

## بررسی تأثیر سیستم‌های هیدروکلوئیدی بر ساختار ژلی پروتئین‌های شیر طی تخمیر ماست

علی معتمدزادگان<sup>۱\*</sup>، سعیده ابدالی<sup>۲</sup>، شبنم حمزه<sup>۳</sup>، آزاده قربانی حسن سرایی<sup>۴</sup>،  
سیداحمد شهیدی<sup>۵</sup>

۱ - دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی، ایران

۲ - بخش تحقیق و توسعه شرکت فرآورده های لبنی کاله، آمل، مازندران، ایران

۳ - مربی گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه آموزش عالی تجن، قائمشهر، مازندران، ایران

۴ - استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی، ایران

۵ - دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت الله آملی، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۱۰)

### چکیده

در این پژوهش تأثیر هیدروکلوئیدهای مختلف به عنوان پایدارکننده (ژلاتین با قدرت ژل بالا (HBG)، ژلاتین با قدرت ژل پایین (LBG)، ژلاتین پوست ماهی (FSG)، پکتین با متوکسیل پایین (LMP) و نشاسته تاپیوکای اصلاح شده (MS) در چهار غلظت متفاوت بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و رئولوژیکی ماست مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که در همه نمونه‌ها به غیر از پکتین، مقدار PH طی زمان کاهش یافت و روند اسیدی شدن در نمونه حاوی نشاسته اصلاح شده به طور چشمگیری بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. نمونه حاوی LMP با مقدار ۵۷ درصد و نمونه حاوی HBG با مقدار ۷۸/۶ درصد به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین ظرفیت نگهداری آب را داشتند. در غلظت‌های پایین، پایدارکننده‌ها سبب تشکیل بافتی ضعیف در ماست شدند درحالی که در غلظت‌های بالا، تمام انواع ژلاتین یکنواختی بافت ماست را بهبود بخشیدند و بیش‌ترین قوام بافت در نمونه حاوی HBG مشاهده شد. ویسکوزیته نمونه‌ها نیز با افزودن پایدارکننده‌ها افزایش یافت و بین غلظت پایدارکننده‌ها و ویسکوزیته رابطه معنی‌داری وجود داشت. همچنین تمام انواع ژلاتین محدوده دانه‌ای شدن را کاهش دادند، اما نشاسته به طور معنی‌داری سبب افزایش این پارامتر در تمام غلظت‌ها شد ( $p < 0.05$ ). با این حال ژلاتین پوست ماهی بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش دانه‌ای شدن نشان داد.

کلید واژگان: پکتین، ژلاتین، ماست، نشاسته اصلاح شده، هیدروکلوئیدها

\* مسئول مکاتبات: amotgan@yahoo.com

## ۱- مقدمه

به کارگیری هیدروکلوئیدها در محصولات غذایی به‌عنوان قوام دهنده، پایدارکننده و عامل تشکیل ژل سابقه‌ای دیرینه دارد [۱]. اهداف اصلی استفاده از پایدارکننده‌ها در فرمولاسیون محصولات لبنیافزایش‌ماندگاری و ارتقاء ویژگی‌های کیفی مانند ظاهر، بافت و طعم می‌باشد. پایدارسازی کلوئیدی ذرات فایز پیوسته و کاهش کشش سطحی دو ویژگی اصلی پایدارکننده‌های با وزن مولکولی کم مانند مونسو و دی گلیسریدها، آلزینات، کاراگینان، صمغ‌ها و ژلاتین‌ها در محصولات لبنی می‌باشد [۲]. ماست به‌عنوان محصولی با رطوبت بالا و پروتئین‌هایی باکیفیت عالی تعریف می‌شود که در سراسر جهان از محبوبیت بی‌نظیری برخوردار است. این محصول به دلیل دارا بودن محتوای بالای پروتئین و کلسیم دارای ویژگی‌های تغذیه‌ای بالایی می‌باشد. ساختار ماست شبکه سه‌بعدی از رشته‌های کازئینی بوده که در اثر فعالیت باکتری‌های لاکتیکی در نقطه ایزو الکتریک (pH حدود ۵/۶) ترسیب شده‌اند. شروع تشکیل ژل و گسترش ساختار الاستیک با رفتار نیمه جامد بوده و سبب تغییر ساختار میسل‌ها به دلیل رسوب کلسیم‌های کلوئیدی می‌گردد. در نتیجه پیوندهای داخلی پیچیده‌تر و گسترده‌تر ذرات کازئین و شبکه پروتئینی و پیوند دی سولفیدی بین کاپا-کازئین و پروتئین‌های سرمی دناتوره شده و سبب هم پیوستن توده‌های کازئینی در نقطه ایزو الکتریک پروتئین در طی کاهش pH می‌شود [۳]. گوگیسبرگ و همکاران (۲۰۰۷)، طی بررسی تأثیرات افزودن ایزوله پروتئین آب پنیر (WPI) بر روی ساختار میکروسکوپی و استحکام بافت ماست‌های قالبی، دریافتند که افزودن WPI سبب کاهش استحکام و تضعیف شبکه پروتئینی می‌گردد [۴]. لاجوردی و همکاران (۲۰۱۵)، تأثیر صمغ

اسفرزه را بر روی پایداری ماست کم‌چرب مورد مطالعه قرار دادند و عنوان نمودند که استفاده از این هیدروکلوئید در نقطه بهینه سبب بهبود بافت و طعم ماست کم‌چرب می‌گردد [۵]. همچنین مورلو همکاران (۲۰۱۵)، تأثیر افزودن پروتئین و نشاسته اصلاح شده بر ویژگی‌های حسی، رئولوژیکی و ساختاری ماست را بررسی کردند و با توجه به تصویر میکروسکوپی ارائه شده از شبکه پروتئینی آب‌پنیر و کازئین، به این نتیجه رسیدند که گرانول‌های نشاسته‌ای شبکه پروتئینی را پوشانیده‌اند [۶]. علاوه بر این کیم و همکاران (۲۰۰۹)، تأثیر انواع مختلف پکتین را بر روی بافت و ویژگی‌های حسی در سیستم‌های ژل بیان کردند که نشان می‌دهد شدت درک آروما در ژل‌های پکتین‌های کم‌استر با درجه DE<sup>۲</sup> حدوداً ۰ و در وزن مولکولی پایین‌تر، حداکثر است. همچنین آنالیز حسی بافت نشان داد که ژل‌های به‌دست‌آمده از پکتین‌های اصلاح‌شده با پکتین متیل‌استراز سخت‌تر، توده‌ای‌تر، دارای قابلیت ارتجاعی و ویژگی جویده‌شدن بیش‌تری هستند [۷]. در این پژوهش تأثیر سه هیدروکلوئید پکتین، انواع ژلاتین (بلوم بالا، بلوم پایین گاوی)، ژلاتین ماهی و نشاسته در ساختار ماست قالبی مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش‌ها

مواد مورد نیاز از قبیل شیرخشک بدون چربی (کمتر از ۰/۵ درصد) (پگاه تهران)، مایه‌کشت حاوی *Streptococcus thermophilus* و *Lactobacillus bulgaricus* با کد (YC-X11) (کریستین هانسن)، ژلاتین گاوی در دو نوع ژلاتین پودری با قدرت تشکیل ژل پایین (۱۲۰) و ژلاتین ورقه‌ای با قدرت تشکیل ژل بالا (۲۴۰)

2. Dextrose Equivalent

1. whey protein isolate

به سرعت تا دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سرد و به مدت ۱۷ ساعت در این شرایط نگهداری شدند. تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند.

## ۲-۲- اندازه‌گیری pH و اسیدیته

آزمون اسیدیته ۱۷ ساعت پس از اتمام گرمخانه‌گذاری مطابق روش ارائه شده در استاندارد ملی ایران با شماره ۲۸۵۲ انجام شد و با استفاده از pH متر دیجیتال (Jenway, 3505, UK) در دو نوبت بلافاصله بعد از گرمخانه‌گذاری و پس از ۱۷ ساعت سرد شدن اندازه‌گیری شد [۸].

معادله ۱:

$$\text{Lactic acid}(\%) = \frac{0.1M \text{ NaOH}(\text{mL}) \times 0.009}{\text{sample}(\text{g})} \times 100$$

## ۲-۳- ظرفیت نگهداری آب و آب‌اندازی خودبه

### خودی

به منظور ارزیابی ظرفیت نگهداری نمونه‌های ماست تولیدی، ۵ گرم نمونه پس از توزین در سانتریفوژ با سرعت ۴۵۰۰ rpm به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شدند و سپس فاز آبی جدا شد و توده رسوبی جمع‌آوری و توزین گردید. ظرفیت نگهداری آب (WHC)<sup>۶</sup> با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

معادله ۲:

$$\text{WHC} = [1 - w_t/w_i] \times 100$$

که در این رابطه،  $W_t$  و  $W_i$  به ترتیب وزن توده رسوبی و وزن اولیه نمونه می‌باشند.

آب تجمع یافته در سطح نمونه‌ها پس از ۱۷ ساعت نگهداری در یخچال جمع‌آوری و توزین شدند و میزان آب جدا شده در ۱۰۰ گرم نمونه به‌عنوان آب‌اندازی بیان شد [۹].

(مرک آلمان) و ژلاتین ماهی سردآبی با بلوم ۱۴۰ (سیگما آمریکا) تهیه شد. همچنین پکتین با درجه متوکسیلاسیون پایین (سی-پی کلکو دانمارک) و نشاسته اصلاح‌شده (پروکار ترکیه) نیز خریداری شدند.

## ۲-۱- فرآیند تهیه ماست

شیر بازساخته با استفاده از ترکیب شیرخشک بدون چربی و آب (با دمای حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد) و همزن با دور rpm ۱۰۰ تهیه شد. سپس پایدارکننده‌ها ( $1\text{HBG}$  (۰/۸۷/۵)،  $2\text{LBG}$  (۰/۸۹)،  $3\text{FSG}$  در آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد درون حمام آب گرم،  $4\text{MS}$  در آب سرد و  $5\text{LMP}$  در دمای حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد) در شرایط بهینه هیدراته شدند. در ادامه نمونه‌های حاوی نشاسته و ژلاتین با نسبت‌های ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱ درصد و نمونه‌های حاوی پکتین با نسبت ۰/۰۵، ۰/۱۵، ۰/۲۵ و ۰/۳۵ درصد و نمونه کنترل فاقد پایدارکننده با شیر بازساخته به نسبت وزنی-حجمی مخلوط و ماده خشک نهایی نمونه‌های تولیدی در حدود ۹ درصد تنظیم شد. سپس شیر حاوی ژلاتین توسط دستگاه التراتوراکس (IKA, T25, Germany) با دور rpm ۲۴۰۰۰ به مدت ۴-۳ دقیقه هموزن و به مدت ۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد تحت فرآیند حرارتی قرار گرفت و پس از خنک کردن سریع تا دمای ۴۳-۴۲ درجه سانتی‌گراد در حمام آب سرد، استارتر خشک (به نسبت ۰/۰۸ گرم استارتر به ازای هر لیتر شیر) به نمونه‌ها اضافه شد و محصول تولیدی در ظروف پلی‌اتیلنی ۱۰۰ گرمی به قطر تقریبی ۶۴ میلی‌متر ریخته و پس از درب بندی تا رسیدن به PH ۵/۴ تا ۵/۸ در دمای ۴۳-۴۲ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند. در ادامه نمونه‌ها

1. High bloom gelatin
2. Low bloom gelatin
3. Cold water fish skin gelatin
4. Modified tapioca starch
5. Low methoxyl pectin

6. Water-holding capacity

## ۲-۴- تست نفوذ

این آزمون با استفاده از دستگاه بافت سنج (Brookfield, model CT3, USA) دارای پروب استوانه‌ای با سطح مقطع صاف به قطر ۷/۱۲ میلی‌متر و سرعت حرکت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و در دمای ۴-۲ درجه سانتی‌گراد انجام شد و شاخص‌های نیروی گسستگی (اولین گسستگی قابل توجه در نمودار پلانگر درون ژل در جابجایی کل ۲۵ میلی‌متر) و سختی ژل (حداکثر ارتفاع منحنی نفوذ پلانگر) مورد بررسی قرار گرفتند [۱۰].

## ۲-۵- گرانیوی

گرانیوی نمونه‌ها ۱۷ ساعت پس از سرد کردن در شرایط یکسان (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد)، با استفاده از اسپیندل L4 و دور ۳۰ rpm توسط دستگاه ویسکومتر چرخشی (Myr, V2L, Viscotech, Spain) مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۱].

## ۲-۶- دانه‌ای شدن

جهت بررسی دانه‌ای شدن نمونه‌های ماست تولیدی، از یک سطح شفاف با ابعاد ۶ × ۱۵۰ × ۹۲ میلی‌متر که با یک قاب پلی‌اتیلنی به ارتفاع ۰/۶ میلی‌متر احاطه شده بود استفاده شد. نمونه‌های ماست پس از سرد شدن با حداقل تنش بر روی شیشه با ارتفاع حدود ۰/۶ میلی‌متر پهن و سپس شیشه به داخل اتاق تاریک منتقل و بر روی یک سطح شفاف قرار داده شد. نمونه‌ها توسط دوربین دیجیتالی تعبیه شده درون اتاقی تاریک با وضوح تصویر ۳۰۰۰ × ۴۰۰۰ و پس‌زمینه خاکستری با زاویه ۹۰ درجه نسبت به نمونه، به وسیله دوربین دیجیتالی (PC1620, Canon, Japan) عکس برداری شدند. تصاویر توسط نرم‌افزار فتوشاپ (CS2, version 9, adobe systems incorporated, USA Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA) مورد بررسی قرار گرفت و تعداد گره‌هایی با قطر بیش از ۰/۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد [۱۰].

## ۲-۷- آنالیز آماری

این مطالعه در قالب فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19.0 تجزیه و تحلیل شد و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده گردید. تمامی نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل رسم شدند.

## ۳- نتایج و بحث

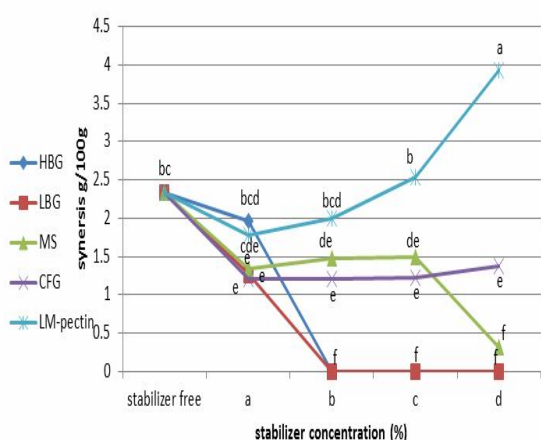
## ۳-۱- اندازه‌گیری pH و اسیدیته

تغییرات pH اکثر تیمارها به دلیل فعالیت باکتری‌های آغازگر در طی سرد شدن دارای روند کاهشی و در محدوده ۴/۲۹ تا ۴/۶۵ بود (جدول ۱) اما در نمونه‌های حاوی پکتین این کاهش pH کمتر از سایر نمونه‌ها بود و به نظر می‌رسد که پکتین سبب ممانعت از فعالیت باکتری‌های لاکتیکی و در نتیجه افزایش زمان لختگی شد. از سوی دیگر انتظار می‌رفت با توجه به تأثیر پکتین بر فعالیت باکتری‌های لاکتیکی ویژگی‌های حسی محصول نهایی نیز به شدت تحت تأثیر قرار گیرد. کاهش pH در نمونه حاوی نشاسته اصلاح شده بیشتر از سایر نمونه‌ها بود و این امر را می‌توان به ساختار پلی‌ساکاریدی نشاسته ارتباط داد. این نتیجه با گزارش دوکراسلو همکاران (۲۰۰۳) و پانگبون و همکاران (۱۹۷۴) مطابقت دارد که عنوان کردند، افزایش غلظت پکتین با تأثیر بر فعالیت باکتری‌های اسیدلاکتیک، سبب کاهش عوامل تشکیل دهنده طعم در محصول می‌شود. در حالی که نشاسته اصلاح شده PH و زمان لختگی را کاهش می‌دهد. این امر می‌تواند به دلیل ترکیبات نشاسته‌ای باشد که سبب افزایش سرعت رشد باکتری‌های اسید لاکتیک می‌شوند [۱۲ و ۱۳].

1. Coagulation time

**Table 1** Effect of pH and acidity variation of samples (a: 0.25% , 0.5% . 0.75% and 1% for LBG, HBG, FSG and MS- (a:0.05, b:0.15, c:0.25 and d:0.35% for pectin ) during cooling.

HBG	Initial pH				pH reduction				Acidity (%)				Coagulation time
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	
LBG	4.45	4.50	4.58	4.54	0.15 <sup>abcd</sup>	0.093 <sup>bcd</sup>	0.063 <sup>cd</sup>	0.06 <sup>cd</sup>	0.825	0.78	0.755	0.76	4:32
FSG	4.62	4.55	4.49	4.55	0.07 <sup>cd</sup>	0.093 <sup>bcd</sup>	0.103 <sup>bcd</sup>	0.09 <sup>bcd</sup>	0.755	0.885	0.825	0.745	3:50
MS	4.49	4.60	4.58	4.48	0.0103 <sup>bcd</sup>	0.033 <sup>d</sup>	0.063 <sup>cd</sup>	0.106 <sup>bcd</sup>	0.885	0.76	0.85	0.895	3:45
LM-P	4.43	4.42	4.35	3.28	0.236 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.226 <sup>ab</sup>	0.213 <sup>abc</sup>	0.81	0.74	0.86	0.9	3:28
	4.6				0.023 <sup>bcd</sup>				0.76				4:30



**Fig 1** Effect of different stabilizers in various concentrations (a: 0.25% , 0.5% . 0.75% and 1% for LBG, HBG, FSG and MS- a:0.05, b:0.15, c:0.25 and d:0.35% for LMP) on syneresis.

مطابق شکل ۲ مقدار WHC از ۵۰ تا ۸۰ درصد متغیر است و نشان می دهد تمام انواع ژلاتین با تشکیل پیوندهای صفحه‌ای در ساختار پروتئینی ماست سبب استحکام شبکه پروتئینی می شوند. نمونه حاوی HBG و MS به ترتیب بیشترین و کمترین ظرفیت نگهداری آب را در بین تمامی نمونه‌های ماست مورد ارزیابی به خود اختصاص دادند. طبق نتایج مشابه بدست آمده توسط فیزمن و همکاران (۱۹۹۹)، ساهانو همکاران (۲۰۰۶) و گانکالوز (۲۰۰۳) این امر به دلیل افزایش قدرت پیوند بین HBG و پروتئین‌های کازئین در مقایسه با سایر نمونه‌ها بود و نشانسته اصلاح شده به دلیل ایجاد پیوند های ضعیف با شبکه کازئین به راحتی با استرس از بین می رود [۱۰ و ۱۵ و ۹].

### ۲-۳- ظرفیت نگهداری آب و آب اندازی خود

#### به خودی

جدا شدن آب در طی زمان نگهداری به عنوان یکی از مهم‌ترین معضلات کیفی ماست محسوب می گردد. این امر در ماست‌های قالبی به دلیل توده‌ای شدن ژل و جدا شدن پروتئین‌های سرمی بر روی سطح آن اتفاق می افتد و به‌عنوان آب اندازی خود به خودی شناخته می شود [۹]. مطابق شکل ۱ پایدار کننده‌هایی نظیر LBG و HBG سبب عدم خروج آب اندازی نمونه‌های ماست شده‌اند در حالی که نمونه ماست حاوی LMP دارای بیشترین مقدار آب‌اندازی در طی دوره آزمون بود. بر اساس نتایج اورت و همکاران (۲۰۰۵)، در غلظت‌های بالا، پکتین به شدت شبکه پروتئین را تحت تأثیر قرار می دهد. در نتیجه شبکه کازئینی شروع به از دست دادن استحکام کرده و فاز آبی از آن جدا می شود. این امر سبب افزایش آب‌اندازی و کاهش WHC می شود. سایر پایدارکننده‌ها با توده‌ها و شبکه پروتئینی شیر پیوند برقرار کرده و تشکیل شبکه‌ای دوتایی با حداقل سطوح آزاد می کنند. این امر سبب افزایش احاطه فاز آبی می گردد [۱۴].

از سوی دیگر WHC به عنوان مقدار آب جدا شده از محصول طی تحمل تنش معرفی می شود و بیانگر مقاومت شبکه پروتئینی می باشد.

#### 1. Syneresis

را دارا بود و همچنین در این نمونه‌ها محتوای آب‌اندازی قابل ملاحظه‌ای نیز مشاهده شد (۱/۳۷ درصد) در حالی که تیمار حاوی ژلاتین با بلوم بالا با مقدار ۵۵ میلی پاسکال، بافت ژله‌ای قوی‌تری داشت. براساس نتایج سانداوال و همکاران (۲۰۰۴)، در غلظت‌های پایین پایدارکننده، به دلیل حذف چربی و جایگزینی نسبی بخشی از کازئین شیر و کاهش حدود ۲ درصد ماده خشک، تأثیر چندانی در بهبود بافت نداشت و سبب تشکیل بافتی ضعیف شد. که این امر با کاهش پیوندهای پروتئینی و عدم کفایت قدرت تشکیل ژل ژلاتین مرتبط به نظر می‌رسد [۱۴]. فیزمن و همکاران (۱۹۹۹) نیز گزارش کردند که محتوای پایین ماده خشک و کازئین، شبکه پروتئینی ضعیف‌تر با نقاط اتصال کمتر پروتئین‌ها، می‌تواند سبب کاهش استحکام بافت گردد. با این فرض، FSG به عنوان یک پایدارکننده قادر به اتصال آب آزاد در شبکه پروتئین نیست، بنابراین WHC را افزایش می‌دهد و به طور قابل توجهی سبب کاهش استحکام بافت می‌شود. درحالی که اضافه کردن ژلاتین استحکام بافت را به شدت افزایش می‌دهد [۱۰].

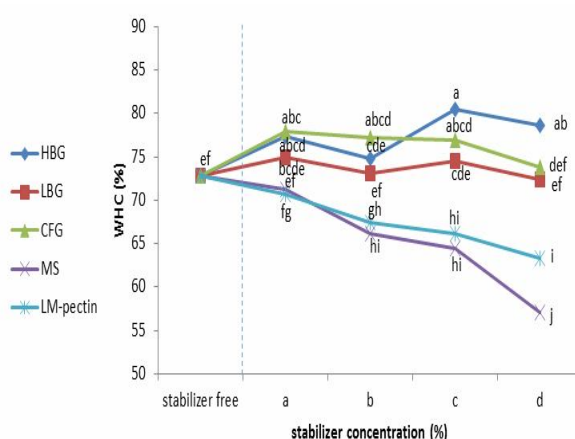


Fig 2 Effect of different stabilizers in various concentrations (a: 0.025% , 0.05% . 0.075% and 1% for LBG, HBG, FSG and MS- a:0.05, b:0.15, c:0.25 and d:0.35% for LMP) on WHC.

### ۳-۳- آنالیز بافت

همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است، نمونه حاوی ۲۵٪ ژلاتین ماهی (FSG) با مقدار ۱۶ میلی پاسکال، حداقل قوام بافت

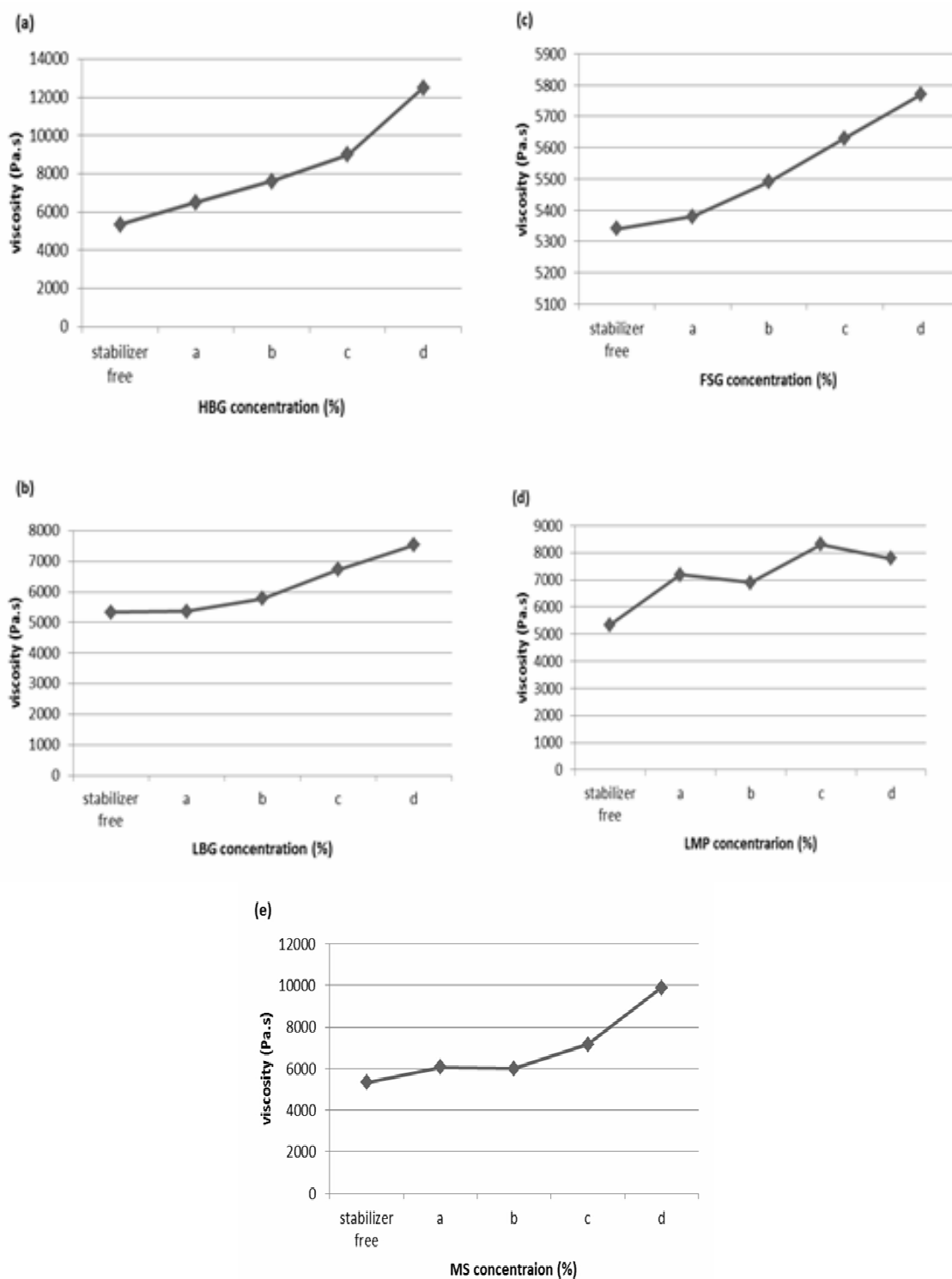
Table 2 Effect of stabilizers on textural properties of samples (a: 0.025% , 0.05% . 0.075% and 1% for LBG, HBG, FSG and MS- a:0.05, b:0.15, c:0.25 and d:0.35% for pectin ).

	Fracturability				Firmness			
	a	b	c	d	a	b	c	d
HBG	14 <sup>jik</sup>	22 <sup>ef</sup>	34.33 <sup>b</sup>	59.66 <sup>a</sup>	22 <sup>efg</sup>	26.33 <sup>ef</sup>	40.33 <sup>c</sup>	55 <sup>b</sup>
LBG	21.33 <sup>efg</sup>	15.66 <sup>hi</sup>	15.33 <sup>hij</sup>	27.33 <sup>c</sup>	25.33 <sup>ef</sup>	25.66 <sup>ef</sup>	23 <sup>efg</sup>	32.33 <sup>d</sup>
FSG	10.33 <sup>l</sup>	12.66 <sup>ijkl</sup>	10.5 <sup>l</sup>	12 <sup>kl</sup>	16.33 <sup>h</sup>	18 <sup>gh</sup>	16 <sup>h</sup>	18.33 <sup>gh</sup>
MS	20.33 <sup>fg</sup>	18 <sup>gh</sup>	12.33 <sup>jkl</sup>	25.33 <sup>cd</sup>	20.22 <sup>fgh</sup>	25.33 <sup>ef</sup>	22.66 <sup>efg</sup>	25.33 <sup>ef</sup>
LMP	19.33 <sup>fg</sup>	10.66 <sup>l</sup>	19.33 <sup>fg</sup>	23.66 <sup>de</sup>	27.33 <sup>de</sup>	21.66 <sup>efgh</sup>	83.66 <sup>a</sup>	32.33 <sup>d</sup>
Stabilizer free	20.25 <sup>fg</sup>				32.5 <sup>d</sup>			

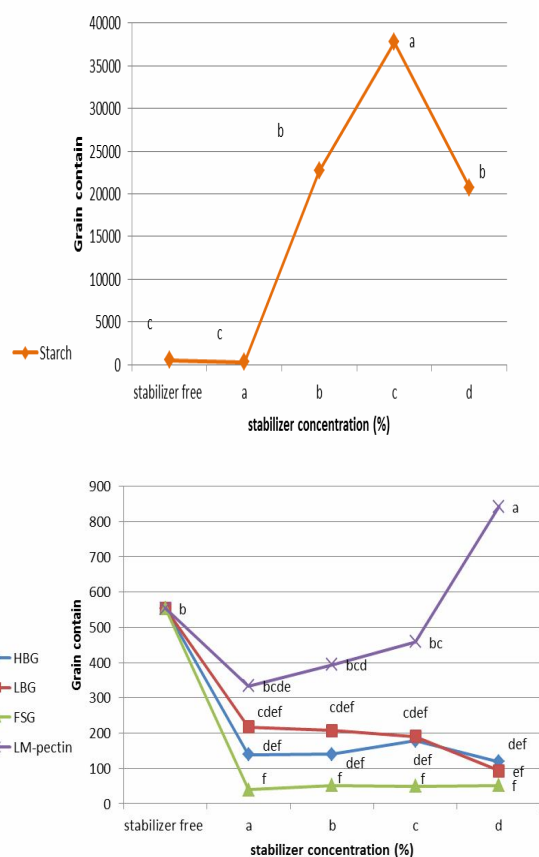
می‌گردد [۱۰]. روند تغییرات ویسکوزیته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با درصدهای مختلف پایدارکننده در شکل ۳ نشان داده شده است. نمودارها حاکی از افزایش مقاومت ژل در برابر تنش با افزایش پایدارکننده‌ها می‌باشند به طوری که ویسکوزیته ظاهری ارتباط مستقیمی با افزایش مقدار پایدارکننده دارد. در نتیجه پس از ۲۰ دقیقه شروع تنش کمترین ویسکوزیته مربوط به نمونه فاقد پایدارکننده و بیشترین ویسکوزیته در نمونه حاوی ۱ درصد HBG (۱۲۵۲۰ پاسکال ثانیه) مشاهده شد.

### ۳-۴- ویسکوزیته ظاهری

ویژگی‌های بافتی ماست قالبی می‌تواند با قابلیت قاشق خوری آن قابل مقایسه باشد. اما به منظور بررسی احساس دهانی و رفتار سیال حین اعمال تنش، ویسکوزیته عامل مؤثری به شمار می‌رود. در واقع ویسکوزیته مقاومت ساختار ژلی در برابر شکسته شدن است. به دلیل ویژگی‌های شل شوندگی ماست حین اعمال تنش، به عنوان یک ژل تیکسوتروپیک، ویسکوزیته آن در حین همزنی به شدت کاهش می‌یابد و سپس طی زمان بخشی از آن باز



**Fig 3** Effect of stabilizers on viscosity trend of samples (a: 0.25% , 0.5% 0.75% and 1% for LBG, HBG, FSG and MS- a:0.05, b:0.15, c:0.25 and d:0.35% for pectin ), (a)high bloom gelatin, (b)low bloom gelatin, (c) fish skin gelatin, (d)low methoxyl pectin and (d) modified starch.



**Fig 4** Stabilizers effect on graininess (a: 0.25% , 0.5%. 0.75% and 1% for LBG, HBG, FSG and MS (Starch)- a: 0.05%, b: 0.15%, c: 0.25% and d :0.35% for pectin).

بنابراین علاوه بر کاهش تشکیل توده، سبب ایجاد بافت درخشانتر و یکنواخت‌تر می‌گردد. درحالی که پکتین و نشاسته اصلاح شده اثر معکوس دارند و سبب افزایش آب اندازی و توده‌ای شدن می‌شوند [۱۵ و ۱۲].

**Table 3** Effect of stabilizer on total area and mean perimeter of grain of samples (a: 0.25% , 0.5%. 0.75% and 1% for LBG, HBG, FSG and MS- a:0.05, b:0.15, c:0.25 and d:0.35% for pectin ).

	Total area				Mean Perimeter			
	a	b	c	d	a	b	c	d
HBG	342 <sup>c</sup>	463.5 <sup>c</sup>	389 <sup>c</sup>	354.5 <sup>c</sup>	2.936 <sup>a</sup>	2.635 <sup>a</sup>	2.909 <sup>a</sup>	2.983 <sup>a</sup>
LBG	254.5 <sup>c</sup>	496 <sup>c</sup>	503.5 <sup>c</sup>	561 <sup>c</sup>	3.014 <sup>a</sup>	2.474 <sup>a</sup>	2.496 <sup>a</sup>	2.813 <sup>a</sup>
FSG	232.5 <sup>c</sup>	267 <sup>c</sup>	247.5 <sup>c</sup>	132 <sup>c</sup>	3.955 <sup>a</sup>	2.46 <sup>a</sup>	2.813 <sup>a</sup>	2.735 <sup>a</sup>
MS	6455 <sup>b</sup>	13082 <sup>a</sup>	74069 <sup>b</sup>	785 <sup>c</sup>	2.18 <sup>a</sup>	2.813 <sup>a</sup>	4.222 <sup>a</sup>	5.34 <sup>a</sup>
LMP	2170.5 <sup>c</sup>	1117 <sup>c</sup>	1387.5 <sup>c</sup>	1033.5 <sup>c</sup>	2.813 <sup>a</sup>	2.769 <sup>a</sup>	2.959 <sup>a</sup>	3.344 <sup>a</sup>
Stabilizer free	1909.5 <sup>c</sup>				2.813 <sup>a</sup>			

از سوی دیگر ژلاتین ماهی حداقل تأثیر را بر ویسکوزیته داشت (۵۷۶۰ پاسکال ثانیه). براساس نتایج مشابه بدست آمده توسط ساهان و همکاران (۲۰۰۶)، آن‌ها گزارش کردند که پایدارکننده‌ها سبب مهار آب آزاد شده و آن را در شبکه کازئینی محصور می‌کنند. بدین ترتیب سبب افزایش ویسکوزیته می‌شوند [۹].

### ۳-۵- دانه‌ای شدن

دانه‌ای شدن به عنوان یکی از ویژگی‌های مهم ارگانولپتی کم است به شمار می‌رود. مصرف‌کننده ماست بافت یکنواخت را ترجیح می‌دهد اما کاهش چربی، گاهی به دلیل توزیع نامناسب شبکه پروتئینی سبب افزایش توده‌ها در ماست می‌گردد. نتایج در شکل ۴ و جدول ۳ نشان داده شده است.

تعداد و مساحت کلی توده‌ها در تیمار حاوی نشاسته به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. از این رو به دلیل سطح بالای دانه‌ای شدن در تیمار حاوی نشاسته این مقدار در سایر نمونه‌ها معنی‌دار نبود. در نمونه‌ی حاوی LMP توده (در سطح ۶۵) بیشترین قطر (۳/۹۹۵ میلی‌متر مربع) را دارا بود اما این اختلاف معنی‌دار نبود. در غلظت‌های بالا، مقدار توده‌ها تا سطح ۸۵۰ در نمونه حاوی پکتین افزایش یافت در حالی که انواع ژلاتین سبب بهبود یکنواختی بافت ماست شدند و دانه‌ای شدن را کاهش دادند. محققان بیان کردند که در غیاب چربی، ژلاتین فضاهای خالی تشکیل شده توسط رشته‌های بتالاکتوگلوبولین را پر کرده و همچنین با ویژگی امولسیفایری خود سبب افزایش سطح آب دوست می‌گردد. از این رو آب در شبکه احاطه شده و آب اندازی کاهش می‌یابد.



- [6] Morrel, P. Hernando, I., Llorca, E., & Fiszman, S. (2015). Yogurts with an increased protein content and physically modified starch: rheological, structural, oral digestion and sensory properties related to enhanced satiating capacity. *Food research international*. 70. 64-73.
- [7] Kim, Y., Kim, Y. S., Yoo, S. H., & Kim, K. O. (2009). Molecular differences of low methoxy pectins induced by pectin methyl esterase I: Effects on texture, release and perception of aroma in gel systems. *Food Chemistry*, 123: 451-455.
- [8] AOAC. (1997). Official methods of analysis. Association of Analytical Chemist International, 16th ed. Washington.
- [9] Sahan, N., Yasar, k., & Hayaloglu, A. A. (2006). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a  $\beta$ -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*. 22: 1291-1297.
- [10] Fiszman, S.M., Lluch, M.A., & Salvador, A. (1999). Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *International Dairy Journal*, 9: 895-901.
- [11] Lal, S. N. D., O'Connor, C. J., & Eyres, L. (2006). Application of emulsifiers/stabilizers in dairy products of high rheology. *Advances in Colloids and Interface Science*. 123-126. 433-437.
- [12] Decourcelle, N., Lubbers, S., Vallet, N., Rondeau, P., & Guichard, E. (2003). Effect of thickeners and sweeteners on the release of blended aroma compounds in fat-free stirred yoghurt during shear conditions. *International Dairy Journal*, 14: 783-789.
- [13] Pangborn, R. M., & Szczesniak, A. S. (1974). Effect of hydrocolloids and viscosity on flavor and odor intensities of aromatic flavor compounds. *Journal of Texture Studies*, 4, 467-482.
- [14] Everett, D. W., & McLeod, R. E. (2005). Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. *International Dairy Journal*. 15. 1175-1183.
- [15] Gonçalves, D., Pérez, M.C., Reolon, G., Segura, N., Lema, P., Gámbaro, A., Varela, P., & Ares, G. (2003). Effect of Thickeners on the Texture of stirred Yogurt. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 16(3): 207-211
- [16] Sandoval-Castilla, O., Lobeto- Calleros, C., Aguirre-Mandujano, E., & Vernon-Carter, E. J. (2004). Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*. 14. 151-159.

## ۴- نتیجه گیری

در این بررسی اثر افزودن هیدرو کلوئیدهای مختلف به عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های ماست مورد بررسی قرار گرفت. هیدرو کلوئیدها به عنوان پایدار کننده برای کنترل نقص‌های بافتی و افزایش قوام در ماست استفاده شدند و هر یک تأثیرات متفاوتی بر ویژگی‌های محصول نهایی نشان دادند. به طوری که ژلاتین بابلوم بالا بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های بافتی محصول داشت و سبب کاهش شدید آب‌اندازی در محصول گردید. درحالی که بقیه پایدار کننده‌ها تأثیرات مطلوبی روی بافت نداشتند. همه پایدار کننده‌ها سبب افزایش ویسکوزیته و افزایش ظرفیت نگهداری آب شدند و به غیر از پکتین، بقیه پایدارکننده‌ها آب‌اندازی را کاهش دادند. همچنین در این بررسی تأثیر استفاده از ژلاتین ماهی سرد آبی به عنوان یک هیدروکلوئید جدید در ماست مورد مطالعه قرارگرفت. این نوع از ژلاتین محتوای توده‌ای شدن و آب‌اندازی را در ماست کاهش داد و به طور کلی سبب یکنواختی محصول گردید اما به دلیل قدرت ژل پایین سبب تأثیرات نامطلوبی در ویژگی‌های بافتی ماست شد.

## ۵- منابع

- [1] Katz, F. (2001). Active cultures add function to yogurt and other foods. *Food Technology*, 55(3), 46-49.
- [2] Crion, C. I. E., Gee, V. L., Kelly, A. L., & Auty M.A. E. (2012). Modifying the microstructure of low-fat yoghurt by microfluidisation of milk at different pressures to enhance rheological and sensory properties.. *Food Chemistry*, 130, 510-519.
- [3] Torres, I. C., Rubino, J. M. R., & Ipsen, R. (2012). Using fractal image analysis to characterize microstructure of low-fat stirred yoghurt manufactured with microparticulated whey protein. *Journal of Food Engineering*, 109, 721-729.
- [4] Guggisberg, D. Eberhard, P., & Albrecht, B. (2007). Rheological characterization of set yoghurt produced with additives of native whey proteins. *International Dairy Journal*. 14, 11: 1353-1359.
- [5] Ladjevardi, ZH., Gharinzadeh, M., & Mousavi, M. (2015). Development of a stable low-fat yogurt gel using functionality of psyllium (*Plantago ovata* Forsk) husk gum. *Carbohydrate polymers*. 125. 272-280.

## Impact of hydrocolloids effects on gel structure of milk proteins during the fermentation of yogurt

Motamedzadegan, A. <sup>1\*</sup>, Ebdali, S. <sup>2</sup>, Hamzeh, Sh. <sup>3</sup>, hGhorbani-HasanSaraei, A. <sup>4</sup>, Shahidi, S. A. <sup>5</sup>

1. Associate professor, Department of Food Science and technology, Islamic Azad univercity, Ayatollah Amoli Branch, Iran.
2. MSC, Department of Research and Development Kalleh Dairy Co, Amol, Mazandaran, Iran.
3. DVM Department of Food science and technology, Tajan High Education Institute, Ghaemshahr, Mazandaran, Iran.
4. Assistant professor, Department of Food science and technology, Islamic Azad university, Ayatollah Amoli Branch, Iran.
5. Associate professor, Department of Food science and technology, Islamic Azad university, Ayatollah Amoli Branch, Iran.

(Received: 2018/08/26 Accepted:2019/07/01)

In current study, the effect of different hydrocolloids as stabilizer (high bloom gelatin (HBG), low bloom gelatin (LBG), cold water fish skin gelatin (FSG), low methoxyl pectin (LMP) and modified tapioca starch (MS)), was investigated on physicochemical and rheological properties of yogurt in four concentrations. The results showed that in all samples, except pectin, PH decreased over time, but pH reduction in the sample containing modified starch (MS), was significantly higher than other samples. The LMP sample and the HBG sample had the lowest and highest water holding capacity (WHC) with 57 and 78.6 percent respectively. At low concentrations, the stabilizers produced loose tissue in yogurt, but at high concentrations all types of gelatin improved the uniformity of yogurt tissue. The highest tissue consistency was observed in the HBG sample. Also, viscosity of the samples increased with the addition of stabilizers, and there was a significant relationship between stabilizers concentration and viscosity. All types of gelatin decreased number of grains but starch significantly increased graininess in all concentrations ( $p < 0.05$ ). However FSG showed the best effect and decreased graininess.

**Keywords:** Gelatin, Hydrocolloids, Modified starch, Pectin, yogurt

---

\*Corresponding Author E-Mail Address: amotgan@yahoo.com