Archive of SID

بررسی رابطه بین مقدار و خصوصیات رئولوژیکی گلوتنین ماکروپلیمر (GMP) با خواص نانوایی گندم

مهدیه قمری[1]، سیدهادی پیغمبردوست[2]*

1- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان
2- عضو هیأت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
تاریخ دریافت مقاله: 88/2/10 **تاریخ پذیرش**:88/5/27

چکیده

جزء پلیمری با وزن ملکلولی بالای پروتئین گلوتن گندم به نام گلوتنین ماکروپلیمر (GMP)[1] همبستگی زیادی با ویژگی های نانوایی آرد گندم از جمله حجم نان دارد. در تحقیق حاضر گلوتنین ماکروپلیمر از آرد ارقام مختلف گندمهای ایرانی با خواص نـانوایی متفـاوت استخراج شد. همبستگی بین وزن مرطوب و نیز خصوصیات رئولوژیکی (در دامنه تغییر شکل کوچک) ژل پروتئینـی GMP بـا کیفیـت نانوایی گندم (حجم و ارتفاع نان) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بدست آمده همبستگی معنی داری بین مقدار ژل و حجم و ارتفاع نان نشان دادند. اما نتایج آزمون های رئومتری نوسانی (مدول الاستیک یا ذخیره و تانژانت دلتا یا اتلاف) همبستگی مطلوبی با خواص نانوایی نشان نداد. در نتیجه بر خلاف وزن مرطوب ژل GMP که به عنوان معیاری مؤثر در ارزیابی و پیش بینی خواص نانوایی به شمار می رود، نتایج آزمونهای رئولوژیکی در دامنه کوچک نمی تواند به عنوان معیار قابل قبول در این زمینه باشد.

کلید واژه گان: گلوتنین ماکرو پلیمر **(GMP)**، رئولوژی، گندم، نان، کیفیت

1- مقدمه

نان غذای اصلی آحاد جامعه بوده و در اشکال گوناگون به عنوان کالای اساسی و استراتژیک در سبد غذایی مردم محسوب می‌شود. مطالعات زیادی در مورد بهبود کیفیت نان در دنیا و نیز در ایران انجام گرفته و یا در حال انجام می باشد. یکی از معیارهای متداول برای ارزیابی کیفیت نان، اندازه گیری حجم نان می باشد که در مورد نانهای حجیم کاربرد دارد. اما این روش ارزیابی از یک طرف تا حدود زیادی وابسته به روش تهیه پخت نان بوده (در آزمایشگاههای مختلف از روشهای متفاوتی برای پخت نان استفاده می شود) و از طرف دیگر نیاز به مقادیر کافی گندم و آرد دارد تا تکرار های مناسبی برای حصول اطمینان از نتیجه به کار گرفته شود. مسئله اخیر در مواردی که دسترسی به مقادیر کافی گندم جهت پخت نان وجود ندارد، مشکل ساز می باشد. به عنوان مثال در مطالعات ژنتیکی اصلاح گندم معمولا مقدار دانه های گندم تکافوی مقدار مورد نیاز برای پخت و ارزیابی کیفیت نانوایی آنها را نمی کند. لذا وجود روش سریعی که بتواند کیفیت محصول نهایی (نان)را از طریق ارزیابی نمونه های محدود گندم پیش بینی کند ضروری بنظر می رسد.

مطالعات انجام گرفته در منابع علمی اندازه گیری خواص کمی و کیفی رسوب (ژل)پروتئین های گلوتنین پلیمری (GMP) در محلول سولفات دودسیل سدیم (SDS) را به عنوان روش نوینی برای پیش گویی خواص کیفی گندم، خمیرو نان مطرح نموده اند [1-5]. پژوهشگران مختلفی به اهمیت تعیین مقداروترکیب لایه

* مسئول مکاتبات: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

1. Glutenin macro-polymer

www.SID.ir

Archive of SID

ژل GMP جداشده برای کاربردهای ارزیابی کیفیت نان پرداخته اند [2, 6-9]. تعدادی از این محققان نشان دادند که بین مقدار و ترکیبات "زیرواحدهای گلوتنین با وزن ملکولی بالا"[1] (HMWGS) و خصوصیات خمیر و کیفیت نانوایی رابطه مستقیم وجود دارد [10-13]. همچنین همبستگی و رابطه بین سفتی لایه ژل یا مدول الاستیک خمیر('G) در آزمایشات رئومتری نوسانی با کیفیت نانوایی گندم معلوم گردید. *بکرز و همکاران*[2] (2000) نشان دادند که همبستگی مثبت و قوی بین زمان توسعه خمیر و مدول الاستیک ژل GMP جدا شده از آرد وجود دارد [14]. *دُن*[3] *و همکاران* (2003) با مشاهده ذرات گلوتنین جدا شده از ژل GMP گزارش نمودند که اندازه این ذرات رابطه مستقیم با خصوصیات خمیر دارد، طوریکه هرچه اندازه ذرات گلوتنین در ژل بزرگتر باشد خمیر مدت زمان بیشتری برای مخلوط کردن لازم دارد. در واقع با استناد به اندازه اولیه این ذرات در آرد گندم زمان مخلوط کردن بهینه و خواص رئولوژیکی خمیر تعیین می گردد [1]. با نگرشی اجمالی نسبت به تحقیقات انجام گرفته معلوم می گردد که اکثر نتایج منتشر شده رابطه قوی و تعیین کننده ای بین گلوتنین های با وزن مولکولی بالا و خواص نانوایی گندم ها ارائه می دهند [1-4, 11].

براساس اطلاعات موجود، تاکنون در ایران تحقیقی در زمینه استفاده از این روش برای طبقه بندی کیفی ارقام گندم انجام نگرفته است. در روش استفاده از ژل GMP می توان با داشتن مقدار کم (چند گرم) نمونه گندم نسبت به استخراج پروتئینهای با وزن ملکولی بالا از طریق رسوب ژل پروتئینی و ارزیابی کمی و کیفی آن اقدام کرد که اطلاعات دقیقی در مورد خواص کیفی خمیر و نان ارائه می کند. لذا هدف این پژوهش بررسی امکان استفاده از مقدار و خواص رئولوژیکی ژل پروتئینی GMP برای پیش بینی خواص نانوایی 13 رقم از گندمهای ایرانی با کیفیت نانوایی متفاوت می باشد.

2- مواد و روش ها

2-1- واریته های گندم

نمونه های گندم شامل 13 رقم با کیفیت نانوایی مختلف از گندمهای ایرانی (کشت شده در سال 1386در کشور) که با مساعدت مرکز اصلاح بذر وزارت کشاورزی (کرج) تهیه گردید. ارقام مورد آزمون عبارت بودند از: ارقام با کیفیت نانوائی ضعیف (سرداری، الموت، شیرودی، دز)، ارقام با کیفیت نانوائی متوسط (هامون، آذر2، مرودشت، داراب2) و ارقام با کیفیت نانوائی قوی (زرین، بزوستایا، انیبا، پیشتاز، تجن).

2-2- تهیه آرد از گندم

نمونه های گندم پس از انتخاب توسط آسیاب آزمایشگاهی بولر تا درصد استخراج 75% آسیاب شدند (روش AACC 26-30 A) [15].

2-3- آزمون فارینوگراف

ویژگیهای فارینوگرافی آردهای مورد آزمون براساس روش AACC به شماره 21-54 [15] و با استفاده از مخلوط کن 300 گرمی فارینوگراف (ساخت شرکت برابندر ، آلمان) انجام شد. در این آزمون شاخص های درصد جذب آب، مدت زمان توسعه، میزان ثبات (مقاومت) خمیر و عدد کیفی فارینوگراف بدست آمدند. درصد جذب آب نمونه های آرد برای انجام آزمون پخت مورد نیاز بودند. مدت زمان بهینه مخلوط کردن (زمان توسعه خمیر) بدست آمده از آزمون فارینوگراف نیز برای تهیه خمیر جهت پخت نان لازم بودند. همچنین از روی اعداد بدست آمده برای شاخص ثبات یا مقاومت خمیر در برابر مخلوط شدن می توان کیفیت رئولوژیکی خمیر و آرد را مورد ارزیابی قرار داد. در مدلهای قدیمی فارینوگراف که منحنی حاصله روی کاغذ ترسیم می گردد، با استفاده از خط کش مخصوص برابندر، عددی بنام ارزش والوریمتری از منحنی فارینوگرام استخراج می گردد که برآیندی از کلیه شاخص های فارینوگرام می باشد [16]. امروزه با پیشرفت دستگاه و ارائه مدل های الکترونیکی دستگاه توسط شرکت برابندر، کلیه محاسبات با استفاده از نرم افزار فارینوگراف انجام می گردد. در این

1. High Molecular Weight Glutenin Subunits
2. Bekkers et al., 2000
3. Don et al., 2003

www.SID.ir

Archive of SID

مدلها معیاری جدید بنام عدد کیفی فارینوگراف (FQN[1]) ارائه شده است که مشابه عدد والوریمتری در مدل های قدیمی می باشد. برآیند مجموعه مؤلفه های فارینوگرافی در عدد کیفی فراینوگراف ظاهر می گردد که از روی این عدد می توان به ارزیابی کلی کیفیت نمونه های آرد پرداخت.

2-4- اندازه گیری مقدار پروتئین کل

مقدار پروتئین کل نمونه های آرد توسط دستگاه NIR با روش ارائه شده توسط ویلیامز[2] (1993) [17] اندازه گیری گردید. دستگاه NIR در اندازه گیری پروتئین قبل از استفاده با روش متداول کجلدال کالیبره گردید.

2-5- استخراج GMP

برای انجام این آزمون از روش *خراولند*[3] (1980) [6] با اعمال اصلاحاتی به شرح ذیل استفاده شد. مقدار 0,1گرم نمونه آرد به اضافه 1/4 میلی لیتر محلول SDS 1/5% در میکروتیوپ 1/5 میلی لیتری پلاستیکی ریخته شد. این تیوپ ها باید از لحاظ استحکام قوی بوده تا در دور بالای مورد استفاده در سانتریفوژ نشکنند، لذا از میکروتیوپ های خارجی (ساخت آلمان) استفاده گردید. ابتدا 0/7 میلی لیتر محلول SDS در میکروتیوپ ریخته شده ،سپس آرد و بقیه محلول اضافه گردید. این کار جلوی کلوخه شدن و چسبیدن نمونه به جداره ها را می گیرد. سپس با استفاده از مخلوط کن ورتکس در شدت بالا ذرات آرد در محلول بخوبی پراکنده گردید. میکروتیوپ ها در دستگاه سانترفیوژ (Beckman Avanti 30) ساخت کشور آمریکا، به مدت 55 دقیقه در دمای 20 درجه سانتیگراد تحت شتاب 40000 g× (دور 21150 rpm) سانتریفوژ شدند. بعد از سانتریفوژ کردن سوسپانسیون آرد، محصول بدست آمده به صورت سه لایه به ترتیب (از بالا به پائین) مایع فوقانی[4] (حاوی پروتئینهای محلول در SDS)، ژل GMP (پروتئینهای گلوتنین ماکروپلیمری با وزن ملکلولی بالا) و ذرات نشاسته بدست آمد (شکل 1).

شکل 1 لایه های جداشده از آرد گندم بعد از فرآیند اولتراسانتریفوگاسیون در حضور سدیم دودسیل سولفات. ژل GMP به صورت یک لایه ضخیم در آردهای قوی جدا می شود.

2-6- اندازه گیری وزن مرطوب ژل پروتئینی

بعد از اتمام سانتریفوژ کردن، مایع فوقانی به آهستگی جدا شده و دور ریخته شد. لایه ژل GMP به دقت (بدون بقایای نشاسته) برداشته شده و به ظرف اندازه گیری درپوش دار قبلاً توزین شده منتقل گردید. توزین نمونه با ترازوی با دقت 0/001 (شرکت Sartorius) انجام گردید و به صورت گرم وزن مرطوب ژل به ازاء 100 گرم ماده خشک نمونه آرد بیان گردید

2-7- اندازه گیری های رئولوژیکی

اندازه گیری مدول الاستیک یا ذخیره (G')، مدول اتلاف (G'') و تانژانت دلتا (اتلاف) ژل پروتئینی بدست آمده به روش دُن و همکاران (2003) [1] با اندکی تغییرات به شرح ذیل انجام گرفت. برای این منظور مقدار دقیق یک گرم از ژل خالص به دستگاه رئومتر نوسانی مدل UDS 200 ساخت شرکت Anton Paar Physica دارای دو صفحه موازی به قطر 23 میلی متر و فاصله یک میلی متر منتقل شده و آزمون روبش کرنش (strain sweep) در محدوده 1 الی 100% در دمای

1. Farinograph Quality Number
2. Williams
3. Graveland, 1980
4. Supernatant

www.SID.ir

Archive of SID

محیط (26-28 درجه سانتیگراد) انجام گردید. از جمله کاربرد های آزمون روبش کرنش تعیین محدوده ویسکوالاستیک خطی و تشخیص ژل های قوی از ضعیف می باشد. 'G معرف خواص الاستیک (جامد بودن ژل)، "G بیانگر خواص ویسکوز (مایع بودن) ژل و تانژانت دلتا برابر است با نسبت"G به 'G (نسبت ویسکوزیته به الاستیسیته) و معیاری از نسبت رفتار می باشد. بدین ترتیب که ارقامی با میزان تانژانت دلتای کمتر از 45 درجه، بیشتر رفتار الاستیک و تانژانت دلتای بیشتر از 45 درجه، رفتار ویسکوز را دارا می باشند [1].

2-8- پخت نان

برای پخت نان حجیم از روش پخت نان در مقیاس کوچک استفاده گردید. برای تهیه خمیر از یک مخلوط کن خانگی اسپیرال 2 کیلوگرمی Clatronic مدل KM3067 استفاده شد. مقدار آب مورد نیاز با توجه به درصد جذب آب فارینوگرافی هر آرد مطابق جدول 2 افزوده شد. برای تهیه خمیر از 2% مخمّر نانوایی (ساخت شرکت فریمان مشهد)، 2% نمک طعام تصفیه شده بدون ید (تهیه شده از بازار محلی) و 0/3% بهبود دهنده نانوایی (ساخت شرکت ایکاپلاس ترکیه) استفاده شد. مدت زمان مخلوط کردن خمیر برای هر آرد، زمان توسعه خمیر از روی داده های فارینوگراف (جدول 1) انتخاب گردید. بعد از سپری شدن دوره های تخمیر اولیه و نهایی، پخت نان از 20 گرم خمیر در قالب های کوچک به ابعاد 30×30×40 میلی متر انجام گرفت. برای پخت نان از دستگاه فر پخت نان کارگاهی مجهز به محفظه های جداگانه تخمیر و پخت با قابلیت تزریق بخار فشرده (ساخت شرکت Voss آلمان) استفاده شد. مراحل فرآیند تخمیر و پخت نان حجیم کوچک به طور خلاصه به صورت زیر می باشد:

مخلوط کردن مواد اولیه - تخمیر اولیه (30 دقیقه،30 درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی 75%) - چانه گیری، ورز دادن، رول کردن و قرار دادن در قالب - تخمیر نهایی(60 دقیقه، 30 درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی 80%) - پخت (30 دقیقه، دمای 170 درجه سانتیگراد) – خنک کردن

2-9- اندازه گیری حجم و ارتفاع نان

جهت اندازه گیری حجم از روش حجم سنجی جابجایی دانه کلزا استفاده گردید [18]. پس از انجام برش طولی قرص نان ارتفاع آن با خط کش اندازه گیری گردید.

2-10- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمون ها در 3 تکرار انجام شد. همبستگی بین شاخص های کیفی مورد ارزیابی با روش همبستگی پیرسون و در سطح احتمال آماری 99% توسط نرم افزار SPSS انجام شد.

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج آزمون فارینوگراف

نتایج آزمون فارینوگراف برای آرد های مورد استفاده در این تحقیق در جدول 1 نشان داده شده است.

همانطور که از جدول فوق ملاحظه می شود اعداد مربوط به شاخص های زمان توسعه، مقاومت خمیر و عدد کیفی فارینوگراف برای آردهای ارقام قوی (بزوستایا، اینیا، پیشتاز و تجن) بیشتر از مقادیر آنها در مورد آردهای ارقام ضعیف (الموت، سرداری، شیرودی) می باشد. از این میان واریته بزوستایا با بیشترین میانگین عدد کیفی فارینوگراف (124 میلی متر) و بیشترین مقاومت در برابر مخلوط شدن (10 دقیقه) و در نقطه مقابل واریته الموت با کمترین میانگین عدد کیفی فارینوگراف (23/5 میلی متر) و کمترین مقاومت (1/3 دقیقه) جزو واریته های شاخص در دو دسته به ترتیب قوی و ضعیف بودند. مقایسه اعداد کیفی به دست آمده از آزمون فارینوگراف نشان داد که ارقام بزوستایا، اینیا، پیشتاز و تجن قویتر از ارقام الموت، سرداری و شیرودی می باشند. نتایج آزمون فارینوگراف همچنین مقدار آب لازم برای تهیه خمیر و نیز مدت زمان بهینه مخلوط کردن هر آرد در تهیه خمیر برای پخت نان از آرد های مورد آزمون را مشخص نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1 خصوصیات فارینوگرافی آردهای مورد آزمون*

	ارقام گندم	جذب آب (%)		زمان توسعه خمیر (min)		ثبات (مقاومت) خمیر (min)		عدد کیفی فارینوگراف (mm)	
		میانگین	SD[1]	میانگین	SD	میانگین	SD	میانگین	SD
ضعیف	سرداری	63/0	2/0	3/5	0/4	2/5	0	52/0	11/0
	الموت	63/1	1/5	2/0	0	1/3	0/2	23/5	0/5
	شیرودی	63/5	1/4	3/0	0/4	3/0	1/5	43/3	9/2
	دز	65/8	1/9	3/0	0	3/3	0/7	46/5	10/5
	هامون	67/4	2/4	4/0	0/3	4/0	1/6	85/5	28/5
متوسط	آذر2	63/6	0/2	2/3	0/1	2/3	0/5	85/5	28/5
	مرودشت	66/4	1/1	3/0	0	3/5	1/1	44/3	4/2
	داراب2	67/9	1/5	5/0	0/1	6/5	0/6	72/0	9/0
	زرین	66/7	1/2	4/8	0/3	5/5	1/0	70/0	4/0
	بزوستایا	68/9	1/2	6/0	0/6	10/0	3/6	124/0	30/0
قوی	انیبا	61/4	0/6	5/3	0/3	7/0	0/5	71/7	1/5
	پیشتاز	68/4	1/2	5/5	0	8/3	3/2	91/5	7/5
	تجن	61/7	1/3	5/3	0/3	10/5	1/1	105/7	11/7

* داده های مربوط به ستون میانگین حاصل سه تکرار می باشند.

جدول 2 نتایج اندازه گیری مقدار کل پروتئین و وزن مرطوب ژل GMP در آرد های مورد آزمون*

	ارقام گندم	درصد پروتئین (بر اساس ماده خشک)		وزن مرطوب ژل GMP (گرم به ازاء 100 گرم وزن خشک آرد)	
		میانگین	معنی دار بودن میانگین ها**	میانگین	معنی دار بودن میانگین ها**
ضعیف	سرداری	12/2	de	146	de
	الموت	11/9	g	128	e
	شیرودی	11/6	cd	163	cde
	دز	12/4	cde	168	cd
	هامون	11/4	fg	132	de
متوسط	آذر2	12/5	ab	141	de
	مرودشت	12/4	bc	157	cde
	داراب2	12/5	a	234	a
	زرین	12/6	e	212	ab
	بزوستایا	11/5	ab	219	ab
قوی	انیبا	11/7	a	232	a
	پیشتاز	12/2	fg	164	cde
	تجن	12/2	f	186	bc

* داده های جدول میانگین سه تکرار می باشند.

1. Standard deviation

www.SID.ir

Archive of SID

3-2- نتایج اندازه گیری پروتئین

جدول 2 نتایج اندازه گیری پروتئین در آرد های مورد آزمون را نشان می دهد. دسته بندی کیفی که از روی اعداد کیفی فارینوگراف در مورد ارقام گندم به دست آمد در نتایج آزمون اندازه گیری مقدار پروتئین به چشم نمی خورد. به عبارت دیگر تغییرات مقدار پروتئین در واریته های مورد آزمون به صورت پراکنده بوده و از روند خاصی پیروی نمی کند. علت این امر مربوط به این است که مقدار پروتئین شاخص خوبی برای تفکیک گندم بر اساس قوت یا ضعف آنها نمی باشد. ارقامی هستند که با وجود داشتن مقدار پروتئین کم، کیفیت خوب دارند و برعکس ارقامی با داشتن مقدار پروتئین بالا جزو دسته ضعیف می باشند. به عبارت دیگر نمی توان از روی مقدار پروتئین گندم کیفیت نانوایی آن را مورد ارزیابی قرار داد. محققین دیگر نیز در یافته های خود به نتایج مشابه رسیده اند [2, 4, 19].

3-3- نتایج آزمون ژل گلوتنین ماکروپلیمر (GMP)

3-3-1- وزن مرطوب ژل GMP

پس از استخراج ژل GMP، وزن مرطوب ژل تمامی ارقام اندازه گیری شد. نتایج حاصل از اندازه گیری وزن مرطوب ژل GMP در جدول 2 آمده است. رقم الموت با میانگین وزن 128 گرم کمترین و رقم داراب 2 با میانگین وزن 234 گرم بیشترین وزن مرطوب ژل را دارا بودند. از لحاظ آماری ارقام دارارب 2، اینیا و بزوستایا و زرین اختلاف معنی داری در سطح 5 درصد نشان نداده و بیشترین مقدار وزن مرطوب ژل را به خود اختصاص دادند.

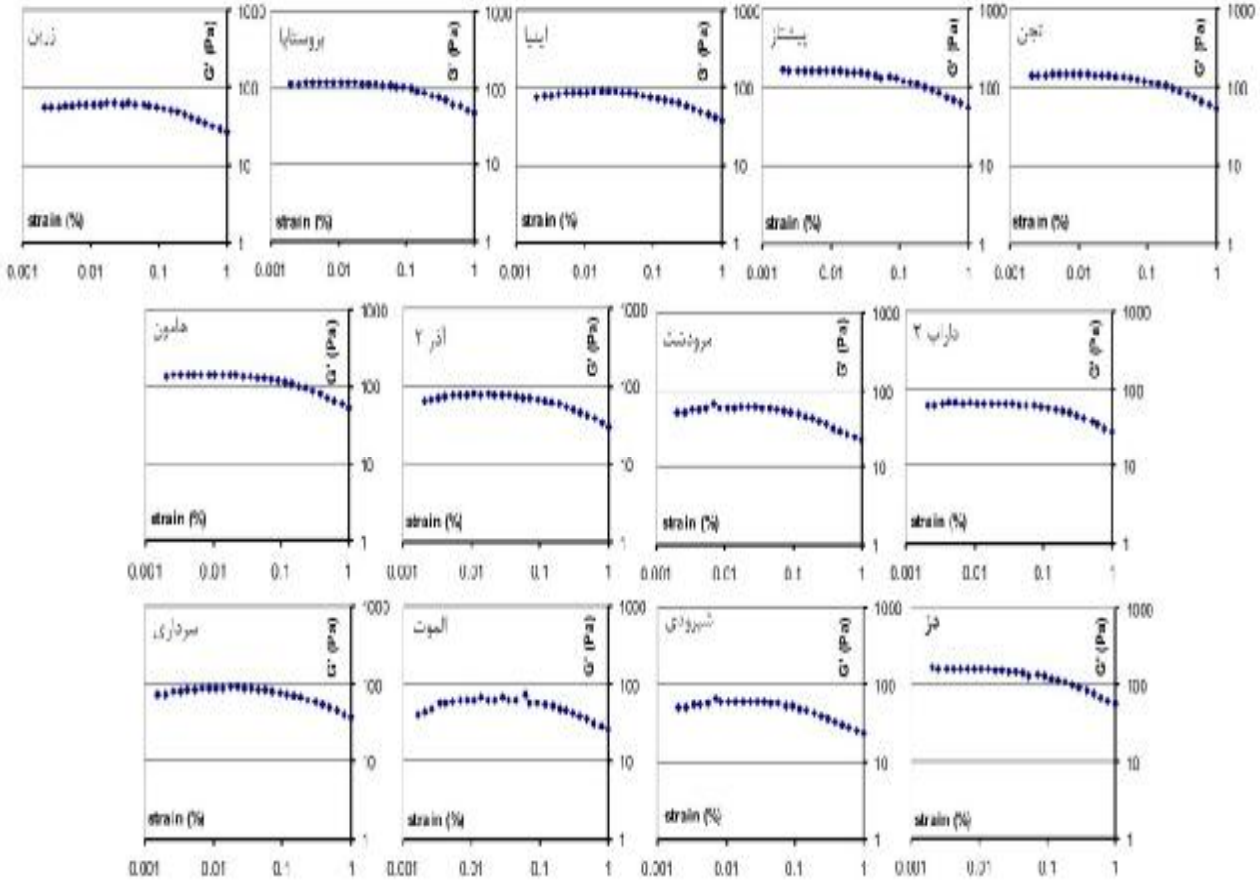
3-3-2- آزمون رئومتری نوسانی

در این مطالعه مؤلفه های رئولوژیکی مدول الاستیک یا ذخیره ('G)، مدول اتلاف یا افت ("G) و تانژانت دلتا (اتلاف) برای ژل های GMP استخراج شده از ارقام مختلف گندم مورد آزمون بدست آمد. شکل 2 منحنی های مدول الاستیک یا ذخیره بازاء درصد کرنش و شکل 3 منحنی های تانژانت دلتا بازاء درصد کرنش برای آردهای مورد آزمون نشان می دهد. در هر دو شکل در ردیفهای بالا نتایج مربوط به ارقام قوی، ردیفهای وسط ارقام متوسط و در ردیفهای پائین نتایج مربوط به ارقام ضعیف نشان داده شده است. همانطور که از شکل 2 ملاحظه می شود تقریباً در ارقام قوی باستثناء زرین و اینیا، بخش خطی منحنی مدول الاستیک ژل GMP اعداد بالایی نشان می دهد که بیانگر سفت بودن ژل مربوطه می باشد. در منابع علمی ذکر گردیده است که هرچه مدول الاستیک ژل بالا باشد گندم مورد آزمون قویتر و خواص نانوایی آن بهتر خواهد بود [1, 14, 20]. البته در مورد ارقام قوی زرین و اینیا که نتایج آزمون فارینوگراف و مقدار ژل GMP قوت آنها را تأیید کرده بود توجیه منطقی برای پائین بودن مقدار مدول الاستیک یا ذخیره آنها در این آزمون وجود ندارد. همینطور این مطلب برای دسته متوسط و ضعیف نیز صادق است که در بین آنها واریته هایی (مانند دز و هامون) وجود دارد که ناحیه خطی در منحنی مدول الاستیک ژل GMP استخراج شده از آنها اعداد بالایی نشان می دهد که دلالت بر سفت بودن ژل دارد. در حالت کلی ارتباط و همبستگی مشخصی بین سفتی ژل (مدول الاستیک) قوی بودن واریته گندم در نتایج ما دیده نمی شود. این نتایج با گزارشهای موجود در منابع علمی فوق الذکر [1, 14, 20] مطابقت ندارد.

همانطور که در شکل 3 نشان داده شده است ناحیه خطی منحنی تانژانت اتلاف ژل GMP در مورد ارقام قوی (مانند بزوستایا، تجن و پیشتاز) پائین تر از مقدار آن در ژل مربوط به ارقام ضعیف (الموت، شیرودی) می باشد. پائین بودن عدد تانژانت دلتا بیانگر سفتی ژل و الاستیک بودن آن می باشد. البته همانطور که در این شکل آمده است این روند برای تمامی واریته ها صادق نمی باشد و ارقامی مانند دز با وجود ضعیف بودن رفتار الاستیک و ارقامی چون زرین با وجود قوی بودن رفتار ویسکوز در این آزمون نشان داده اند. البته میزان پراکندگی و عدم تطابق در این آزمون نسبت به آزمون اندازه گیری مدول الاستیک (شکل 2) کمتر است. این امر به دلیل آنست که در محاسبه تانژانت اتلاف، دو مؤلفه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 2 منحنی های مدول الاستیک (G') بازاء درصد کرنش برای ژل GMP استخراج شده از آردهای مورد آزمون (ردیف بالا: ارقام قوی، ردیف وسط: ارقام متوسط، ردیف پائین: ارقام ضعیف).

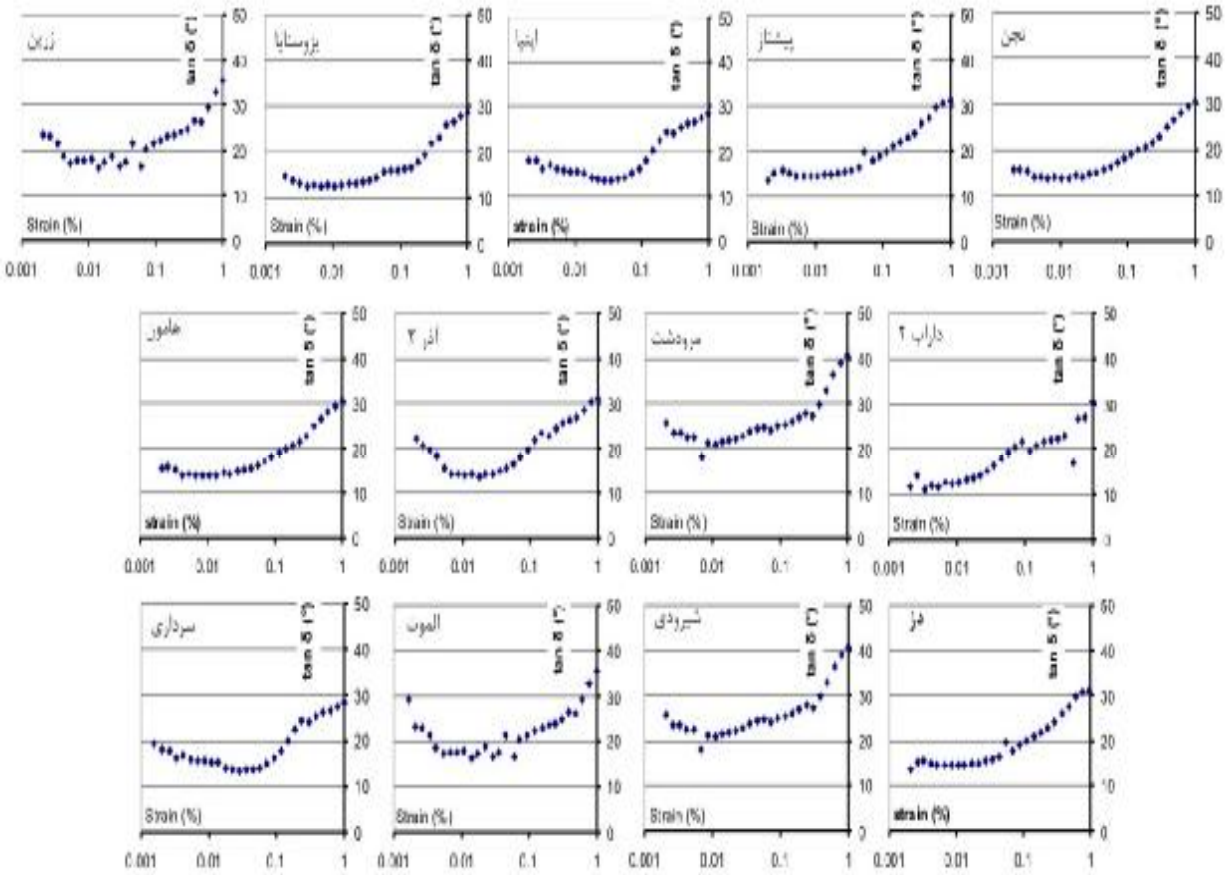
جدول 3 نتایج اندازه گیری ارتفاع و حجم نان برای ارقام گندم مورد مطالعه*

نام رقم گندم	ضعیف					متوسط					قوی				
	سرداری	الموت	شیرودی	دز	هامون	آذر2	مروارید	داراب2	زرین	بزوستایا	اینیا	پیشتاز	تجن
ارتفاع نان (سانتیمتر)	3/8	3/6	4/2	3/8	3/5	3/7	38/8	4/3	4/6	5/6	5/5	4/3	4/7
معنی دار بودن میانگین ها **	fg	gh	e	f	h	fg	f	cd	bc	a	a	de	b
حجم نان (میلی لیتر)	57/5	55/0	73/7	60/0	50/0	67/7	56/0	64/3	79/7	90/7	90/7	66/7	77/5
معنی دار بودن میانگین ها **	ef	f	c	e	g	d	ef	d	b	a	a	d	bc

* اعداد جدول برای فاکتورهای مورد اندازه گیری میانگین سه تکرار می باشند.
** در سطح 5% آماری با آزمون توکی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 3 منحنی های تانژانت دلتا بازاء درصد کرنش برای ژل GMP استخراج شده از آردهای مورد آزمون (ردیف بالا: ارقام قوی، ردیف وسط: ارقام

مدول الاستیک و مدول ویسکوز دخالت دارند و این پارامتر برآیندی از دو مؤلفه یاد شده می باشد. به منظور بررسی دقیق تر ارتباط بین خواص رئولوژیکی نوسانی ژل GMP با کیفیت نانوایی از آزمون رگرسیون استفاده گردید که نتایج آن در بخش 3-5-1 نشان داده شده است.

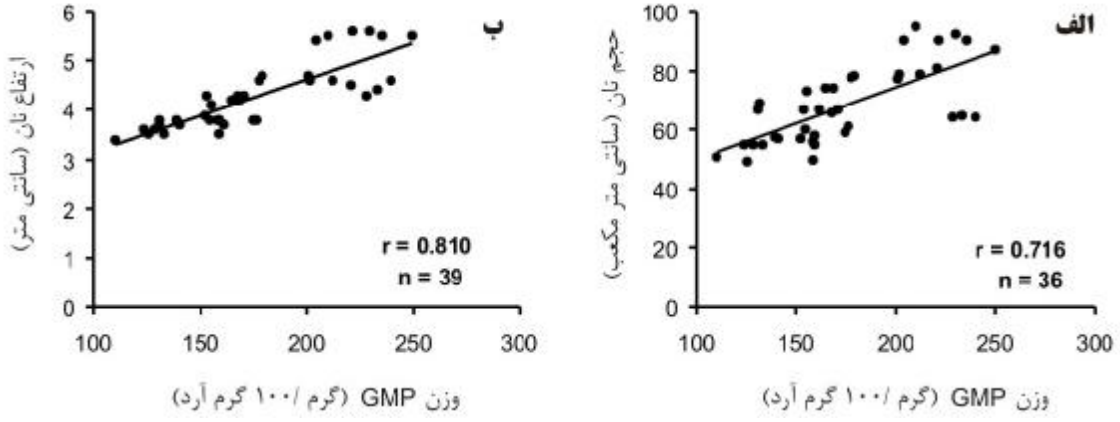
3-4- نتایج آزمون پخت نان

خواص نانوایی گندم های مورد آزمون در شکل 4 و جدول 3 نشان داده شده است. شکل 4 مقایسه کلی بین شکل و ویژگیهای فیزیکی (خلل فرج بافت داخلی) نان حاصل از گندم های مورد آزمون را ارائه می دهد. در این شکل واریته های قوی چون بزوستایا و اینیا و نیز تجن قرص های نان بزرگتری نسبت به واریته های ضعیف همچون الموت، دز و سرداری نشان می دهند. همچنین ساختار داخلی مغز نان در واریته های ضعیف، زبر و دارای حفره های بزرگ می باشد درحالی که در واریته های قوی بافت داخلی نان همگن و خلل و فرج آن ریز و یکنواخت می باشد. نتایج عددی مربوط به اندازه گیری حجم و ارتفاع نان در جدول 3 آمده است. در این جدول نیز واریته های قوی ارتفاع قرص بیشتری نسبت به واریته های متوسط و ضعیف نشان دادند. البته داده های حجم نان در مورد برخی واریته ها اختلاف معنی داری با هم نشان نداد و نوعی هم پوشانی بین برخی از واریته های متوسط و قوی وجود داشت.

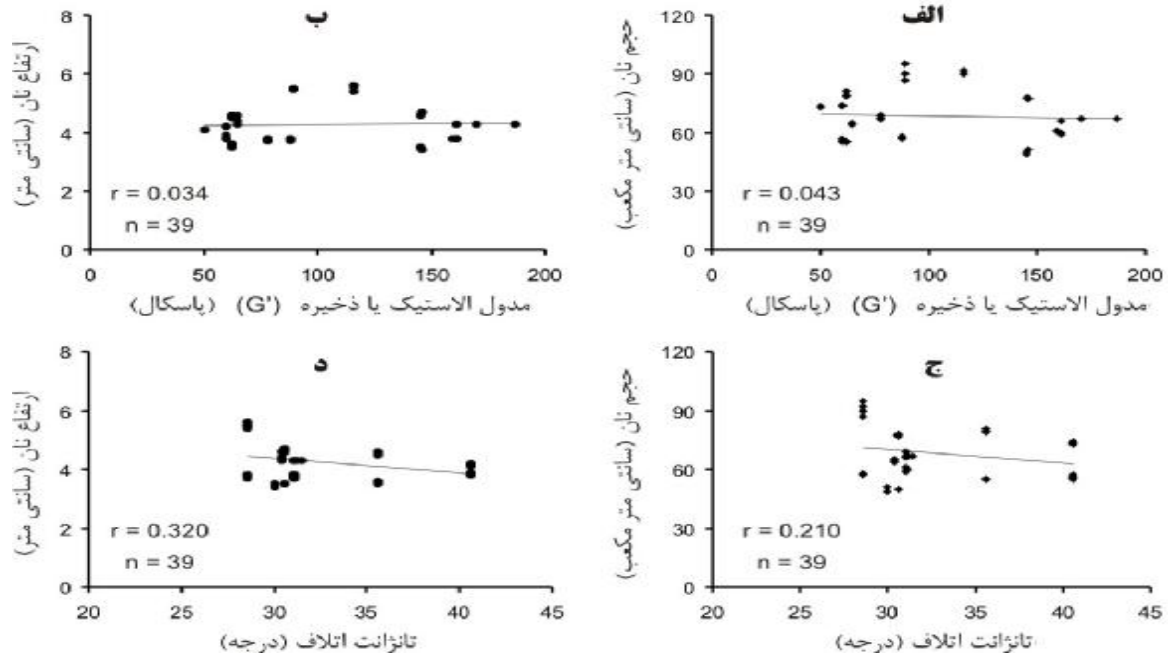
www.SID.ir

Archive of SID

شکل 4 مقایسه کلی ارتفاع و کیفیت بافت داخلی نان های حاصل از واریته های گندم مورد آزمون



شکل 5 نمودار های همبستگی بین وزن مرطوب ژل گلوتنین ماکروپلیمر با حجم نان (الف) و ارتفاع نان (ب)



شکل6 نمودار های همبستگی بین مدول الاستیک با حجم نان (الف)، مدول الاستیک با ارتفاع نان (ب)، تانژانت اتلاف با حجم نان (ج) و تانژانت اتلاف با ارتفاع نان (د)

www.SID.ir

Archive of SID

3-5- همبستگی بین فاکتورهای کیفی اندازه گیری شده

3-5-1- همبستگی بین وزن مرطوب ژل GMP با حجم و ارتفاع نان

شکل 5 نمودار همبستگی بین وزن مرطوب ژل GMP با حجم و ارتفاع نان را نشان می دهد. در این مطالعه ضریب همبستگی میان وزن مرطوب ژل و حجم و ارتفاع نان به ترتیب 0/716 و 0/810 به دست آمد. جزء پلیمری پروتئین گلوتنین گندم مهمترین جزء در ایجاد شبکه گلوتنی در ساختار نان بوده و ارتباط مستقیم با کیفیت نانوایی ارقام گندم دارد. نتایج ارائه شده در شکل 5 نیز مؤید این مطلب بوده و همراستا با نتایج تحقیقات پژوهشگران دیگر می باشد که همبستگی خوبی بین فاکتورهای نانوائی و وزن مرطوب ژل GMP گزارش کرده اند [4, 5, 11, 12]. از این نتایج می توان استنباط نمود که وزن مرطوب ژل GMP به عنوان روش پیشگویی کننده خوبی برای ارزیابی کیفیت نان به شمار می رود.

3-5-1- همبستگی بین مؤلفه های رئومتری نوسانی (مدول الاستیک و تانژانت اتلاف) ژل GMP با حجم و ارتفاع نان

شکل 6 نمودارهای همبستگی بین خواص رئولوژیکی ژل GMP با حجم و ارتفاع نان را نشان می دهد. رابطه بین مدول الاستیک با حجم نان در شکل الف و با ارتفاع نان در شکل ب نشان داده شده است. در هر دو مورد ضریب همبستگی محاسبه شده بسیار پائین و غیر معنی دار می باشد. با وجود اینکه رابطه بین وزن مرطوب ژل GMP با خواص نانوایی (حجم و ارتفاع نان) معنی دار می باشد (شکل 5) اما بین خواص رئولوژیکی نوسانی (تغییر شکل در مقیاس کوچک[1]) ژل GMP با حجم و ارتفاع نان ارتباط معنی داری دیده نشد. در شکل های 6-ج و 6-د به ترتیب رابطه بین تانژانت اتلاف با حجم نان و تانژانت اتلاف با ارتفاع نان نشان داده شده است. در هر دو مورد همبستگی به دست آمده نسبتاً مطلوب می باشد.

علت وجود همبستگی ضعیف بین خواص رئومتری ژل GMP با خواص نانوائی احتمالاً مربوط به این امر می باشد که دامنه تغییر شکل در آزمون رئومتری نوسانی در حد بسیار کم بوده و نمی تواند با تغییر شکلهای موجود در مراحل تخمیر و پخت نان که منجر به تغییرات عمده در شبکه گلوتنی شده و باعث افزایش حجم قرص نان می گردد برابری کند. در منابع علمی نیز به این امر اشاره شده است که حداکثر تنش برشی در اندازه گیری های رئومتری نوسانی به عدد 1 کیلوپاسکال می رسد در حالیکه دامنه تغییر شکل ها در فرآیندهای تخمیر و پخت نان از این حد بسیار بالاتر می باشد. تحقیقات متعددی نشان داده اند که این جزء گلوتن آرد است که در رفتار رئولوژیکی خمیر در مقیاس بزرگ نقش دارد [21-24].

بر اساس نتایج منتشر شده توسط *سفری اردی و فان تین*[2] (1998) [25] آزمون های رئولوژیکی با دامنه کوچک نمی توانند جهت توضیح رفتار رئولوژیکی خمیر در فرآیندهای تخمیر و پخت مورد استفاده قرار گیرند چراکه در این فرآیندها رفتار رئولوژیکی خمیر بسیار غیرخطی می باشد. بعلاوه گزارش شده که برهم کنش های پروتئین-پروتئین در خمیر در طی کرنش های کوچک به وسیله برهم کنش های نشاسته-نشاسته و نشاسته- پروتئین پوشیده می‌شود [26]. از اینرو آزمون های رئولوژیکی با دامنه تغییر شکل بزرگ[3] جهت آنالیز خمیر در رابطه با کیفیت پروتئین مناسب تر می‌باشند [21, 27, 28]. لذا در مجموع با در نظر گرفتن موارد فوق می توان عنوان نمود که رئومتری نوسانی ژل GMP نمی تواند گزینه مناسب برای مشخص نمودن رفتار رئولوژیکی آرد مورد آزمون تلقی شود و نوع آزمون رئولوژیکی باید طوری انتخاب شود که بتواند تغییرات بین پروتئین ها و پروتئین-نشاسته را در مقیاس بزرگ بررسی نماید. از این رو در بیشتر تحقیقات از آزمونهایی چون اکستنسوگراف بهره گرفته می شود که روی خمیر اعمال می گردد.

1. Small-scale deformation rheology

2. Safari-Ardi & Phan-Thien
3. Large-scale deformation rheology

www.SID.ir

Archive of SID

4- نتیجه گیری

با نگرشی اجمالی به نتایج به دست آمده در این پژوهش معلوم می گردد که بین وزن مرطوب ژل گلوتنین ماکروپلیمر و خواص نانوائی (حجم و ارتفاع نان) همبستگی قوی وجود دارد. اما میان نتایج آزمون های رئولوژیکی نوسانی ژل GMP و خواص نانوائی رابطه قابل قبولی دیده نمی شود که با استناد به آنها بتوان کیفیت نانوائی گندم را توضیح داد. بنابراین وزن مرطوب ژل GMP استخراج شده از آرد گندم می تواند به عنوان یک روش پیش بینی کننده خوب برای کیفیت نانوایی منظور گردیده و در کارهای اصلاح ژنتیکی به عنوان فاکتوری مهم برای غربال گری بین نمونه های گندم به کار رود.

تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله از دانشگاه تبریز به جهت حمایت مالی برای انجام این تحقیق تشکر می نمایند. نگارندگان همچنین مراتب سپاس خود را از جناب آقای مهندس کاووس رشمه کریم (آزمایشگاه تکنولوژی غلات مؤسسه اصلاح بذر و تهیه نهال کرج، وزارت جهاد کشاورزی) به جهت کمک در تهیه نمونه های گندم و آرد برای این پژوهش اعلام می دارند. حمایت و همفکری مدیریت و اعضاء محترم هیأت علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تبریز نیز در انجام این پژوهش ارج نهاده می شود.

5- منابع

[1]Don C, Lichtendonk WJ, Plijter JJ, Hamer RJ. 2003. Understanding the link between GMP and dough: from glutenin particles in flour towards developed dough. Cereal Science, 38:157-165.

[2]Moonen JHE, Scheepstra A, Graveland A. 1986. Use of the SDS sedimentation test and SDS-polyacrylamide gel electrophoresis for screening breeder's samples of wheat for bread-making quality. Euphytica, 31:677-690.

[3]Pritchard PE. 1993. The glutenin fraction (gel-protein) of wheat protein: a new tool in the prediction of baking quality. Applied Biology, 36:75-84.

[4]Sapirstein HD, Suchy J. 1999. SDS-protein gel test for prediction of bread loaf volume. Cereal Chemistry, 76:164-172.

[5]Singh NK, Donovan R, MacRitchie F. 1990. Use of sonication and size-exclusion high-performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins. II. Relative quantity of glutenin as a measure of breadmaking quality. Cereal Chemistry, 67:161-170.

[6]Graveland A. 1980. Extraction of wheat proteins with sodium dodecyl sulphate . Annual Technology Agriculture, 29:113-123.

[7]Weegels PL, Flissebaalje T, Hamer RJ. 1994. Factors affecting the extractability of the glutenin macropolymer. Cereal Chemistry, 71:308-309.

[8]Weegels PL, Hamer RJ, Schofield JD. 1997. Depolymerisation and re-polymerisation of wheat glutenin during dough processing. II. Changes in composition. Journal of Cereal Science, 25:155–163.

[9]Weegels PL, van de Pijpekamp AM, Graveland A, Hamer RJ, Schofield JD. 1996. Depolymerisation and repolymerisation of wheat gluten during dough processing. I. Relationships between GMP content and quality parameters. Journal of Cereal Science, 23:103–111.

[10]Lafiandra D, Ovidio R, Porcedu E, Margiotta B, Colaprico G. 1993. New data supporting High Mr glutenin subunit 5 as the determinant of quality differences among the pairs 5+10 vs. 2 +12. Journal of Cereal Science, 18:197–205.

[11]Payne PI, Nightingale MA, Krattiger AF, Holt LM. 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. Journal of Science of Food and Agriculture, 40:51–65.

[12]Popineau Y, Cornec M, Lefebvre J, Marchylo B. 1994. Influence of high Mr glutenin subunits on glutenin polymers and rheological properties of glutens and

www.SID.ir

[21]Tronsmo KM, Magnus EM, Baardseth P, Schofield JD, Aamodt A, Faergestad EM. 2003. Comparison of small and large deformation rheological properties of wheat dough and gluten. Cereal Chemistry, 80:587-595.

[22] Dobraszczyk BJ, Morgenstern M. 2003. Rheology and the breadmaking process. Journal of Cereal Science, 38:229-245.

[23]Kieffer R, Wieser H, Henderson MH, Graveland A. 1998. Correlations of the breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale. Journal of Cereal Science, 27:53-60.

[24]Sliwinski EL, Kolster P, van Vliet T. 2004. Large-deformation properties of wheat dough in uni- and biaxial extension. Part I. Flour dough. Rheologica Acta, 43:306 - 320.

[25]Safari-Ardi M, Phan- Thien N. 1998. Stress relaxation and oscillatory tests to distinguish between doughs prepared from wheat flours of different varietal origin. Cereal Chemistry, 75:80-84.

[26] Edwards NM, Peressini D, Dexter JE, Mulvaney SJ. 2001. Viscoelastic properties of durum wheat and common wheat dough of different strengths. Rheologica Acta, 40:142-153.

[27]Khatkar BS, Schofield JD. 2002. Dynamic rheology of wheat flour dough. I. Non-linear visco-elastic behaviour. Journal of Science of Food and Agriculture, 82:827-829.

[28]Khatkar BS, Schofield JD. 2002. Dynamic rheology of wheat flour dough. II. Assessment of dough strength and bread-making quality. Journal of Science of Food and Agriculture, 82:823-826.

gluten subfractions of near-isogenic lines of wheat Sicco. Journal of Cereal Science, 19:231–241.

[13]Uthayakumaran S, Gras PW, Stoddard FL, Bekes F. 1999. Effect of varying protein content and glutenin-to-gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. Cereal Chemistry, 76:389–395.

[14] Bekkers A, Lichtendonk WJ, Graveland A, Plijter JJ. 2000. Mixing of wheat flour dough as a function of the physicochemical properties of the SDS-gel proteins In: Shewry PR, Tatham AS, editors Wheat Gluten—Proceedings of the 7th International Workshop Gluten; 2000: Royal Society of Chemistry, Cambridge:408–412.

[15]AACC. 2005. AACC Approved Methods. St. Paul, Minnesota, USA: AACC, American Association of Cereal Chemists, Inc..

[16] D Appolonia BL, Kunerth WH. 1997. The Farinograph Handbook: third edition, revised and expanded. St. Paul, Minnesota, USA: AACC, American Association of Cereal Chemists, Inc..

[17]Williams PC, Sobering DC. 1993. Comparison of Commercial Near Infrared Transmittance and Reflectance Instruments for Analysis of Whole Grains and Seeds. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 1:25-32.

[18]Azizi MH. 2001. Effect of selected surfactants on dough rheological characteristics and quality of bread. PhD thesis Central Food Technological Research Institute Mysore- India:116-118.

[19] Axford DW, McDermott EE, Redman DG. 1978. Small-scale tests of breadmaking quality. Milling feed and Fertilizer, 66:18-20.

[20] Don C, Lichtendonk WJ, Plijter JJ, Van Vliet T, Hamer RJ. 2005. The effect of mixing on Glutenin-particle properties: aggregation factors that affect gluten function in dough. Journal of Cereal Science, 41:69-83.

www.SID.ir

Archive of SID

A study on relation between the amount and rheological characteristics of glutenin macro-polymer (GMP) gel and breadmaking quality of wheat.

Ghamari, M. [1], Peighambardoust, S. H.[2*]

1- Acdemic member of Hamedan Islamic Azad University, Hamedan Branch, Iran.
2- Assistant professor, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

The high molecular weight polymeric fraction of gluten, glutenin macro-polymer (GMP) shows strong relation with breadmaking quality of wheat. In this study, GMP was extracted from different Iranian wheat cultivars with different breadmaking performances. The correlation was investigated between the wet weight and (small-strain deformation) rheological characteristic of GMP-gel with bread quality (loaf volume and height). The results showed a significant relation between gel amount and bread loaf volume and height. However, no positive and significant correlation was found between small-strain deformation rheological characteristics (storage modulus and tan delta) with breadmaking characteristics. Concluding, despite to GMP wet weight which is accepted as a predictive measure for breadmaking quality, small-strain deformation rheological analysis of GMP-gel can not be used for screening breadmaking quality between wheat cultivars.

Keywords: Glutenin macropolymer (GMP); Rheology, Wheat; Bread; Quality

[*]Corresponding Author E-mail address: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir