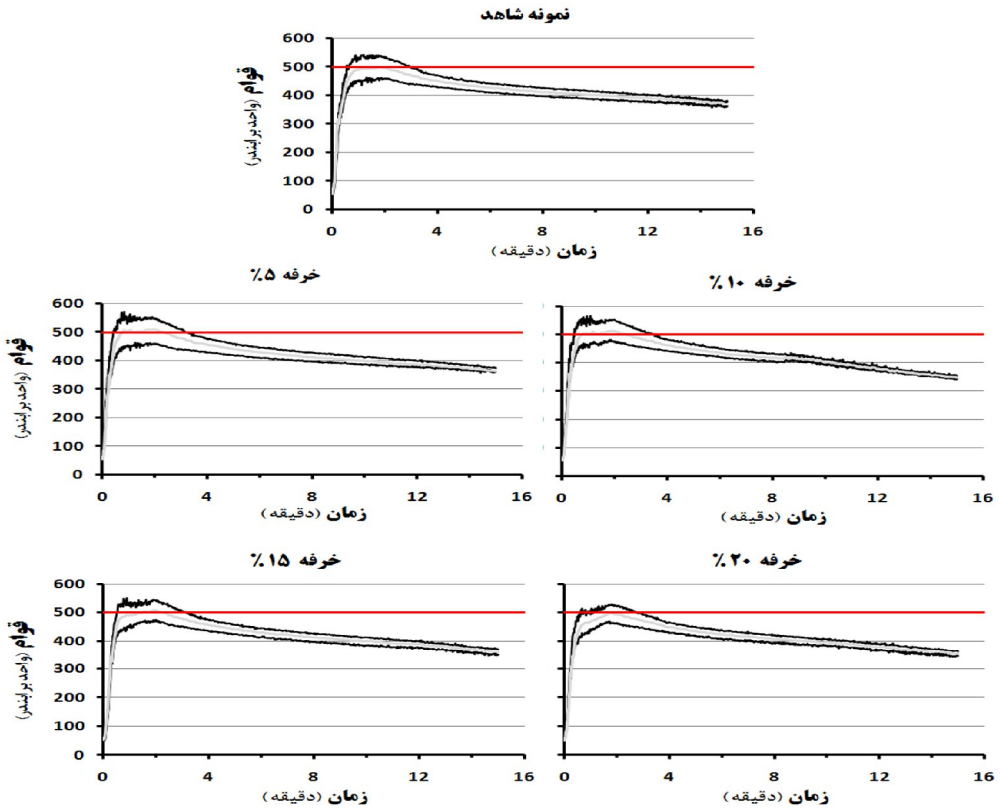
در شکل ۳-ب میزان پایداری خمیر حاصل از آردهای غنی شده با درصدهای مختلف خرفه به جز تیمارهای ۵ و ۱۰٪ خرفه (که پایداری آن مشابه خمیر شاهد است)، با افزایش درصد افزودن خرفه کاهش یافته است. علت این امر احتمالاً مربوط به اثر رقیق کنندگی خرفه روی پروتئین‌های موثر در تشکیل شبکه گلوتنی می‌باشد این نتایج با یافته‌های آوارد و همکاران (۲۰۰۹) که نشان دادند با افزایش درصد جایگزینی پروتئین سویا با پودر خرفه، پایداری ماتریکس محصول کمتر شده بود، مطابقت دارد. از طرف دیگر آرد خرفه حاوی ترکیبات پلی ساکاریدی (فیبر نامحلول) می‌باشد که اثر تضعیف کنندگی روی قابلیت و عملکرد گلوتن دارد. چنانچه آزمایش اندازه-گیری مقدار گلوتن مرطوب تیمارها نیز نشان داد که با افزایش درصد افزودن آرد خرفه گلوتن قابل استخراج بطور معنی داری کاهش می‌یابد. همچنین این یافته‌ها با اندازه گیری عدد زلنی که حاکی از کاهش معنی‌دار

۱- Water Absorption
۲- Dough Development Time (DDT)
۳- Dough Stability (DS)
۴- Degree of Softening (DOS)
۵- Farinograph Quality Number (FQN)

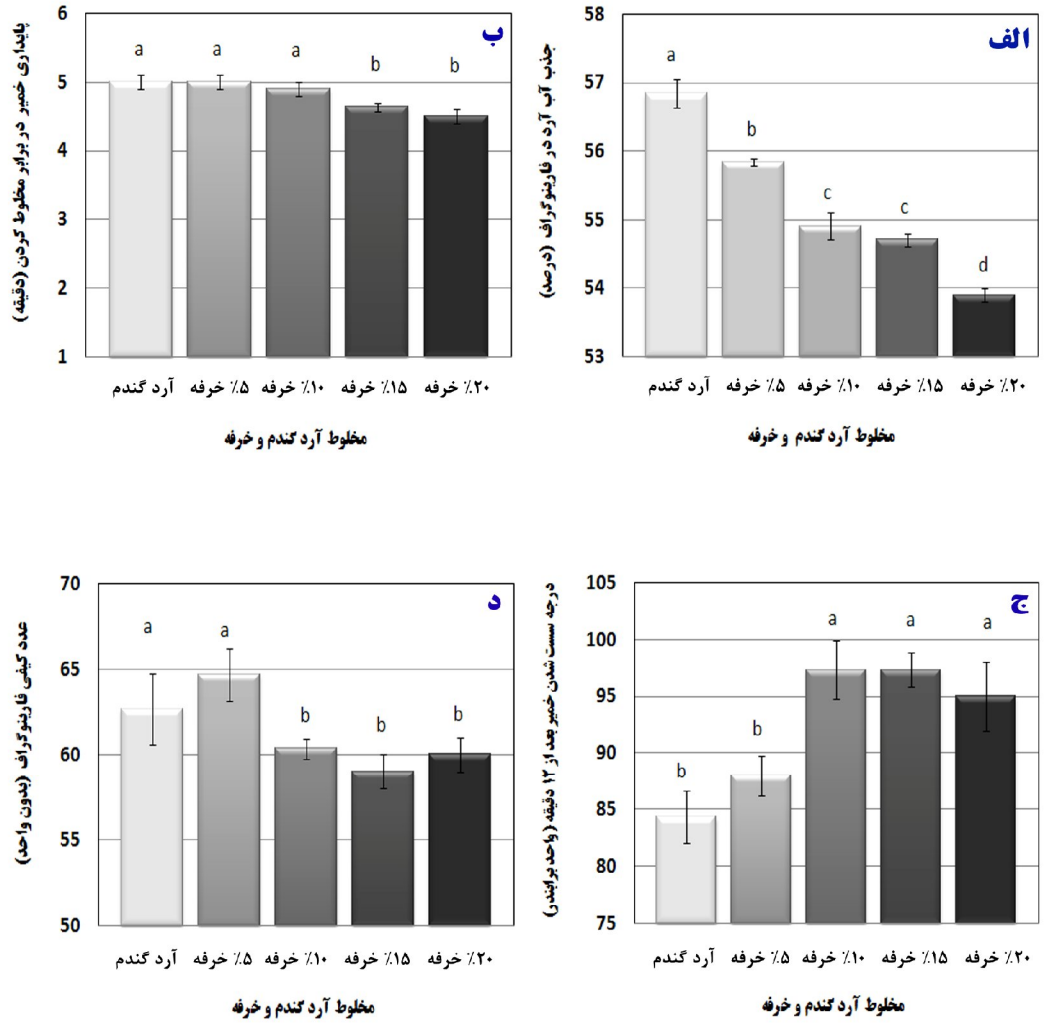
کیفیت پروتئین بازاء افزودن خرفه (در همه درصدهای مورد استفاده) بود نیز تأیید گردید.

در شکل ۳–ج درجه نرم شدن (۱۲ دقیقه) در خمیر نمونه حاوی ۵٪ خرفه مشابه خمیر شاهد بود، اما در بقیه نمونه‌ها این ویژگی افزایش یافت که نشان‌دهنده تضعیف و کاهش تحمل خمیر در برابر مخلوط کردن می‌باشد. همانطور که قبلا نیز ذکر گردید این امر به دلیل رقیق شدن پروتئین‌های تشکیل دهنده گلوتن با فیبر و نیز واکنش بین مواد فیبری و گلوتن است که به نوبه خود ویژگی‌های مخلوط شدن خمیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

عدد کیفی فارینوگراف (FQN) معیاری قراردادی است که توسط شرکت برابندر معرفی شده است. این مؤلفه رئولوژیکی، برآیندی از مجموع شاخص‌های موجود در منحنی فارینوگرام است که در پژوهش‌های مربوط به ارزیابی کیفیت گندم و آرد قابل استفاده می باشد (دآپولینو و کونرت ۱۹۹۷). این عدد توصیف کننده کیفیت کلی آرد بوده و در واقع به جای محاسبه چندین شاخص مختلف در منحنی فارینوگراف با یک عدد واحد می توان کیفیت آرد را گزارش نمود. آرد های ضعیف FQN پایین و آرد های قوی FQN بالا نشان می دهند (قمری و همکاران۲۰۰۹). بیشترین عدد کیفی متعلق به نمونه ۵٪ آرد خرفه بود. عدد کیفی فارینوگراف در نمونه های مخلوط با آرد خرفه به استثنای نمونه ۵٪ و ۱۰٪ (که مشابه نمونه شاهد بودند) کاهش یافت. علت این امر کاهش پایداری و افزایش درجه سست شدن خمیر های مخلوط با آرد خرفه است.



شکل ۲- منحنی‌های فارینوگرام آرد شاهد (بدون افزودن خرفه) و آردهای غنی شده با درصدهای مختلف خرفه. شکل‌های ارائه شده منحنی‌های میانگین سه بار اندازه گیری می باشند.



شکل ۳ – نتایج استخراج شده از منحنی‌های فارینوگرام تیمارهای آزمایشی: الف) درصد جذب آب آرد، ب) پایداری خمیر در برابر مخلوط کردن، ج) درجه سست شدن خمیر، د) عدد کیفی فارینوگراف. داده‌های نمودار میانگین سه تکرار می باشند. بازه های خطا در هر نمودار معرف انحراف استاندارد می‌باشند. حروف لاتین متفاوت در ستون‌ها نشان دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌ها با احتمال ۹۵٪ است.

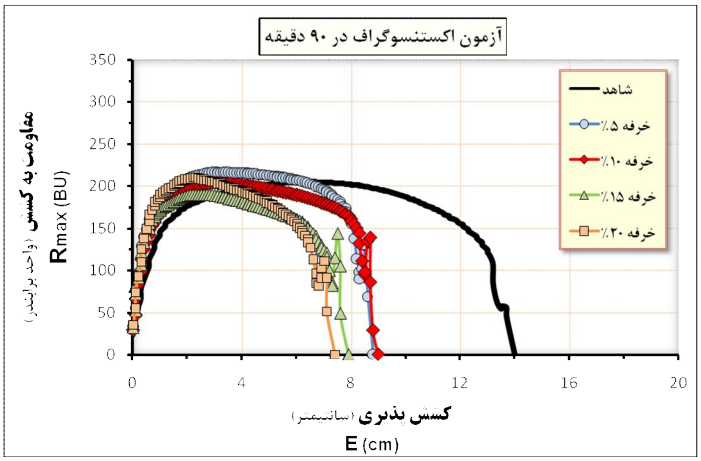
۳-۸- نتایج آزمون اکستنسوگرافی

آزمون‌های رئولوژیکی با دامنه تغییر شکل بزرگ از جمله آزمون کشش یک‌طرفه با دستگاه اکستنسوگراف اطلاعاتی درباره رفتار ویسکوالاستیک خمیر و قابلیت اتساع پذیری شبکه گلوتنی ارائه می-نماید. از روی منحنی اکستنسوگرام هم رفتار الاستیک خمیر در قالب ویژگی "مقاومت به کشش (R_{max})" و هم رفتار ویسکوز خمیر در قالب ویژگی "کشش پذیری (E)" و مجموع آنها یا رفتار ویسکوالاستیک خمیر در قالب پارامتر "سطح زیر منحنی یا انرژی لازم برای کشش (E)" قابل بررسی می‌باشد (فدریکابلاسترا ۲۰۰۹). شکل ۴ مقایسه کلی منحنی‌های اکستنسوگرام تیمارهای آزمایشی بصورت نمودارهای روی‌هم در یک شکل واحد می‌باشد. همانطوریکه در این شکل ملاحظه می‌شود با افزایش درصد جایگزینی آرد خرفه با آرد گندم، جزء الاستیک منحنی (مقاومت به کشش) در نمونه های حاوی بیش از ۱۰٪ خرفه (بویژه در زمان تخمیر ۱۳۵ دقیقه)

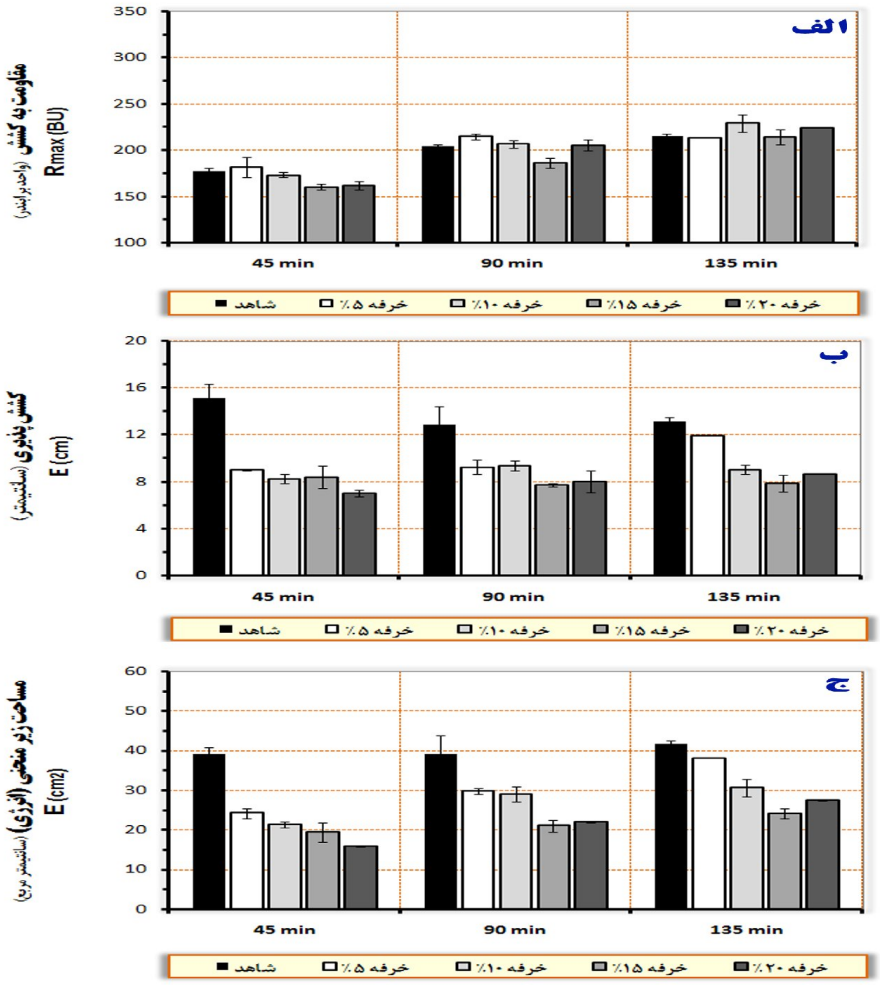
تقویت شده و جزء ویسکوز منحنی (کشش پذیری) بطور قابل ملاحظه‌ای تضعیف می‌شود. جزئیات بیشتر داده‌های استخراج شده از منحنی‌های اکستنسوگرام در هر سه زمان ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه با اعمال بازه-های اطمینان در سطح احتمال آماری ۹۵ درصد در شکل ۵ آمده است. همانطور که از شکل ۵-الف ملاحظه می‌شود در زمان تخمیر ۱۳۵ دقیقه با افزایش درصد افزودن خرفه مقاومت به کشش افزایش نسبی یافته است. کمترین مقاومت مربوط به تیمار شاهد و بیشترین مقاومت مربوط به تیمارهای با جایگزینی بیش از ۱۰٪ خرفه می‌باشد. افزایش مقاومت به کشش بیانگر سفت شدن گلوتن می باشد. از آنجائی‌که جزء گلوتنین پروتئین گلوتن در مقاومت به کشش خمیر نقش دارد بنظر می‌رسد که با افزایش درصد جایگزینی خرفه در آرد گندم احتمالا پروتئین‌های مسئول خواص کشسانی خمیر (گلوتنین‌های پلیمری با وزن ملکولی بالا) تقویت می‌شوند. همانطور که در شکل ۵-ب مشاهده می‌شود با افزایش درصد افزودن خرفه به آرد گندم قابلیت کشش خمیر که نشان دهنده رفتار ویسکوز خمیر می‌باشد و مربوط به حضور گلیادین‌ها است بطور معنی‌داری کاهش یافته است. این امر نشان دهنده تأثیر منفی اجزاء خرفه روی ویژگی کشش پذیری خمیر می باشد. علت این امر احتمالا مربوط به حضور مواد فیبری نامحلول در خرفه بوده که باعث پاره شدن زود هنگام گلوتن در حین کشش می‌شود. علت دیگر احتمالا مربوط به رقیق شدن پروتئین‌های گلیادین می باشد که نسبت گلیادین به گلوتنین را تغییر می‌دهد و از این روست که خواص الاستیک که مربوط به حضور گلوتنین ها است تقویت و خواص ویسکوز خمیر که مربوط به اثر گلیادین ها است تضعیف می گردد.

منشأ این اثرات متفاوت می‌تواند مربوط به ترکیب شیمیایی آرد خرفه باشد. با توجه به اینکه افزودن آرد خرفه تأثیر متفاوت روی اجزاء الاستیک (R_{max}) و ویسکوز (E) خمیر در آزمون اکستنسوگرافی داشت، لذا اندازه گیری سطح زیر منحنی اکستنسوگرام (معرف کار مکانیکی یا انرژی مورد نیاز برای کشش خمیر) می تواند توضیح بهتری برای رفتار رئولوژیکی خمیر در آزمون اکستنسوگرافی ارائه نماید و اثر افزودن درصدهای مختلف خرفه را تفسیر نماید. انرژی خمیر[1] یا مساحت زیر منحنی اکستنسوگرام نشان دهنده انرژی مورد نیاز جهت کشش خمیر تا پاره شدن آن و یا کار مکانیکی برروی خمیر است و شاخص خوبی برای مشخص کردن قوت آرد می باشد. در کاربردهای عملی ارتفاع منحنی و مساحت زیر منحنی به عنوان معیار قدرت آرد در نظر گرفته می شوند و مقادیر بزرگتر آنها بیانگر قدرت بالای خمیر است (فدریکابلاسترا ۲۰۰۹). نتایج اندازه‌گیری سطح زیر منحنی (انرژی) برای تیمارهای آزمایشی در شکل ۵-ج آمده است: کلا انرژی کشش خمیر برای کلیه تیمارهای آزمایشی نسبت به خمیر شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. افزودن آرد خرفه به آرد گندم مقاومت به کشش پذیری و استحکام خمیر را کاهش داده و مقاومت به کشش را افزایش می‌دهد و این اثر با افزایش درصد جایگزینی خرفه بارزتر می‌شود.

[1]-Dough Energy



شکل ۴- منحنی‌های اکستنسوگرام آردهای غنی شده با مقادیر مختلف پودر دانه خرفه. فقط منحنی اکستنسوگرام زمان ۹۰ دقیقه نشان داده شده است. منحنی‌های ارائه شده منحنی‌های میانگین سه تکرار می باشند.



شکل ۵ – نتایج استخراج شده از منحنی‌های اکسنسوگرام تیمارهای آزمایشی: الف) مقاومت حداکثر خمیر به کشش (R_{max})، ب) کشش پذیری (E) و ج) مساحت زیر منحنی اکستنسوگرام یا انرژی کشش (E). داده‌های نمودار میانگین سه تکرار می باشند. بازه‌های خطا در هر نمودار معرف انحراف استاندارد می‌باشند.

۴-نتیجه گیری

در این مطالعه تأثیر افزودن آرد خرفه به آرد گندم روی خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی، اندازه ذرات آرد، کمیت و کیفیت پروتئین گلوتن و نیز خواص رئولوژیکی خمیر با استفاده از آزمون‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی مورد بررسی قرار گرفت. با افزودن آرد خرفه به آرد گندم توزیع اندازه ذرات آرد ریزتر، پروتئین کل و فیبر خام افزایش یافت. اما گلوتن مرطوب و عدد زلنی کاهش یافت. با توجه به نتایج آزمون فارینوگرافی جذب آب، پایداری خمیر و عدد کیفی فارینوگراف با افزایش درصد افزودن آرد خرفه کاهش یافت و درجه سست شدن (۱۲دقیقه) خمیرافزایش یافت. افزودن آرد خرفه تغییر معنی داری در زمان توسعه خمیر ایجاد نکرد (نتایج نشان داده نشده‌اند). از ویژگی‌های اکستنوگراف خمیر با افزودن آرد خرفه مقاومت ماکزیمم خمیر (R_{max}) به جز نمونه‌های ۵ ٪ و۱۵٪ افزایش یافت ولی کشش پذیری (E) و انرژی(A) در همه نمونه ها نسبت به نمونه کنترل کاهش یافت.

ارزیابی های فیزیکی‌شیمیایی و آزمون‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیر های تهیه شده با خرفه، خمیر تهیه شده با ۱۰٪ آرد خرفه را به عنوان بهترین نمونه از نظر ویژگی‌های رئولوژیکی معرفی می کند؛ همچنین نشان دهنده اثر ضعیف کنندگی آرد خرفه بر خمیر نان در مقادیر بیشتر می باشد. لذا این نمونه جهت تولید نان فرا سودمند حاوی اسیدهای چرب امگا ۳ و فیبر رژیمی توأم با حفظ خصوصیات کیفی و حسی مطلوب نان پیشنهاد می شود.

سپاسگزاری

از مرکز پژوهش‌های غلات تهران بخاطر در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی تقدیر و تشکر می‌نمائیم. حمایت و همفکری مدیریت و اساتید گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تبریز و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران را در انجام این پژوهش ارج می‌نهیم.

منابع مورد استفاده

AACC, 2005. AACC Approved Methods St Paul, Minnesota, USA: AACC, American Association of cereal chemists.

Award J, Dawkins NL, Shikany J and Pace RD. 2009. Boost for purslane. FPD-Health and Wellness.pp 58-60.

D'Appolonia BL and Kunerth WH. 1997. The Farinograph hand book: Third edition revised and expanded. St. Paul, Minnesota, USA: AACC, American Association of Cereal Chemists, Inc. pp. 20-32.

Federica Balestra SSA, 2009. Empirical and fundamental mechanical tests in the evaluation of dough and bread rheological properties Alma Mater Studiorum University Dibologna: 1-169.

Ghamari M, Peighambardoust SH and Reshmeh Karim K, 2009. Application of farinograph quality number (FQN) in evaluation baking quality of wheat. Journal of Food Science and Technology (In Persian). 6: 22-34.

Hao C, Mao Z, Li D and Wang L, 2008. Rheological properties of defatted flaxseed-wheat dough." Bibliography on evaluating internet resources" American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph Michigan. [on line]. http://www.asabe.org.

Koca AF and Anil M, 2007. Effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality. Journal of the Science of Food and Agriculture 87:1172-1175.

Liu L,Howe P,Zhou YF,XuZQ and Hocart C.Zhang R, 2000. Fatty acids Aand carotene in Australian purslane (*Portulaca oleracea*) varieties. Journal of Choromatography A 893: 207-213.

Omara-Alwala, TR., T. Mebrahtu, DE, Prior and MO. Ezekwe, 2007. Omega-three fatty acids in purslane (*Portulaca oleracea*) tissues. Journal of the American Oil Chemist Society 68:198-199.

Palacios-fonseca A J, Vazquez Ramos C and Rodriguez Garcia ME, 2009. Physicochemical characterizing of industrial and traditional nixtamalized. Journal of Food Engineering 93: 45-51.

Pohjanheimo TA, Hakala MA, Tahvonen RL, Salminen SJ and Kallio HP, 2006. Flaxseed in breadmaking: effects on sensory quality, aging, and composition of bakery products. Journal of Food Science 71: 343-348.

Rendon-Villalobos JR, Bello-Perez LA, Agama-Acevedo E, Islas-Hernandez JJ, Osorio-Diaz P and Tovar J. 2009. Composition and characteristics of oil extracted from flaxseed-added corn tortilla. Food chemistry 117:83-87.

Serna-Saldivar SO, Zorrilla R, De La Parra C, Stagnitti G and Abril R. 2006. Effect of DHA containing oils and powders on baking performance and quality of white pan bread. Plant Foods for Human Nutrition 61: 121-129.

Simopoulos AP. 2002. Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 11: 163-173.