

تأثیر استفاده از هیدروکلوئید کربوکسی متیل سلولز و امولسیفایر دی استیل تارتاریک اسید بر خواص فیزیکوشیمیایی، حسی و ماندگاری نان تست غنی شده با آرد لوبیاچیتی و نخود

لیلا ناطقی*

*گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۸

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۱۵

چکیده

حبوبات یکی از منابع بسیار مهم پروتئینی می‌باشند که در متعادل‌سازی آمینواسیدهای ضروری بدن نقش به‌سزایی داشته و می‌تواند خواص کاربردی در محصولات پخت نیز داشته باشد. از سوی دیگر به دلیل عدم حضور پروتئین گلوتن در این دسته از مواد غذایی، در صورت افزودن به فرمولاسیون محصولات صنایع پخت، استفاده از مواد افزودنی مجاز نظیر هیدروکلوئیدها و امولسیفایرها به منظور بهبود بافت ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، حسی و بهبود مدت زمان ماندگاری نان تست غنی شده با آرد حبوبات (نخود و لوبیاچیتی) در مقادیر ۵ و ۱۰ درصد، امولسیفایر دی استیل تارتاریک اسید (DATEM) در مقادیر ۰/۷۵ و ۱ درصد و هیدروکلوئید کربوکسی متیل سلولز (CMC) در مقادیر ۱ و ۱/۵ درصد (وزنی-وزنی، بر پایه وزن آرد) به ترتیب بود. نتایج نشان داد افزودن آرد نخود و لوبیاچیتی و امولسیفایرها منجر به افزایش جذب آب خمیر، زمان گسترش خمیر، زمان مقاومت خمیر و همچنین ارزش والریمتری (خصوصیات کشسانی خمیر) گردید و درجه سست شدن خمیر در تمامی تیمارها کمتر از نمونه شاهد بود. در تمامی بازه‌های زمانی حداکثر مقاومت به کشش تمامی تیمارها افزایش و قابلیت به کشش کاهش یافت. تیمار محتوی ۵ درصد آرد لوبیاچیتی و ۱ درصد CMC، از بین تیمارهای منتخب دارای کمترین میزان بیاتی پس از ۷۲ ساعت بود. نتایج حاصل از حجم‌سنجی نمونه‌ها نشان داد که نمونه‌ی حاوی ۱۰ درصد آرد نخود و ۰/۷۵ درصد DATEM، بالاترین حجم را داشت. نمونه حاوی ۵ درصد آرد لوبیاچیتی و ۱ درصد CMC از نظر پذیرش کلی با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. در نهایت با توجه به نظر ارزیاب‌ها استفاده از ۵ درصد آرد لوبیاچیتی و ۱ درصد CMC نسبت به وزن کل آرد در فرمولاسیون، نان تست غنی شده توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آرد لوبیاچیتی، آرد نخود، دی استیل تارتاریک اسید، کربوکسی متیل سلولز، نان تست

۱- مقدمه

نان غذای اصلی و پایه بسیاری از کشورهای جهان را تشکیل داده و روزانه قسمت اعظمی از انرژی، پروتئین، املاح معدنی و ویتامین های گروه B مورد نیاز آنها را تامین می نماید. در ایران نیز حدود ۶۰-۶۵ درصد پروتئین و کالری و حدود ۲-۳ گرم املاح معدنی و قسمت اعظم نمک مورد نیاز روزانه از خوردن نان تامین می گردد (۴)، ولی متاسفانه با افزایش مصرف، اقدامات لازم برای غنی سازی و بهبود آن صورت نگرفته است. یکی از بهترین ترکیبات به منظور غنی سازی آرد گندم در تولید نان استفاده از آرد حبوبات می باشد. حبوبات حاوی مقادیر بالایی از اسیدآمینوهای لیزین، لوسین، آسپارتیک اسید، گلوتامیک اسید، آرژینین هستند که جایگزین مناسبی برای انواع گوشتها می باشند، بنابراین استفاده از آرد حبوبات در نان، علاوه بر تامین اسیدآمینوهای ضروری در بدن با افزایش محتوای پروتئینی نان، ارزش غذایی آن را بالا می برد. از آنجاییکه میزان پروتئین موجود در آرد نخود ۲۵-۱۹ درصد می باشد بنابراین با بالا رفتن محتویات پروتئینی نان توسط آرد نخود، بیاتی نان نیز به تعویق می افتد که این می تواند بدلیل به تعویق افتادن روتروگراداسیون (بیاتی) نشاسته باشد (۵). در تحقیقی شمس و همکاران در سال (۱۳۸۱) آرد نول را با آردهای نخود و باقلا، غنی نمودند نتایج نشان داد، میزان تمام آمینواسیدهای ضروری بجز آمینواسیدهای ضروری گوگردار (متیونین و سیستین) در آرد مذکور در مقایسه با آرد نول غنی نشده افزایش یافت (۶). مطالعات نشان داده است که مصرف میان وعده های غذایی حاوی لوبیاچیتی در پیشگیری از سرطان روده بزرگ نقش مهمی دارد. از طرفی، آهن، فولات و منیزیم موجود در نخود در رشد سلول های هموگلوبین، رقیق شدن خون و بهبود جریان خون تاثیر بسزایی دارد (۲۸). لوبیاچیتی و نخود از نظر مقدار فیبر بسیار غنی هستند (۱۷)، مصرف منظم فیبر با کاهش چشمگیر کلسترول مضر و حفظ سلامت بدن ارتباط دارد. فیبر به جذب بهتر مواد مغذی کمک می کند و احساس سیری در

فرد ایجاد می کند (۲۷). با افزودن آرد حبوبات به آرد گندم، فرماتاسیون خمیر و خواص رئولوژی خمیر که تاثیر به سزایی در کیفیت نان دارند، تغییر می نماید. لذا باید آنها را به دقت مورد بررسی قرار داد.

یکی از موفق ترین روش ها به منظور حفظ کیفیت و افزایش مدت زمان نگهداری نان به کاربردن هیدروکلئیدها می باشد (۱۶). گروه های هیدروکسیل موجود در هیدروکلئیدها با برقراری پیوندهای هیدروژنی با مولکول های آب، بیاتی نان را به تاخیر می اندازد (۲). معمولاً هیدروکلئیدها در تهیه نان های حجیم برای بهبود بافت، تقویت شبکه گلوتنی، ایجاد نرمی، یکنواختی و به تعویق انداختن بیاتی استفاده می شود (۸). کربوکسی متیل سلولز (CMC^۲) در فرآورده های نانویی بیشتر جهت نگهداری رطوبت، بهبود بافت یا بهبود احساس دهانی محصولات، کنترل کریستالیزاسیون شکر و یخ و همچنین کنترل ویژگی های رئولوژیکی خمیر، بهبود حجم و یکنواختی ساختمان محصولات و یا افزایش ماندگاری آنها به کار می رود (۱۰). عرب عامری و همکاران (۱۳۸۳) تاثیر هیدروکلئیدهای کربوکسی متیل سلولز، صمغ زانتان، صمغ گوار و صمغ لوبیای لوکاست را بر کیفیت نان لواش مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که استفاده از هیدروکلئیدها، منجر به تعویق بیاتی می گردد (۸).

استفاده از افزودنی هایی نظیر امولسیفایرها در نان، خلل و فرج نان بهبود می بخشد و حجم نان را افزایش می دهد (۶). یکی از امولسیفایرهای غیریونی روغن در آب دی استیل تارتاریک اسید (DATEM^۱) است که به عنوان تقویت کننده خمیر سبب افزایش قدرت نگهداری گاز و به دنبال آن بهبود بافت و کیفیت نان می شود (۹). امولسیفایرها می توانند با آمیلوز مولکول نشاسته تشکیل

* Diacetyl tartaric acid ester of mono- and diglycerides

² Carboxy Methyl Cellulose

از الک با مش ۱۰۰ عبور داده شدند. دیگر مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

۲-۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی نمونه آرد گندم

نول و آردهای نخود و لویاچیتی

تمامی آزمون‌های شیمیایی نمونه‌های آرد مطابق با روش AACC (۱۴) به شماره‌های ذکر شده صورت گرفت. آزمون تعیین رطوبت شماره ۴۴-۱۶، آزمون تعیین خاکستر شماره ۰۱-۰۸، آزمون تعیین پروتئین شماره ۱۲-۴۶، آزمون تعیین چربی شماره ۳۰-۱۰، آزمون تعیین pH شماره ۰۲-۵۲ و آزمون تعیین فیبر به شماره ۱۰-۳۲ انجام شد.

۲-۲-۲- آزمون‌های رئولوژیکی خمیر

آزمون‌های فارینوگرافی با استفاده از روش استاندارد AACC (۱۴) به شماره ۵۱-۲۴، آزمون اکستنسوگراف با استفاده از روش استاندارد ملی ایران به شماره ۳۲۴۶، (۱۱) به ترتیب توسط دستگاه‌های فارینوگراف و اکستنسوگراف برابندر، ساخت کشور آلمان انجام شد.

۲-۲-۳- تولید نان تست

به منظور تولید نان تست، آرد حبوبات (نخود و لویاچیتی) در مقادیر ۵ و ۱۰ درصد، امولسیفایر DATEM در مقادیر ۰/۷۵ و ۱ درصد و هیدروکلونید CMC در مقادیر ۱ و ۱/۵ درصد (وزنی-وزنی، بر پایه وزن آرد)، مطابق با جدول ۱، به فرمولاسیون خمیر نان تست اضافه شدند و در مخزن خمیرگیر آزمایشگاهی (ایپتو^{*}، مدل EB۱۲، آلمان) به مدت ۱۰ دقیقه به طور یکنواخت مخلوط شدند و پس از آن مخمر، نمک، روغن و شکر به میزان‌های ۲، ۲، ۶ و ۲ درصد وزنی بر پایه وزن آرد به مخلوط اضافه گردیدند. سپس مقدار آب لازم بر اساس جذب آب آرد در فارینوگراف محاسبه گردید و به مخلوط اضافه شد. پس از اختلاط کامل آرد و آب و

کمپلکس دهند و از تجمع و متراکم شدن زنجیرهای آمیلوز که موجب کاهش خروج آب از نشاسته ژلاتینه شده می‌گردند، جلوگیری نمایند و در نتیجه به وسیله ایجاد کمپلکس با نشاسته و جذب شدن بر روی سطح آن موجب ممانعت از خروج آب و به تاخیر انداختن بیاتی محصول شوند (۲۱). غیور و همکاران، (۱۳۹۰) تاثیر به کارگیری DATEM را بر خصوصیات رئولوژیکی و حجم مخصوص نان اشرودل مورد بررسی قرار دادند که نتایج آنها نشان داد، استفاده از DATEM به میزان ۰/۳ درصد باعث بهبود خواص رئولوژیکی و افزایش حجم مخصوص نان اشرودل می‌شود (۹). پورظفر و همکاران (۲۰۱۳)، تاثیر به کارگیری امولسیفایر DATEM را بر ویژگی‌های حسی و مدت ماندگاری نان بربری بدون گلوتن مورد بررسی قرار دادند و مشخص گردید که استفاده از امولسیفایر DATEM به میزان ۱ درصد سبب کاهش سفتی نان‌ها طی دوره نگهداری در مقایسه با شاهد گردید (۲۵).

از این‌رو هدف کلی از این تحقیق بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، حسی و بهبود مدت زمان ماندگاری نان تست غنی شده با آرد لویاچیتی و نخود با کربوکسی متیل سلولز و دی استیل تارتاریک اسید بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد مورد استفاده در این تحقیق آرد نول با درجه استخراج ۶۸ درصد بود که از کارخانه آرد و نان هورسان (تهران) و مخمر خشک فعال از شرکت فریمان مشهد تهیه گردید. کربوکسی متیل سلولز و دی استیل تارتاریک اسید از شرکت دنیسکو دانمارک تهیه شد. لویاچیتی و نخود مورد استفاده در این پژوهش از مرکز تحقیقات کشاورزی، استان گلستان (گرگان)، تهیه گردیدند و توسط آسیاب چکشی (مدل ام سی جی ۱۰۰، مایسان، کره جنوبی) به طور کامل آسیاب شدند و

*. Iypto

تشکیل توده فرم پذیر خمیر، استراحت اولیه نمونه ها به مدت ۱۰ دقیقه خمیر در داخل کابینت مخصوص ورآمدن خمیر (ولکر*، آلمان) در دمای ۳۸ درجه سانتی گراد صورت گرفت. سپس قطعاتی از خمیر به وزن تقریبی ۴۵۰ گرم، چانه گیری و گرد گردید و دوباره پس از ۱۰ دقیقه استراحت، تخمیر میانی (به مدت ۳۰ دقیقه، دمای ۳۸ درجه سانتی گراد) انجام شد. در نهایت چانه های خمیر وارد اتاقک تخمیر شدند تا مرحله تخمیر نهایی در درجه حرارت ۳۰ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد به مدت ۴۰ دقیقه انجام شود. سپس قالب های نان وارد فرگردان با سیستم بخار مخصوص پخت نان تست و انواع نان های شیرین، ساخت کشور ایران با دمای ۲۲۰-۲۳۰ درجه سانتی گراد گردیدند. مدت زمان پخت نمونه های نان تست در حدود ۴۵ دقیقه بود.

جدول ۱- مشخصات تیمارهای نان‌های تست تولید شده و کدهای مربوطه

کد تیمارها	مشخصات تیمارها
کد (۰)	نمونه شاهد (حاوی آرد نول، فاقد آرد حبوبات ، CMC و DATEM)
کد (۱)	نمونه حاوی ۱۰٪ آرد نخود به وزن کل آرد نول
کد (۲)	نمونه حاوی ۱۰٪ آرد نخود و ۰/۷۵٪ DATEM به وزن کل آرد نول
کد (۳)	نمونه حاوی ۱۰٪ آرد نخود و ۱٪ DATEM به وزن کل آرد نول
کد (۴)	نمونه حاوی ۱۰٪ آرد نخود و ۱٪ CMC به وزن کل آرد نول
کد (۵)	نمونه حاوی ۱۰٪ آرد نخود و ۱/۵٪ CMC به وزن کل آرد نول
کد (۶)	نمونه حاوی ۵٪ آرد لوبیاچیتی به وزن کل آرد نول
کد (۷)	نمونه حاوی ۵٪ آرد لوبیاچیتی و ۰/۷۵٪ DATEM به وزن کل آرد نول
کد (۸)	نمونه حاوی ۵٪ آرد لوبیاچیتی و ۱٪ DATEM به وزن کل آرد نول
کد (۹)	نمونه حاوی ۵٪ آرد لوبیاچیتی و ۱٪ CMC به وزن کل آرد نول
کد (۱۰)	نمونه حاوی ۵٪ آرد لوبیاچیتی و ۱/۵٪ CMC به وزن کل آرد نول

۲-۲-۴- روش‌های آزمون فیزیکوشیمیایی نان‌های تست تولیدی

۲-۲-۴-۱- آزمون بافت سنجی

تغییرات بافت مطابق با استاندارد AACC به شماره ۷۴-۰۹ (۱۴) توسط دستگاه اینستران* (IUTM) مدل H5KS، ساخت انگلستان انجام شد. میزان نیروی به کار رفته در این آزمون ۵ کیلوگرم و یا ۵۰۰ نیوتن بود و در این آزمون از پروپ نفوذی با سطح مقطع استوانه‌ای شکل و با قطر سطح مقطع ۳/۲ میلی‌متر با سرعت ۱۰۰ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد و در هنگام تعیین سفتی مغز نان میزان نفوذ پروپ ۱۰ میلی‌متر بود. نان‌های مورد نظر مورد آزمون تراکمی یا فشاری در فواصل زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از پخت قرار داده شدند.

۲-۲-۴-۲- اندازه‌گیری حجم مخصوص

اندازه‌گیری حجم نان‌های تست مورد آزمون، به روش جایگزینی حجم با دانه کلزا انجام گردید. برای اندازه‌گیری، ابتدا حجم ظرف همراه با دانه‌های کلزا اندازه گرفته شد، سپس قطعه نان تست در داخل ظرف خالی گذاشته شد و در آن دانه‌های کلزا ریخته شد و سپس نان تست خارج گردید و حجم اشغالی توسط دانه‌های کلزا اندازه‌گیری شد. اختلاف دو عدد حاصله حجم نان تست بود. جهت کاهش خطا از قسمت‌های مختلف نان نمونه برداری شد و سپس حجم مخصوص نان تست مطابق با روش زیر محاسبه گردید (۳۳).

$$\text{حجم مخصوص} = \frac{\text{برحسب گرم وزن نان}}{\text{سائیمتر مکعب حجم نان}}$$

۲-۲-۳-۴-۳-آزمون حسی نان‌های تست تولیدی

آزمون حسی مطابق روش هدونیک پنج نقطه‌ای، از بسیار مطلوب (امتیاز ۵) تا بسیار نامطلوب (امتیاز ۱) انجام گرفت و بیاتی و پذیرش کلی نان‌های تست تولید شده در سه بازه زمانی ۰، ۲۴، ۴۸ ساعت مورد بررسی قرار گرفتند (۹ و ۱۸).

با توجه به جدول ۲، تمامی فاکتورهای مورد اندازه‌گیری آرد نول مصرفی در حد استاندارد ملی آرد ایران به شماره ۱۰۳، بوده است (۱۲). مطابق با نتایج مقادیر پروتئین، خاکستر و فیبر آرد لوبیاچیتی و آرد نخود به شکل معنی‌داری بالاتر از آرد نول بود.

۲-۲-۵-روش تجزیه تحلیل اطلاعات

تجزیه و تحلیل نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در روش‌های دستگاهی و ۵ تکرار در روش‌های حسی با استفاده از نرم افزار ۱۶ Minitab صورت گرفت. آنالیز واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین‌ها از نوع دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد به منظور بررسی معنی‌دار بودن نتایج حاصله صورت گرفت.

همچنین میزان پروتئین آرد نخود (۳۸/۸۷) در مقایسه با آرد لوبیاچیتی (۳۲/۲۲) بالاتر بود. در تایید نتایج حاصل از تحقیق حاضر خسروی و همکاران (۱۳۹۲)، نیز اعلام کردند که میزان پروتئین آرد نخود (۴۳/۳۳) به شکل معنی‌داری بالاتر از آرد لوبیاچیتی (۳۲/۵۵) در واریته‌های ایرانی بوده است (۳). در بررسی‌های محققین دیگر نیز میزان پروتئین، خاکستر و فیبر موجود در آرد‌های نخود، لوبیاچیتی به مراتب بیشتر از میزان آن در آرد ستاره گزارش شده بود (۲۰).

۳-نتایج و بحث

۳-۱-نتایج آزمون فیزیکوشیمیایی آرد گندم نول و آردهای نخود و لوبیاچیتی

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد گندم (نول) و آردهای نخود و لوبیاچیتی^۱

نمونه	رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	پروتئین (درصد)	pH	چربی (درصد)	فیبر (درصد)
آرد نول	۱۳/۸۰±۰/۸۰ ^a	۰/۵۰±۰/۰۸ ^c	۱۰/۹۰±۰/۳۸ ^c	۶/۰۸۵±۰/۱۲ ^b	۲/۵۵±۰/۱۹ ^a	۲/۴۷±۰/۱۹ ^c
آرد لوبیاچیتی	۸/۰۰±۰/۳۵ ^b	۲/۷۰±۰/۳۸ ^b	۳۲/۲۲±۱/۰۸ ^b	۶/۰۸۵±۰/۱۷ ^b	۱/۲۰±۰/۱۷ ^b	۱۴/۵۰±۰/۸۲ ^a
آرد نخود	۶/۰۰±۰/۱۸ ^c	۴/۲۰±۰/۱۲ ^a	۳۸/۸۷±۱/۲۱ ^a	۶/۴۰±۰/۲۴ ^a	۰/۵۰±۰/۰۸ ^c	۱۳/۰۰±۰/۷۳ ^b

۱-مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش گردیده است.

۲-حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

۲-۳-۲- نتایج حاصل از آزمون فارینوگراف

نتایج حاصل از آزمون فارینوگراف در جدول ۳، گزارش شده است.

۲-۳-۱- میزان جذب آب

با افزایش جذب آب اجزای خمیر بهتر توزیع می‌شوند و شبکه گلولتی توسعه بهتری خواهد داشت. محققان افزایش ظرفیت جذب آب آرد گندم را به محتوای رطوبت کمتر، سبوس بیشتر و پروتئین بالاتر، سطح پنتوزان بالاتر، نشاسته آسیب دیده بیشتر و فعالیت آنزیمی بالاتر آن نسبت داده‌اند.

مطابق با نتایج جدول ۴، بیشترین میزان جذب آب به ترتیب به تیمارهای کد (۵)، کد (۴) که حاوی آرد نخود و CMC بودند تعلق داشت که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آنها ملاحظه نگردید ($p \geq 0.05$) و کمترین میزان جذب آب به ترتیب در تیمارهای شاهد، کد (۳) و کد (۷) که حاوی امولسیفایر DATEM بودند، مشاهده شد که از نظر آماری اختلاف قابل ملاحظه‌ای در میزان جذب آب این خمیرها دیده نشد ($p \geq 0.05$).

مطابق با نتایج میزان جذب آب نمونه‌های حاوی آرد نخود و لوبیاچیتی و امولسیفایر به شکل معنی‌داری بالاتر از نمونه شاهد بود. از آنجایی که حبوبات حاوی پروتئین بالاتری نسبت به غلات می‌باشند بنابراین با افزودن آرد حبوبات به آرد، محتوای پروتئینی آرد نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه میزان جذب آب خمیر حاصله نیز افزایش یافت (۲۰). نکته دیگر اینکه حدود ۹۰-۷۰ درصد پروتئین‌های خشک لوبیا، محلول در آب هستند در حالی که ۸۰-۹۰ درصد پروتئین‌های گلولتی، غیر محلول در آب هستند که این امر باعث جذب آب بالای خمیر حاصل از آرد لوبیاچیتی در مقایسه با آرد گندم می‌گردد (۲۴۱). از طرفی تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر موجود در آرد حبوبات، با ایجاد پیوندهای هیدروژنی جذب آب را افزایش می‌دهند (۲۴۱).

نتایج به دست آمده از این تحقیق مطابق با نتایج سایر محققین بود که در بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر ترکیبی آرد

گندم و آرد نخود اینطور بیان نموده بودند که جذب آب خمیر با افزودن مقادیر آرد نخود به آرد گندم افزایش می‌یابد که این افزایش جذب آب را به افزایش محتوای پروتئین و پنتوزان به خصوص ریبوز و دزوکسی ریبوز (پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای) و کاهش جزء نامحلول پروتئینی با افزودن آرد حبوبات در آردهای ترکیبی نسبت دادند (۲۳). در تایید نتایج حاصل از تحقیق حاضر شمس و همکاران (۱۳۸۱) نیز گزارش نمودند که افزودن آرد نخود پوست گیری نشده و باقلا به آرد گندم منجر به افزایش مواد سلولزی در خمیرهای نان و در نتیجه افزایش درصد جذب آب در آنها شده بود (۶).

۲-۳-۲- زمان گسترش خمیر

مدت زمان لازم به دقیقه برای شکل گیری خمیر را زمان گسترش خمیر می‌نامند (۳۲). مطابق با نتایج جدول ۴، افزودن آرد حبوبات و امولسیفایرها در تمام سطوح منجر به افزایش زمان گسترش خمیر در مقایسه با نمونه شاهد گردید. بالاترین زمان گسترش خمیر مربوط به تیمار کد (۴)، که حاوی ۱۰ درصد آرد نخود و ۱ درصد CMC بود و کمترین زمان گسترش خمیر متعلق به نمونه شاهد بود. کوهاجدووا* و همکاران در سال (۲۰۱۳)، در طی تحقیقی با افزودن آرد نخود به آرد گندم، اینطور بیان نمودند که با افزایش درصد جایگزینی آرد نخود با آرد گندم زمان گسترش خمیر به شکل معنی‌داری افزایش یافت که این افزایش زمان گسترش خمیر می‌تواند بدلیل وجود پروتئین‌های غیر گلولتی، فیبرها و قندهای موجود در آرد نخود باشد که منجر به تداخلات این ترکیبات با پروتئین‌های گلولتی و تاخیر در هیدراتاسیون و توسعه شبکه گلولتی باشد (۲۱).

* Kohajdová

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون فارینوگراف نمونه‌های آرد، نان‌های تست غنی شده با آرد لوبیاچیتی و نخود و حاوی هیدروکلونید CMC و امولسیفایر DATEM^۲ ا^۱

کد نمونه	میزان جذب آب (درصد)	زمان گسترش خمیر (دقیقه)	زمان مقاومت خمیر (دقیقه)	درجه سست شدن خمیر پس از ۱۰ دقیقه (برابندر)	درجه سست شدن خمیر پس از ۱۲ دقیقه (برابندر)	ارزش والریمتری
(۰)	۵۸/۸۰±۰/۳۵ ^e	۲/۱۰±۰/۰۱ ^e	۵/۲۵±۰/۰۷ ^e	۵۹/۱۰±۰/۱۰ ^b	۷۵/۰۰±۰/۵۰ ^b	۴۶/۰±۰/۸۴ ^g
(۱)	۶۱/۰۰±۰/۳۵ ^{bcd}	۵/۱۰±۰/۲۱ ^{bcd}	۶/۷۰±۰/۰۷ ^{bc}	۵۲/۰±۰/۵۰ ^d	۶۲/۰۰±۰/۲۴ ^e	۵۳/۰±۰/۱۴ ^{def}
(۲)	۶۲/۲۰±۰/۴۹ ^{abc}	۵/۰۰±۰/۱۶ ^{cd}	۸/۱۰±۰/۱۴ ^a	۴۰/۰۰±۰/۱ ^h	۵۵/۰۰±۱/۰۰ ^g	۶۱/۰±۰/۳۳ ^a
(۳)	۶۰/۰۰±۰/۶۷ ^{de}	۴/۸۰±۰/۲۱ ^{cd}	۷/۱۰±۰/۰۸ ^b	۵۰/۰۰±۰/۲۴ ^e	۶۵/۰۰±۰/۲۴ ^d	۵۵/۰±۰/۲۸ ^{cde}
(۴)	۶۳/۴۵±۰/۵۲ ^a	۶/۰۰±۰/۱۴ ^a	۵/۲۰±۰/۰۹ ^e	۵۶/۰±۱/۵۰ ^c	۷۸/۰۰±۱/۷۵ ^a	۵۱/۰±۱/۲۷ ^f
(۵)	۶۳/۵۰±۰/۶۳ ^a	۵/۱۰±۰/۱۴ ^{bcd}	۸/۰۰±۰/۱۲ ^a	۳۰/۰۰±۰/۱۵ ⁱ	۵۲/۰±۰/۲۰ ^g	۵۹/۰±۰/۹۶ ^{ab}
(۶)	۶۰/۵۰±۰/۱۷ ^{cde}	۴/۵۰±۰/۵۶ ^d	۷/۸۰±۰/۲۱ ^a	۵۳/۰±۱/۰۰ ^d	۵۹/۰۰±۱/۰۰ ^f	۵۳/۰±۰/۶۰ ^{def}
(۷)	۶۰/۰۰±۰/۷۰ ^{de}	۵/۰۰±۰/۲۱ ^{cd}	۶/۱۰±۰/۱۶ ^d	۵۵/۰۰±۰/۱۵ ^c	۷۴/۰±۰/۲۵ ^b	۵۲/۰±۰/۹۹ ^{ef}
(۸)	۶۲/۴۰±۰/۱۷ ^{ab}	۵/۵۰±۰/۱۴ ^{abc}	۸/۲۰±۰/۰۷ ^a	۴۲/۰۰±۰/۲۵ ^g	۵۱/۰۰±۱/۰۰ ^h	۵۷/۰±۱/۱۳ ^{bc}
(۹)	۶۱/۵۰±۰/۳۱ ^{bcd}	۵/۲۰±۰/۰۷ ^{abcd}	۸/۱۰±۰/۰۹ ^a	۴۵/۰۰±۰/۱۵ ^f	۵۷/۰±۰/۲۰ ^{fg}	۵۶/۰±۰/۶۳ ^{bcd}
(۱۰)	۶۱/۰۰±۰/۳۱ ^{bcd}	۵/۹۰±۰/۰۹ ^{ab}	۶/۲۰±۰/۲۸ ^{cd}	۶۱/۰۰±۰/۱۵ ^a	۷۱/۰±۰/۲۰ ^c	۵۰/۰±۰/۴۹ ^f

۱-مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش گردیده است.

۲-حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

عرب عامری و همکاران، (۱۳۸۳)، بیان نمودند که افزودن کربوکسی متیل سلولز بر خمیر نان باعث افزایش زمان گسترش خمیر می‌گردد و دلیل آنرا افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل و افزایش جذب آب به دلیل واکنش این مواد توسط پیوند هیدروژنی بیان نمودند. زیرا زمان مورد نیاز برای گسترش خمیر یا زمان لازم برای رسیدن خمیر به ۵۰۰ برابندر با افزودن هیدروکلونیدها به خمیر تغییر کرد (۸). بر طبق یافته‌های کریمی و عزیز (۱۳۸۶)، نیز افزودن سدیم استئاروئیل لاکتیلات بر خمیر نان تافتون باعث کاهش زمان گسترش خمیر شد (۱۰).

۳-۲-۳- زمان مقاومت خمیر

مطابق با نتایج جدول ۳، بالاترین زمان مقاومت خمیر به ترتیب مربوط به تیمارهای کد (۸)، کد (۲)، کد (۹) و کد (۵) بوده است که اختلاف معنی‌داری نیز در بین آنها دیده نشد ($p \geq 0.05$) و کمترین زمان مقاومت خمیر مربوط به تیمار شاهد بود. بطور کلی افزودن آرد حبوبات باعث کاهش مقاومت خمیر و افزودن امولسیفایرها باعث افزایش مقاومت خمیر می‌گردد. بنابراین استفاده از امولسیفایرها در خمیرهایی که با آرد حبوبات غنی شده بودند باعث شد که میزان مقاومت آنها در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یابد و خمیر قوی‌تری ایجاد شود. عرب عامری و همکاران در سال (۱۳۸۳)، گزارش کردند افزودن کربوکسی متیل سلولز بر روی خمیر نان لواش منجر به افزایش مقاومت خمیر گردید. آنها گزارش کردند خمیری که دارای کربوکسی متیل سلولز بود ثبات بیشتری داشته و نشان دهنده قوی‌تر بودن خمیر آن بوده است (۸). نتایج شمس و همکاران (۱۳۸۱)، در بررسی افزودن آرد حبوبات و لستین بر رئولوژی خمیر نان بیانگر این مطلب بود که افزودن آرد نخود و باقلا در تمامی درصدهای افزوده شده (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) منجر به کاهش پایداری خمیر می‌گردد (۶). نتایج به دست آمده از پژوهش‌های کوهاجدووا^۱ و همکاران در سال

۳-۲-۴- درجه سست شدن خمیر

در بررسی افزودن آرد نخود به کراکر دریافتند که پایداری خمیرهای حاوی آرد نخود کاهش یافته است که آنرا به تداخلات به وجود آمده بین پروتئین‌های غیر گندمی و فیبرها با گلوتن، و واکنش‌های پروتئولیتیکی که منجر به تخریب نسبی شبکه پروتئینی و کاهش زمان مخلوط کردن می‌گردند نسبت دادند (۲۱).

۳-۲-۵- ارزش والریمتری (خصوصیات کشسانی خمیر)

بالاترین ارزش والریمتری به ترتیب به تیمارهای کد (۲)، کد (۵) و پس از آن به تیمارهای کد (۸) و (۹) تعلق داشت و پایین‌ترین ارزش والریمتری مربوط به تیمار شاهد بود. مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق خمیر نمونه‌های حاوی آرد نخود با امولسیفایر مشابه ارزش والریمتری بالاتری نسبت به خمیر نمونه‌های حاوی آرد لوبیاچیتی داشتند. محققان در بررسی‌های خود اینطور بیان نموده‌اند که ضعیف شدن خمیر با افزودن آرد لوبیا می‌تواند به دلیل کاهش پروتئین‌های گلوتنی (رقیق شدن پروتئین‌های گلوتنی)، رقابت بین پروتئین‌های خشک لوبیا و

² Mohammed

¹ Kohajdová

می‌گردد بنابراین ارزش والریمتری تمام نمونه‌های مورد آزمون نسبت به نمونه شاهد بالاتر بود.

۳-۳ نتایج حاصل از آزمون اکستنسوگرافی

از دستگاه اکستنسوگراف برای تعیین قابلیت کشش خمیر یا به عبارت دیگر قابلیت کش آمدن خمیر در اثر نیروی وارده به آن تا حد پاره شدن و مقاومت در برابر کشش و نسبت این دو به یکدیگر استفاده می‌شود. ترکیبی متعادل از مقاومت خوب و کشش پذیری مطلوب، مشخصات یک نمونه خمیر مناسب می‌باشد (۱۵). نتایج آزمون اکستنسوگراف در جدول ۴ آورده شده است.

پروتئین‌های آرد گندم در جذب آب و یا احتمالاً به دلیل فعالیت پروتئولیتیک در آرد لوبیا بوده است. همچنین اینطور بیان شده است که پروتئین‌های لوبیا به تنهایی ویژگی تشکیل خمیر را نداشته و از طرفی منجر به مختل شدن کمپلکس پروتئین-نشاسته و تضعیف خمیر نان حاصله می‌گردند. همچنین فعالیت پروتئولیتیک بیشتر آرد لوبیا نسبت به آرد نخود (از آنجایی که فرایند خاصی نیز با هدف غیرفعال‌سازی این آنزیم‌ها صورت نگرفته است) می‌تواند یک عامل بسیار مهم در ضعیف شدن خمیر حاصل از آن باشد (۲۰). با توجه به اینکه افزودن امولسیفایرها باعث افزایش مقاومت خمیر

جدول ۴- نتایج حاصل از آزمون اکستنسوگراف خمیر، نان‌های تست غنی شده با آرد لوبیاجیتی و نخود و حاوی هیدروکلوئید CMC و امولسیفایر DATEM در زمانهای ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه^۲ا

کد نمونه	حداکثر مقاومت به کشش خمیر (برابندر)			مقاومت به کشش (برابندر)			قابلیت به کشش (میلی متر)			عدد نسبت (فاقد واحد)			انرژی (سانتی مترمربع)		
	۱۳۵	۹۰	۴۵	۱۳۵	۹۰	۴۵	۱۳۵	۹۰	۴۵	۱۳۵	۹۰	۴۵	۱۳۵	۹۰	۴۵
کد (۰)	۵۲۰/۵۰ ^c	۴۴۵/۰۰ ^g	۳۴۵/۰۰ ^f	۴۱۰/۰۰ ^j	۳۲۰/۰۰ ^h	۲۵۴/۰۰ ^e	۱۲۲/۰۰ ^b	۱۳۴/۵۰ ^a	۱۴۴/۰۰ ^c	۳/۳۶ ^g	۲/۵۲ ^e	۱/۶۸ ^a	۸۷/۰۰ ^f	۷۹/۰۰ ^c	۷۲/۰۰ ^d
کد (۱)	۵۲۴/۰۰ ^c	۴۱۰/۰۰ ⁱ	۳۴۹/۰۰ ^e	۴۲۷/۵۰ ^h	۳۲۵/۰۰ ^g	۲۵۹/۰۰ ^d	۱۲۱/۰۰ ^b	۱۳۰/۵۰ ^b	۱۴۰/۰۰ ^d	۳/۲۲ ^h	۲/۶۷ ^d	۱/۸۲ ^a	۹۰/۰۰ ^e	۸۱/۰۰ ^c	۷۵/۰۰ ^c
کد (۲)	۵۷۷/۵۰ ^a	۵۰۱/۰۰ ^b	۳۵۵/۰۳ ^d	۵۰۰/۰۰ ^c	۳۹۷/۰۰ ^b	۲۸۶/۰۰ ^b	۱۱۰/۰۰ ^d	۱۲۰/۰۰ ^e	۱۳۴/۰۰ ^g	۴/۵۴ ^c	۳/۳۰ ^a	۲/۰۰ ^a	۱۰۵/۵۰ ^b	۸۶/۰۰ ^a	۸۲/۵۰ ^a
کد (۳)	۴۷۶/۰۰ ^h	۴۶۹/۵۰ ^c	۳۷۱/۵۰ ^b	۴۵۴/۰۰ ^g	۳۵۱/۰۰ ^d	۲۶۰/۰۰ ^d	۱۲۲/۰۰ ^b	۱۲۲/۵۰ ^d	۱۴۵/۰۰ ^{bc}	۳/۷۲ ^e	۲/۸۵ ^c	۱/۹۷ ^a	۹۴/۰۰ ^d	۸۴/۰۰ ^b	۷۸/۵۰ ^b
کد (۴)	۵۳۲/۰۰ ^b	۴۴۹/۰۰ ^f	۳۴۴/۰۰ ^f	۴۶۰/۵۰ ^f	۳۱۵/۰۰ ⁱ	۲۶۵/۰۰ ^c	۱۱۸/۰۰ ^c	۱۳۰/۰۰ ^b	۱۲۷/۰۰ ^h	۳/۸۹ ^e	۲/۴۲ ^f	۲/۰۰ ^a	۹۷/۰۰ ^c	۸۰/۰۰ ^c	۷۲/۰۰ ^d
کد (۵)	۵۰۲/۵۰ ^e	۵۴۲/۵۰ ^a	۳۸۲/۰۰ ^a	۵۱۰/۰۰ ^a	۴۰۰/۰۰ ^a	۲۸۴/۰۰ ^b	۱۰۴/۵۰ ^e	۱۱۸/۵۰ ^{ef}	۱۳۶/۰۰ ^f	۴/۹۰ ^b	۳/۳۷ ^a	۲/۰۱ ^a	۱۱۰/۰۰ ^a	۸۷/۵۰ ^a	۸۳/۰۰ ^a
کد (۶)	۴۸۵/۰۰ ^g	۴۵۲/۰۰ ^e	۳۲۴/۳۵ ⁱ	۴۱۷/۰۰ ⁱ	۳۲۷/۵۰ ^f	۲۴۹/۰۰ ^f	۱۰۰/۰۰ ^f	۱۲۹/۰۰ ^b	۱۴۶/۰۰ ^b	۳/۶۲ ^f	۲/۵۳ ^e	۱/۷۰ ^a	۸۳/۰۰ ^g	۷۸/۰۰ ^d	۷۲/۰۰ ^d
کد (۷)	۵۱۰/۰۰ ^d	۴۶۰/۰۰ ^d	۳۳۱/۰۰ ⁱ	۴۵۲/۵۰ ^g	۳۳۰/۰۰ ^e	۲۴۹/۰۰ ^f	۱۰۶/۵۰ ^e	۱۲۵/۰۰ ^c	۱۳۸/۰۰ ^e	۴/۲۴ ^d	۲/۶۴ ^d	۱/۸۰ ^a	۸۹/۰۰ ^{ef}	۸۲/۰۰ ^{bc}	۷۳/۵۰ ^d
کد (۸)	۵۳۰/۰۰ ^b	۴۷۱/۰۰ ^c	۳۳۵/۰۰ ^g	۵۰۲/۰۰ ^b	۳۵۳/۰۰ ^d	۲۶۸/۰۰ ^c	۱۲۵/۵۰ ^a	۱۲۰/۰۰ ^e	۱۳۵/۰۰ ^{fg}	۵/۰۲ ^a	۲/۹۴ ^b	۱/۹۱ ^a	۱۱۲/۰۰ ^a	۸۴/۰۰ ^b	۷۸/۰۰ ^b
کد (۹)	۵۱۱/۰۰ ^d	۴۱۳/۰۰ ^h	۳۶۲/۰۰ ^c	۴۹۱/۰۰ ^d	۳۹۰/۰۰ ^c	۳۰۵/۰۰ ^a	۱۱۰/۰۰ ^d	۱۱۷/۰۰ ^f	۱۲۸/۰۰ ^h	۴/۴۶ ^c	۳/۳۰ ^a	۱/۹۱ ^a	۱۱۰/۰۰ ^a	۸۵/۰۰ ^{ab}	۷۶/۵۰ ^{bc}
کد (۱۰)	۴۹۰/۰۰ ^f	۴۱۳/۰۰ ^h	۳۳۰/۰۰ ^h	۴۸۰/۰۰ ^e	۳۲۰/۰۰ ^h	۲۴۵/۰۰ ^f	۱۰۲/۰۰ ^f	۱۳۰/۰۰ ^b	۱۵۶/۰۰ ^a	۹/۰۰ ^e	۲/۴۶ ^f	۱/۵۷ ^a	۹۰/۰۰ ^e	۷۸/۰۰ ^d	۷۰/۰۰ ^e

۱-مقادیر بر اساس میانگین \pm انحراف معیار گزارش گردیده است.

۲-حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند

خمیر با افزودن ۱۰ درصد آرد نخود کاهش یافت و از ۱۴۴ میلی‌متر در نمونه شاهد به ۱۴۰ میلی‌متر در تیمار کد (۱) رسید. بالاترین کشش پذیری خمیر در تیمار کد (۱۰) و پایین‌ترین کشش پذیری در تیمار کد (۹) ملاحظه گردید.

نسبت مقاومت به کشش پذیری خمیر در تعیین خواص اکستنسوگرافی خمیر نقش به‌سزایی دارد. در تمامی بازه‌های زمانی، در فاکتور عدد نسبت، اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و تیمارهای دیگر ملاحظه نشد ($p \leq 0.05$). در پژوهش‌های محمد^۱ و همکاران در سال (۲۰۱۲)، عدد نسبت R50/Ex با افزایش مقادیر جایگزینی آرد نخود به جای آرد گندم افزایش یافت. بطوریکه پس از گذشت ۹۰ دقیقه از زمان تخمیر، میزان کشش پذیری خمیر کاهش پیدا نمود. همچنین آنها گزارش کردند خمیرهای حاوی ۳۰ درصد آرد نخود، خمیرهای بسیار ضعیفی بودند و انرژی مورد نیاز جهت اعمال مکانیکی بر خمیر و مقاومت آنها کاهش یافت. این اثر ممکن است به دلیل حضور آرد نخود و حضور آنزیم‌های نامطلوب و یا اجزای دیگری که با پروتئین‌های گلوتنی تداخل ایجاد نموده‌اند باشد، که می‌تواند مانع از ایجاد ویژگی‌های رئولوژیکی مطلوب در خمیر فوق‌الذکر شود (۲۳).

کاهش قابلیت کشش‌پذیری و افزایش مقاومت به کشش در آرد گندم خالص به دلیل نسبت گروه‌های تیول یا سولفیدریل (SH) می‌باشد، که خمیر در طی اعمال مکانیکی در حضور اکسیژن اکسیده می‌شود. تبدیل باندهای SH به باندهای دی‌سولفیدی S-S منجر به افزایش الاستیسیته گلوتن و خمیر می‌گردد (۷). انرژی مصرف شده بیانگر مقدار انرژی است که صرف می‌شود تا خمیر کش آمده و در نهایت پاره شود. به بیان دیگر می‌توان ذکر کرد که این مولفه مساحت سطح زیر منحنی را بیان می‌کند. هرچه این انرژی بیشتر باشد بیان‌کننده این مطلب است که خمیر سفت بوده و قوی می‌باشد (۱۳). در تمامی بازه‌های زمانی با افزودن آرد نخود به میزان ۱۰ درصد و افزودن آرد لوبیاجیتی به میزان ۵ درصد انرژی خمیر افزایش

حداکثر مقاومت به کشش در بازه زمانی ۴۵ دقیقه پس از تخمیر، بین نمونه شاهد و تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری ملاحظه شد ($p \leq 0.05$). با افزودن آرد نخود به مقدار ۱۰ درصد، مقاومت به حداکثر کشش افزایش یافت. همچنین در تیمار کد (۳) و کد (۴) با افزودن مقادیر امولسیفایر DATEM، مقاومت به کشش افزایش نشان داد. در ارتباط با افزودن هیدروکلونید CMC نیز مقاومت به کشش افزایش یافت. بالاترین مقاومت به کشش به ترتیب در تیمارهای کد (۵) و کد (۹) ملاحظه گردید. کمترین مقاومت به کشش به ترتیب متعلق به کدهای (۱۰) و (۷) بود. نتایج شمس و همکاران بیانگر این مطلب بود که افزودن آرد نخود منجر به کاهش قابلیت کشش می‌گردد. همچنین مقاومت به کشش حداکثری خمیرهای حاوی ۱۵ درصد آرد نخود نسبت به خمیر شاهد کاهش یافت که به دلیل کاهش میزان گلوتن آرد نول نسبت داده شد (۶). همچنین نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابق با نتایج تحقیقات محمد^۱ و همکاران (۲۰۱۲)، بود که بیان نمودند که کشش‌پذیری خمیر پس از ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه با افزایش درصد جایگزینی از ۱۰ تا ۳۰ درصد، کاهش یافته است (۲۳). سبانیس^۲ و همکاران در سال (۲۰۰۶)، در تحقیقی مشابه روی اثر افزودن آرد نخود به آرد گندم، خصوصیات کششی خمیر را توسط دستگاه اکستنسوگراف اندازه‌گیری کردند و مشاهده نمودند که با افزایش درصد آرد نخود از صفر تا ۵۰ درصد، کشش‌پذیری خمیر کاهش یافت (۲۹). از آنجا که نتایج اکستنسوگراف مستقیماً مرتبط با ویژگی‌های پروتئین گلوتن آرد است، تغییر در مقاومت خمیر به کشش را می‌توان به فعل و انفعال بین آرد حبوبات و گلوتن نسبت داد.

همانطور که مشخص است، در بازه زمانی ۴۵ دقیقه‌ای از زمان تخمیر، کشش‌پذیری تمامی تیمارها نسبت به نمونه شاهد، اختلاف معنی‌داری را ایجاد نمودند ($p \leq 0.05$) کشش‌پذیری

¹ Mohammed

² Sabanis

تیمار کد (۹)، اختلاف معنی‌داری بین نیروی لازم جهت فشردگی نان‌ها با نمونه شاهد ملاحظه نگردید و نیروی لازم جهت فشردگی تیمار (۹)، نسبت به نمونه شاهد افزایش نشان داد ($p \leq 0.05$). به طور کلی افزودن هیدروکلئیدها به طور بالقوه می‌تواند موجب کاهش سرعت سفت شدن مغز نان طی نگهداری گردند که این می‌تواند به دلیل حفظ گاز بیشتر در خمیر باشد به طوری که هیدروکلئیدها با افزایش قوام خمیر، شبکه موقت ژل و افزایش سفتی دیواره‌های احاطه کننده سلول‌های حاوی گاز در نان، موجب حفظ بیشتر گاز دی‌اکسید کربن و بخار آب تولید شده در خمیر می‌شوند همچنین برخی از صمغ‌ها خواص امولسیفایری نشان داده و لایه سطحی دور حباب‌های گاز در خمیر تشکیل می‌دهند که به حفظ گاز کمک می‌کند همچنین از ایجاد پیوند گلوتن-نشاسته در طی نگهداری جلوگیری می‌کنند (۱۶ و ۲۶). این مطلب در مورد امولسیفایرها بیان شده است که آنها قادرند از سخت شدن مغز نان که در ارتباط با بیاتی است جلوگیری کنند (۲۱). همچنان که محققان تاثیر امولسیفایرها را بر فرایند بیاتی فرآورده‌های نانوائی به واکنش آنها با نشاسته و ممانعت از از دست دادن آب توسط نشاسته نسبت داده‌اند. طبق گزارشات محققان امولسیفایرها می‌توانند بر توزیع رطوبت بین اجزای پروتئینی و نشاسته‌ای در یک سیستم غذایی تاثیرگذار باشند و با کاهش در مقدار آب پیوند شده با نشاسته آب بیشتری را برای هیدراته کردن گلوتن در اختیار آن قرار داده و به این صورت در به تاخیر انداختن بیاتی موثر واقع شوند (۳۱).

یافت. تصور بر این است که افزایش نسبت آرد نخود در تیمارهای ترکیبی آرد گندم و نخود، انرژی مورد نیاز برای دستیابی به قوام مطلوب خمیر را افزایش داده است که منجر به افزایش نیروی مکانیکی مورد نیاز برای هم زدن خمیرهای حاوی پروتئین‌های غیر گلوتهنی شده است.

۳-۴- نتایج آزمون نان‌های تست تولیدی

فرمولاسیون تیمارهای کد ۲، ۵، ۸ و ۹ بعنوان تیمارهای منتخب از لحاظ بهترین ویژگی‌های اکستنسوگرافی و فارینوگرافی برای تهیه نان تست انتخاب و پخت، شدند و مورد ارزیابی‌های بافت توسط دستگاه اینستران، حجم‌سنجی و ارزیابی حسی (بیاتی و پذیرش کلی) توسط ارزیابان حسی قرار گرفتند و نتایج آن با تیمار شاهد مقایسه شد.

۳-۴-۱- نتایج حاصل از آزمون بافت نان‌های تست تولیدی در بازه‌های زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از پخت

بررسی داده‌های اینستران (جدول ۵)، در بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت پس از پخت، بیانگر این مطلب بود که تیمارهای کد (۵)، کد (۲)، کد (۸) به ترتیب با مقادیر ۱۱/۵۳، ۰۳/۶۵، ۱۲/۱۱ نیوتن، دارای کمترین میزان سفتی (کمترین نیروی لازم جهت فشردن نان) بودند و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در بین آنها ملاحظه نشد ($p > 0.05$). در بازه زمانی ۴۸ ساعت، کمترین میزان بیاتی در تیمارهای کد (۵) و کد (۲)، به ترتیب با مقادیر ۱۳/۱۱، ۱۴/۰۰ نیوتن مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری بین میزان بیاتی آنها با سایر نمونه‌ها مشاهده نگردید ($p \leq 0.05$). در بازه زمانی ۷۲ ساعت تمامی تیمارها به جز

جدول ۵- ارزیابی بافت نان‌های تست غنی شده با آرد لوبیاچیتی و نخود و حاوی هیدروکلونید CMC و امولسیفایر DATEM و شاهد (بر حسب نیوتن)^۲۱

نمونه*	۲۴ ساعت پس از پخت	۴۸ ساعت پس از پخت	۷۲ ساعت پس از پخت
کد (۰)	۱۳/۶۲۵±۰/۹۵ ^{ab}	۱۴/۸۸۰±۰/۲۸ ^{bc}	۱۶/۱۹۶±۰/۵۸ ^b
کد (۲)	۱۱/۶۵۹±۰/۲۲ ^c	۱۴/۰۰۰±۰/۵۸ ^{cd}	۱۶/۹۸۹±۱/۰۱ ^{ab}
کد (۵)	۱۱/۵۳۹±۰/۴۶ ^c	۱۳/۱۱۸±۰/۶۶ ^d	۱۵/۵۳۷±۰/۶۳ ^b
کد (۸)	۱۲/۰۳۴±۰/۸۹ ^{bc}	۱۵/۳۵۹±۰/۳۳ ^{ab}	۱۶/۸۴۹±۰/۵۶ ^{ab}
کد (۹)	۱۴/۵۵۹±۰/۲۹ ^a	۱۶/۲۸۰±۰/۴۲ ^a	۱۷/۹۵۳±۰/۱۰ ^a

۱. مقادیر بر اساس میانگین \pm انحراف معیار گزارش گردیده است.

۲. حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

* کد (۰) آرد گندم، (۲) آرد نخود ۱۰٪ و ۰/۷۵٪ DATEM، کد (۵) آرد نخود ۱۰٪ و ۱/۵٪ CMC، کد (۸) آرد لوبیا چیتی ۵٪ و ۱/۱٪ DATEM، کد (۹) آرد لوبیا چیتی ۵٪ و ۱/۱٪ CMC

بیشتر و بافت بهتر می‌شود (۲۱ و ۲۲). آرد نخود نیز با میزان بالاتر پروتئین در مقایسه با آرد لوبیاچیتی و آرد نول می‌تواند بر بهبود شکل‌گیری شبکه پروتئین و افزایش احتباس گاز و بدنبال آن افزایش حجم در نمونه‌های نان تست مذکور تاثیرگذار باشد. در تایید نتایج حاصل از تحقیق حاضر رستمیان، (۱۳۹۱) گزارش کرد با افزایش درصد آرد نخود در فرمولاسیون نان بدون گلوتن حجم مخصوص افزایش نشان داده است که احتمالاً بدلیل مقدار بالاتر پروتئین در نخود و ایجاد شبکه شبه گلوتن توسط آرد نخود بوده است (۵).

۳-۴-۲- حجم مخصوص نان‌های تست تولیدی با توجه به جدول ۶، ملاحظه می‌شود که حجم مخصوص تمامی نمونه‌های تولیدی نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشته است ($p \leq 0.05$) بطوریکه تیمارهای کد (۲) و پس از آن تیمار کد (۵)، دارای بالاترین حجم مخصوص و تیمار شاهد کمترین حجم مخصوص را دارا بودند. این می‌تواند بدلیل حضور هیدروکلونید و امولسیفایر و آرد نخود در نانهای تست مذکور باشد. هیدروکلونیدها قادرند با حفظ بیشتر گاز در خمیر سبب بهبود حجم محصول، نرمی بافت و کاهش سرعت رتروگراداسیون (بیاتی) و سفتی نان گردند (۱۹). امولسیفایر DATEM نیز با ایجاد کمپلکس با پروتئین‌های گلوتن، شبکه گلوتنی قوی‌تری را ایجاد می‌نماید که منجر به استحکام خمیر آرد و در نتیجه تولید نانی با حجم

جدول ۶- حجم مخصوص نان‌های تست غنی شده با آرد لوبیاچیتی و نخود و حاوی هیدروکلونید CMC و امولسیفایر DATEM و شاهد (Cm^3/g) ^۱

نمونه*	کد (۰)	کد (۲)	کد (۵)	کد (۸)	کد (۹)
حجم مخصوص	$۲/۴۵ \pm ۰/۰۷^{\text{a}}$	$۲/۸۵ \pm ۰/۰۹^{\text{b}}$	$۲/۷۷ \pm ۰/۰۵^{\text{b}}$	$۲/۷۶ \pm ۰/۰۲^{\text{b}}$	$۲/۷۴ \pm ۰/۰۴^{\text{b}}$

۱: مقادیر بر اساس میانگین \pm انحراف معیار گزارش گردیده است.

۲: حروف متفاوت در هر سطر بیانگر وجود اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

* کد (۰) آرد گندم، (۲) آرد نخود ۱۰٪ و ۰/۷۵٪ DATEM، کد (۵) آرد نخود ۱۰٪ و ۱/۵٪ CMC، کد (۸) آرد لوبیا چیتی ۵٪ و ۱٪ DATEM، (۹) آرد لوبیا چیتی ۵٪ و ۱٪ CMC

۳-۴-۳- نتایج حاصل از آزمون حسی (هدونیک ۵ نقطه‌ای) نان‌های تست تولیدی در بازه‌های زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از پخت

۳-۴-۳-۱- بیاتی

نتایج جدول ۷، نشان داد در تمامی زمان‌ها به ترتیب بالاترین امتیاز، در تیمارهای کد (۹)، و سپس کد (۵)، ملاحظه شد که اختلاف معنی‌داری بین آنها و نمونه شاهد مشاهده شد ($p \leq 0.05$). مطابق با نتایج میزان بیاتی در تمام تیمارهای حاوی آرد حبوبات، CMC و DATEM کمتر مشاهده گردید، که این می‌تواند به دلیل حضور هیدروکلونید و امولسیفایر در نمونه‌های مورد آزمون باشد. افزودن امولسیفایرها به آرد علاوه بر اینکه شبکه گلوتهی آرد را تقویت می‌نمایند، می‌توانند کیفیت آردهای ضعیف را نیز تا حد مطلوبی بهبود بخشیده و سبب ایجاد بافت مناسبی در محصول شوند (۳۰). طبق گزارشات محققان امولسیفایرها می‌توانند بر روی توزیع رطوبت بین اجزای پروتئینی و نشاسته‌ای در یک سیستم غذایی تاثیرگذار باشند و با کاهش در مقدار آب پیوند شده با نشاسته آب بیشتری را برای هیدراته کردن گلوتهن در اختیار آن قرار داده و به این صورت در به

تاخیر انداختن بیاتی موثر واقع شوند (۳۱). محققان در مورد مکانیسم به تاخیر انداختن بیاتی توسط امولسیفایرها معتقدند که ویژگی ضد بیاتی آنها به دلیل توانایی امولسیفایرها در تشکیل کمپلکس مارپیچی غیرمحلول با آمیلوز است، که چنین کمپلکس‌هایی باعث به تعویق انداختن رتروگراداسیون (بیاتی) در نشاسته می‌گردد، و در نتیجه بافت نان نرم‌تر می‌ماند (۲۱). محققان تاثیر امولسیفایرها را بر فرایند بیاتی فرآورده‌های نانوائی به واکنش آنها با نشاسته و ممانعت از خروج آب توسط نشاسته نسبت داده‌اند (۱۰). روسل^۱ و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی هیدروکلونیدهای مختلف نشان دادند که تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در هیدروکلونیدها با برقراری پیوندهای هیدروژنی با مولکول‌های آب بیاتی نان را نیز به تاخیر می‌اندازد (۲۸).

^۱Rosell

جدول ۷- امتیاز ارزیابی بیاتی نان‌های تست تولیدی توسط ارزیابان حسی^۲۱

کد نمونه [*]	۲۴ ساعت پس از پخت	۴۸ ساعت پس از پخت	۷۲ ساعت پس از پخت
کد (۰)	۵/۰۰± ۰/۰۰ ^a	۳/۹۲± ۰/۱۷ ^b	۲/۹۰± ۰/۱۰ ^b
کد (۲)	۵/۰۰± ۰/۰۰ ^a	۴/۶۲± ۰/۱۶ ^a	۳/۵۶± ۰/۱۹ ^a
کد (۵)	۵/۰۰± ۰/۰۰ ^a	۴/۶۸± ۰/۱۱ ^a	۳/۶۳± ۰/۲۱ ^a
کد (۸)	۵/۰۰± ۰/۰۰ ^a	۴/۳۵± ۰/۱۹ ^{ab}	۳/۵۵± ۰/۱۴ ^a
کد (۹)	۵/۰۰± ۰/۰۰ ^a	۴/۷۶± ۰/۰۹ ^a	۳/۸۷± ۰/۱۶ ^a

۱: مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش گردیده است.

۲: حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

* کد (۰) آرد گندم، (۲) آرد نخود ۱۰٪ و ۷۵٪ DATEM، کد (۵) آرد نخود ۱۰٪ و ۱/۵٪ CMC، کد (۸) آرد لوبیا چیتی ۵٪ و ۱٪ DATEM، (۹) آرد لوبیا چیتی ۵٪ و ۱٪ CMC

۳-۴-۲- پذیرش کلی

نتایج حاصل از امتیاز پذیرش کلی نان‌های تست تولیدی در جدول ۸ گزارش شده است. مطابق با نتایج هیچ اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بین امتیازات داده شده به تیمارها بلافاصله پس از پخت و بازه زمانی ۲۴ ساعت ملاحظه نگردید. در بازه زمانی ۴۸ و ۷۲ ساعت بالاترین امتیاز پذیرش کلی

مربوط به نمونه شاهد و نمونه کد ۹ بود که از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p > 0.05$). بنابراین با استفاده از آرد لوبیاچیتی ۵ درصد و ۱ درصد CMC، به وزن کل آرد گندم نول می‌توان نان تست مغذی تهیه نمود که هم از نظر پروتئینی غنی باشد و هم از نظر پذیرش کلی پس از ۷۲ ساعت همانند نمونه شاهد مورد پذیرش ارزیابان باشد.

جدول ۸- امتیاز پذیرش کلی نان‌های تست تولیدی توسط ارزیابان حسی^{۱،۲}

کد نمونه	بلافاصله پس از پخت	۲۴ ساعت پس از پخت	۴۸ ساعت پس از پخت	۷۲ ساعت پس از پخت
کد (۰)	۴/۵۰±۰/۱۰ ^a	۴/۴۰±۰/۱۰ ^a	۴/۰۳±۰/۱۹ ^a	۳/۸۰±۰/۱۴ ^a
کد (۲)	۴/۳۰±۰/۱۳ ^a	۴/۲۰±۰/۳۲ ^a	۳/۵۰±۰/۱۸ ^b	۳/۴۰±۰/۱۱ ^b
کد (۵)	۴/۳۵±۰/۱۷ ^a	۴/۲۵±۰/۱۹ ^a	۳/۶۵±۰/۲۵ ^{ab}	۳/۵۵±۰/۱۶ ^{ab}
کد (۸)	۴/۴۵±۰/۲۱ ^a	۴/۳۰±۰/۲۶ ^a	۳/۷۹±۰/۱۴ ^{ab}	۳/۶۰±۰/۱۲ ^{ab}
کد (۹)	۴/۵۵±۰/۱۴ ^a	۴/۵۰±۰/۲۴ ^a	۴/۰۵±۰/۰۷ ^a	۳/۹۰±۰/۱۴ ^a

۱: مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش گردیده است.

۲: حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

* کد (۰) آرد گندم، (۲) آرد نخود ۱۰٪ و ۰/۷۵ DATEM، کد (۵) آرد نخود ۱۰٪ و ۱/۵ CMC، کد (۸) آرد لوبیا چیتی ۵٪ و ۱٪، DATEM، (۹) آرد لوبیا چیتی ۵٪ و ۱٪ CMC

۴- نتیجه گیری

در مطالعه حاضر به بررسی تاثیر به کارگیری امولسیفایر DATEM و هیدروکلونید CMC بر نان تست غنی شده با آرد حبوبات (نخود و لوبیاچیتی) پرداخته شده است. ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی نشان داد که افزودن آرد نخود و لوبیاچیتی و امولسیفایر DATEM و هیدروکلونید CMC منجر به افزایش جذب آب، زمان گسترش، زمان مقاومت، مقاومت به کشش و درجه والریتمتری خمیر در تمامی تیمارها نسبت به نمونه شاهد گردید. انرژی خمیر نیز در تمامی بازه های زمانی در ارتباط با تمامی تیمارها نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت که نشان دهنده قوی تر شدن خمیر بود. نتایج آنالیز بافت و حجم مخصوص و ارزیابی حسی نیز نشان داد نان‌های تست حاوی آرد حبوبات، CMC و DATEM دارای بیاتی کمتر، حجم بیشتر و قابلیت پذیرش بالاتری در مقایسه با شاهد بودند. در مجموع در میان فرمولاسیون‌های مورد بررسی در این پژوهش، با استفاده از ۵ درصد آرد لوبیاچیتی و

۱ درصد CMC می‌توان نان تستی مغذی با ویژگی‌های حسی همانند شاهد تولید کرد.

۶- منابع

- اسدپور، ا.، جعفری، س.م.، صادقی ماهونک، ع. و قربانی، م. ۱۳۸۹. بررسی میزان پروتئین محلول و ظرفیت جذب آب و آرد حاصل از حبوبات مختلف. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۶، شماره ۳، ۱۸۴-۱۹۲.
- برزگر، ح.، حجتی، م. و جوینده، ح. ۱۳۸۸. اثر برخی از هیدروکلونیدها بر خواص رئولوژیک خمیر و بیاتی نان باگت. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۶، شماره ۳، ۱۰۱-۱۰۷.
- خسروی، ی.، کرامت، ج.، حسینی، ا.، کشاورز هدایتی، ع.ا. و محمودی، ا. ۱۳۹۲. بررسی خواص کاربردی آرد حبوبات واریته‌های بومی ایرانی. علوم غذایی و تغذیه، سال ۱۰، شماره ۴، ۷۳-۸۰.
- رجب زاده، ن. ۱۳۷۵. تکنولوژی نان. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۶۸ صفحه.
- رستمیان، م.، میلانی، ج. و ملکی، گ. ۱۳۹۱. استفاده از آرد ذرت و نخود در تهیه نان فاقد گلوتن. نشریه

۱۳. نقوی، س.، جعفرزاده مقدم، م.، پیغمبردوست، س.ه.، اولادغفاری، ع. و آزادمراد میرچی، ص. ۱۳۹۰. غنی سازی آرد گندم با پودر دانه خرفه: بررسی ویژگیهای آرد و خواص رئولوژیکی خمیر. نشریه پژوهشهای صنایع غذایی، جلد ۲۱، شماره ۳، ۲۸۱-۲۹۳.
۱۴. AACC. 1995. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists (9th ed). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- ۱۵.
۱۶. Bangur, R., Batey, I. L., McKenzie, E. and MacRitchie, F. 1997. Dependence of extensograph parameters on wheat protein composition measured by SE-HPLC. *Cereal science*, 25(3):237-241.
۱۷. Barcenas, M. E. and Rosell, C. M. 2005. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 19(6):1037-1043.
۱۸. Boyeet, J., Zare, F. and Pletch, A. 2010. Pulse proteins: processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43: 414- 431.
۱۹. Ćurić, D., Novotni, D., Tušak, D., Bauman, I. and Gabrić, D. 2007. Gluten-free bread production by the corn meal and soybean flour extruded blend usage. *Agriculture Conspectus Scientificis*, 72(3): 227-232.
۲۰. Funami, T. 2009. Functions of food polysaccharides to control the gelatinization and retrogradation behaviors of starch in an aqueous system in relation to the macromolecular characteristics of food polysaccharides. *Food science and technology research*, 15(6): 557-568.
۶. شمس، ق.، رجب زاده، ن.، آذرباد، ح. و رفیعی طاری، ب. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر افزودن آرد حبوبات و لسیتین بر روی خواص رئولوژی خمیر و ارزش غذایی و کیفیت ارگانولپتیک نان حاصل. نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۶، ۱۲۳-۱۳۲.
۷. صالحی فر، م.، شفیع سلطانی، م. و هاشمی، م. ۱۳۹۳. بررسی اثرات استفاده از آنزیمهای گلوکزآکسیداز و زایلاناز بر ویژگیهای کیفی نان تست به روش سطح پاسخ. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۱۱، شماره ۴۳، ۱۳۳-۱۴۵.
۸. عرب عامری، م.، عزیزی، م.ح. و برزگر، م. ۱۳۸۳. بررسی تاثیر برخی هیدروکلوئیدها بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و کیفیت نان لواش. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، دوره اول، شماره ۱، ۵۵-۶۴.
۹. غیور اصلی، م.ع.، حداد خداپرست، م.ح. و کریمی، م. ۱۳۹۰. تاثیر گلوتن و امولسیفایری DATEM بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و حجم مخصوص نان اشترودل، فصل نامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۸، شماره ۳۳، ۵۹-۶۵.
۱۰. کریمی، م. و عزیزی، م. ۱۳۸۶. بررسی اثر سطوح مختلف سدیم استتاروئیل لاکتیلات بر خواص رئولوژی خمیر و کیفیت نان تافتون. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، دوره چهارم، شماره ۳، ۳۱-۴۰.
۱۱. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۹۳. آزمون اکستنسوگراف، استاندارد ملی ایران، شماره ۳۲۴۶.
۱۲. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۹۰. آرد گندم- ویژگیها و روشهای آزمون، استاندارد ملی ایران، شماره ۱۰۳.

30. Rosell, C. M., Rojas, J. and Benedito de Barber, C. 2001. Influence of Hydrocolloids on Dough Rheology and Bread Quality. *Food Hydrocolloids*, 15 (1): 75-81.
31. Sabanis, D., Makri, E. and Doxastakis, G. 2006. Effect of durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagna. *Food Science*, 86:1938–1944.
32. Seguchi, M., Hayashi, M. and Mutsumoto, H. 1997. Effect of gaseous acetic acid on dough rheology and bread making properties. *Cereal Chemistry*, 74:129-134.
33. Selomulyo, V. O. and Zhou, W. 2007. Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. *Cereal Science*, 45(1):1-17.
34. Venkateswara Rao, G., Indrani, D. and Shurpalekar, S. R. 1985. Effect of milling methods and extraction rate on the chemical, rheological and bread making characteristics of wheat flours. *Journal of Food Science and Technology*, 22(1): 38-42.
35. Weining, H. and Kim, Y. 2008. Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperature. *Journal of Cereal Science* .45: 1-8.
- 21.
22. Halleb, A. and Khatchadourian, H.A. 1974. The nutritive value and organoleptic properties of white Arabic bread supplemented with soybean and chick pea. *Cereal chemistry*, 51:106-111.
23. Kohajdová, Z., Karovičová, J. and Magala, M. 2013. Rheological and qualitative characteristics of pea flour incorporated cracker biscuits, *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 5 (1) 11-17.
24. Miyamoto, Y., Sakamoto, M., Maeda, T. and Morita, N. 2005. Application of polyglycerol mono-fatty acid esters to improve bread making. *Food science and technology research*, 11(1):19-25.
25. Mohammed, I., Ahmed, A. R. and Senge, B. 2012. Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*. 36: 196– 202.
26. Mohammed, I., Ahmed, A. R. and Senge, B. 2014. Effects of chickpea flour on wheat pasting properties and bread making quality. *Journal of food science and technology*. 51(9): 1902– 1910.
27. Pourzafar, Z., Movahed, S. and Chenarbon, H.A. 2013. Effect of addition of the emulsifier DATEM on sensory and staling characteristics of gluten- free Barbari bread. *Annals of Biological Research*, 4(3): 60-63.
28. Ribotta, P. D. and Le Bail, A. 2007. Thermo-physical assessment of bread during staling. *LWT-Food Science and Technology*, 40(5): 879-884.
29. Ronald, R., CroyJohn, D. and Gatehouse, A. 1980. The purification and characterization of a third storage protein (convicilin) from the seeds of pea (*pisum sativum* L.). *Biochemical Journal*, 191:509-516