

اثر زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده بر سختی، ریزساختار و رهایش استرها

از بافت پنیر آب نمکی کم چرب

مهرناز امینی فر¹، زهرا امام جمعه²، سبا بلقیسی³

1- نویسنده مسئول: استادیار گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران، پست الکترونیکی: aminifar.m@standard.ac.ir

2- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

3- مربی گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران

تاریخ دریافت: 92/6/2

تاریخ پذیرش: 92/10/25

چکیده

سابقه و هدف: اثر پروتئین ها و پلی ساکاریدهای مختلف در بهبود ویژگی های پنیر کم چرب توسط محققان متعددی مورد مطالعه قرار گرفته است. استفاده از ترکیبات بهبود دهنده بافت، رهایش ترکیبات مولد عطر و طعم را از بافت پنیر تحت تاثیر قرار می دهد. این مطالعه به بررسی اثر یک پلی ساکارید و یک ترکیب پروتئینی بر سختی، ریزساختار و رهایش استرها از بافت پنیر آب نمکی کم چرب می پردازد.

مواد و روش ها: زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده به میزان 0/01 درصد وزنی/وزنی به شیر کم چرب مورد استفاده برای پنیرسازی اضافه شد و سختی پنیرهای آب نمکی تولید شده با آزمون فشردگی دستگاه ارزیابی کننده بافت و ریزساختار با کمک میکروسکوپ الکترونی ارزیابی شد. برای اندازه گیری میزان رهاسازی ترکیبات آروماتیک، 0/1 درصد از استرهای اتیل استات، اتیل بوتیرات و اتیل هگزائوات به شیر پنیرسازی پاستوریزه و خنک شده، اضافه شده و میزان رهایش این ترکیبات، در پایان 90 روز رسیدن، با روش SPME-GC-MS مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: سختی بافت و فشردگی تجمع کازئینی پنیر کم چرب در حضور زانتان کاهش و در حضور پروتئین شیر تغلیظ شده افزایش می یابد. رهاسازی استرها از بافت پنیر کم چرب تحت تاثیر زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده اضافه شده به آن قرار می گیرد که می توان آن را به ماهیت اتصال پلی ساکارید و پروتئین ها به ترکیبات آروماتیک و نیز تغییرات سختی در بافت که در حضور آنان رخ می دهد، نسبت داد.

نتیجه گیری: رهایش ترکیبات فرار از بافت پنیر کم چرب تحت تاثیر ترکیبات اصلاح کننده بافت اضافه شده به آنها قرار می گیرد، لذا این عامل نیز باید در انتخاب ترکیبات جایگزین کننده چربی مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پروتئین شیر تغلیظ شده، بافت، پنیر آب نمکی کم چرب، زانتان

• مقدمه

می گردند که ویژگی های حسی و خواص کاری پنیرهای با چربی پایین را بهبود می بخشند (3). مطالعات بسیاری در خصوص اثر پروتئین ها و پلی ساکاریدهای مختلف در بهبود ویژگی های انواع مختلف پنیر کم چرب صورت گرفته است که از آن جمله می توان به استفاده از زانتان و سدیم کازئینات در بهبود ویژگی های پنیر چدار کم چرب (4) و تراگانانت در بهبود خصوصیات حسی پنیر سفید ایرانی کم چرب (5) اشاره کرد. زانتان یک هتروپلی ساکارید میکروبی است که به دلیل توانایی بالا در نگهداری رطوبت از قابلیت بهبود ویژگی های

امروزه استفاده از پنیرهای کم چرب به دلیل افزایش آگاهی مردم نسبت به وجود ارتباط نزدیک میان مصرف زیاد چربی و بیماری های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. حذف چربی از پنیر سبب نقائص بافتی، کاری و حسی نظیر ایجاد بافت لاستیکی و طعم نامطلوب می شود (1). روش های متعددی برای بهبود بافت و طعم پنیرهای با چربی پایین پیشنهاد شده است، که از آن جمله می توان به استفاده از جایگزین های چربی اشاره کرد (2). کاهش دهنده های چربی با پایه پروتئینی یا کربوهیدراتی، در انواع پنیرها توصیه

جدول 1. ویژگی‌های شیمیایی ترکیبات آروماتیک

نام ترکیب	اتیل استات	اتیل بوتیرات	اتیل هگزانوئات
گروه شیمیایی	استر	استر	استر
فرمول تجربی	$C_4H_8O_2$	$C_6H_{12}O_2$	$C_8H_{16}O_2$
وزن مولکولی	88/1	116/2	144/2
لگاریتم p	0/54	1/8	2/8

اطلاعات برگرفته از (9)

آماده سازی پنیرهای آب نمکی: نمونه‌های پنیر در کارگاه لبنیات گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تهران تولید شدند. غلظت مناسب از زانتان یا پروتئین شیر تغلیظ شده از میان سه غلظت اولیه (0/01، 0/02 و 0/03 وزنی/وزنی) بر اساس بیشترین شباهت پنیر کم‌چرب تولیدی به پنیر پرچرب انتخاب شد. در ابتدا شیر گاو - پرچرب، کم‌چرب، کم‌چرب به همراه 0/01% وزنی/وزنی زانتان یا پروتئین شیر تغلیظ شده - در دمای 65 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه پاستوریزه و سپس تا دمای 34 درجه سانتی‌گراد خنک شد. استارترهای DM-230 و Y-502 (30 به 70) که در کمی آب حل شده بودند، به شیر سرد افزوده شدند. پس از آن که pH شیر به 6/3 رسید، آنزیم رنت (پودر حل شده در آب) به آن افزوده شد و مدت 45 دقیقه درنگ شد تا لخته‌های پنیر تشکیل شوند. لخته‌ها به ابعاد (4x4cm) بریده شده و طی چند مرحله آگیری شدند. پنیر حاصل به مکعب‌هایی با ابعاد 25 سانتی متر بریده شده و در آب نمک 12 درصد به مدت 3 ماه نگه داری شدند. برای بررسی پایداری ترکیبات طعمی در بافت پنیر کم‌چرب، به شیر کم‌چرب - بدون افزودنی، همراه با زانتان یا پروتئین شیر تغلیظ شده - پس از پاستوریزاسیون و خنک کردن 0/1 درصد از ترکیبات اتیل استات، اتیل بوتیرات، اتیل هگزانوئات اضافه شد.

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی: ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی در 1، 30 و 90 روز بعد از تولید پنیر مورد ارزیابی قرار گرفتند. pH با pH متر (Crison, GLP22) و رطوبت با دستگاه رطوبت سنج مدل Sartorius (Sartorius Ltd., UK) اندازه گیری شدند. چربی مطابق استاندارد ISO 1735 (10) و میزان نیترोजن با روش کلدال (11) اندازه‌گیری شدند.

سختی پنیر: سختی نمونه‌های پنیر در طول رسیدن با استفاده از دستگاه (Testometric, M355-10CT, U.K.) ارزیابی شد. برای ارزیابی بافت از روش فشردگی تک محوره (12) با پاره ای اصلاحات استفاده گردید. مطابق روش (12) آزمون فشردگی با استفاده از پیستونی با قطر 40 میلی متر و

پنیر کم‌چرب برخوردار است (6). توجه بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه پنیرهای کم‌چرب به بهبود بافت است، در حالی که تغییرات بافتی ناشی از اضافه کردن پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها رها شدن ترکیبات مولد طعم از پنیر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مطالعات نشان داده که با افزایش ویسکوزیته ماست، آزاد شدن آرومای آن کاهش می‌یابد (7)، همچنین مقدار آرومای آزاد شده با افزایش سختی ژل‌های شبیه پنیر افزایش می‌یابد (8). بنابراین هنگام استفاده از جایگزین‌های چربی برای بهبود بافت پنیرهای کم‌چرب، به اثرات این ترکیبات در رهاسازی ترکیبات مولد طعم نیز باید توجه شود. در این مطالعه ابتدا تغییرات بافتی پنیر آب نمکی کم‌چرب در حضور زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده در طول رسیدن بررسی شده و سپس اثر این تغییرات بر میزان رها سازی ترکیبات مولد طعم از بافت، مورد مطالعه قرار گرفته است.

• مواد و روش‌ها

مواد: برای تولید پنیر کنترل از شیر گاو با درصد کل ماده جامد: $12/6 \pm 1/14$ ، درصد چربی: $3/6 \pm 0/66$ و درصد پروتئین: $3/2 \pm 0/3$ و برای تولید نمونه کم‌چرب از شیر گاو با درصد کل ماده جامد: $9/6 \pm 0/5$ ، درصد چربی: $0/4 \pm 0/01$ و درصد پروتئین: $3/17 \pm 0/11$ استفاده شد. زانتان (E415, CAS number=11138-66-2) و پروتئین شیر تغلیظ شده با 80% پروتئین به ترتیب از شرکت‌های Gum & Ram Chemical Shree کشور هند و Bio health lab inc کانادا تهیه شدند.

استارترهای DM 230 شامل لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس و لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس (Dansico Deutschland GmbH, Germany) و Y502 شامل لاکتوباسیلوس بولگاریکوس، استرپتوکوکوس ترموفیلوس (Dansico Deutschland GmbH, Germany) مورد استفاده قرار گرفتند.

آنزیم رنت (Rennet) به دست آمده از موکورمیه‌هی (*Mucor meihi*) با قدرت IMCU/g ≥ 2200 (International Milk-Clotting Units) استفاده شد. استرهای اتیل استات، اتیل بوتیرات، اتیل هگزانوئات و اتیل اکتانوئات (Sigma-Aldrich, Germany) مورد استفاده از ترکیبات موجود در طعم پنیر انتخاب شدند و ویژگی‌های آنها در جدول 1 ذکر شده است (9).

دمای اولیه گرمخانه دستگاه 45°C به مدت یک دقیقه بوده و سپس تا 250°C با سرعت پنج درجه سانتی گراد در دقیقه دمای آن افزایش یافت و در همین دما مدت پنج دقیقه نگه داری شد.

تجزیه و تحلیل آماری: برای بررسی تغییرات فیزیکوشیمیایی سختی و شکنندگی تیمارهای مختلف پنیر (4 تیمار) در طول زمان (4 حالت) از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. نتایج با استفاده از برنامه GLM از نرم افزار (SAS Version 8.2, SAS institute Inc., Cary, NC) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سختی، شکنندگی و سطح زیر پیک ترکیبات آروماتیک استفاده شد. مقادیر در سطح معنی‌دار $p < 0/05$ مورد ارزیابی قرار گرفتند. کلیه اندازه گیری‌ها در سه تکرار انجام گرفت. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار اکسل 2007 استفاده گردید.

• یافته‌ها

تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی در طول رسیدن: تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر پرچرب، کم‌چرب و کم‌چرب دارای زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده در طول رسیدن در جدول 2 نشان داده شده است.

pH همه نمونه‌ها به صورت معنی‌داری در طول رسیدن کاهش می‌یابد. کاهش چربی شیر، اضافه کردن پلی ساکارید و پروتئین به آن، pH پنیر را به صورت معنی‌داری تحت تاثیر قرار نمی‌دهد. رطوبت همه نمونه‌ها در طول ماه اول رسیدن کاهش معنی‌داری می‌یابد و سپس تا پایان مدت رسیدن تغییر معنی‌داری نشان نمی‌دهد. درصد رطوبت پنیر کم‌چرب به صورت معنی‌داری بالاتر از پنیر پرچرب است که این یافته با نتایج محققان دیگر همخوانی دارد (14). زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده به ترتیب سبب افزایش و کاهش رطوبت پنیر کم‌چرب می‌شوند. نسبت نیتروژن کل به ماده خشک در طول رسیدن کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد. با کاهش درصد چربی شیر، نسبت نیتروژن کل به ماده خشک افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند که با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (5). زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده، به ترتیب سبب کاهش و افزایش معنی‌دار نسبت نیتروژن کل به ماده خشک پنیر کم‌چرب می‌شوند. درصد چربی همه نمونه‌های پنیر در طول ماه اول رسیدن افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند و سپس تا پایان مدت رسیدن تغییر معنی‌داری نشان نمی‌دهد. اضافه کردن زانتان به پنیر کم‌چرب سبب کاهش معنی‌دار درصد چربی آن می‌شود.

با سرعت $30 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$ بر روی مکعب‌های با ابعاد $(20 \times 20 \times 20 \text{mm})$ از پنیر با دمای 12 ± 5 درجه سانتی‌گراد انجام شد. سختی پنیر براساس نیروی لازم برای تغییر شکل نمونه پنیر به اندازه 70% ارتفاع اولیه خود، تعریف می‌شود (13).

ریز ساختار نمونه‌های پنیر: نمونه‌های پنیر در پایان رسیدن، پس از آماده سازی با روش (14)، خشک کردن در خشک کن تحت خلاء و طلافشانی مدت 300 ثانیه در دستگاه (Type SCD 005, BalTec Inc., Balzers, Switzerland) توسط میکروسکوپ الکترونی (XL30, Philips, Netherlands) تحت خلاء، با 15KV بمباران الکترونی شده و با بزرگ‌نمایی 2000 مورد عکسبرداری قرار گرفتند.

رهایش ترکیبات آروماتیک با SPME-GC-MS (Solid Phase Micro extraction -Gas Chromatography-)

برای استخراج ترکیبات طعمی از روش (15) با پاره ای از تغییرات جهت بهینه سازی آن استفاده شد. بر این اساس، شش گرم از هر یک از نمونه‌های پنیر به صورت مکعب کوچک (هر ضلع 3 سانتی متر) بریده شده و در داخل ویال 40 میلی‌لیتری قرار گرفت و به مدت 30 دقیقه در دمای 20 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا با فضای بالای خود به تعادل برسد، سپس فیبر DVB/CAR/PDMS (دی وینیل بنزن/کربوکسن/پلی دی متیل سیلوکسان) به مدت 300 دقیقه در دمای 20 درجه سانتی‌گراد در معرض فضای بالای نمونه قرار گرفت (زمان استخراج). استفاده از این زمان استخراج برای حداکثر رهایش و جذب استرها بر فیبر ضروری است. سپس فیبر برای مدت پنج دقیقه وارد محل تزریق دستگاه کروماتوگرافی گازی (Aiglent HP 6890 N, Gas Chromatograph) با دمای 250 (Aiglent Technology, Palo Alto, CA) سانتی‌گراد شد تا ترکیباتی جذب شده واجذب شوند و وارد ستون DB-wax موئینه $(30 \text{m} \times 0.250 \text{mm} \times 0.5 \mu\text{m})$ شوند. گاز حامل هلیوم خالص با سرعت جریان 1/2 میلی لیتر در دقیقه انتخاب شد. دستگاه مجهز به شناساگر انتخاب جرم مدل 5973N بود که با ولتاژ یونیزاسیون 70 الکترون ولت ترکیبات را از 20 تا $500 \frac{\text{m}}{\text{z}}$ شناسایی می‌نمود. اندازه گیری مساحت زیر پیک ترکیبات طعمی با استفاده از نرم افزار Chemstation انجام شد.

جدول 2. تغییرات فیزیکوشیمیایی انواع مختلف پنیرهای آب نمکی در طول رسیدن

زمان رسیدن (روز)				نوع پنیر	ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی
90	60	30	1		
4/80±0/03 ^{d1}	5/04±0/07 ^{c1}	5/20±0/08 ^{b1**}	5/42±0/10 ^{a1}	پرچرب	pH
4/84±0/02 ^{d1}	5/01±0/09 ^{c1}	5/18±0/06 ^{b1}	5/38±0/09 ^{a1}	کم‌چرب	
4/79±0/05 ^{d1}	5/04±0/04 ^{c1}	5/19±0/01 ^{b1}	5/43±0/12 ^{a1}	زانتان	
4/81±0/06 ^{d1}	5/00±0/02 ^{c1}	5/21±0/05 ^{b1}	5/41±0/11 ^{a1}	پروتئین شیر تغلیظ شده	
65/90±0/21 ^{b4}	65/37±0/71 ^{b4}	65/13±0/63 ^{b4}	73/19±0/21 ^{a4}	پرچرب	رطوبت (وزنی/وزنی)
72/84±0/32 ^{b2}	72/07±0/34 ^{b2}	71/70±0/22 ^{b2}	78/84±0/32 ^{a2}	کم‌چرب	
78/03±0/21 ^{b1}	79/32±1/91 ^{b1}	78/65±0/30 ^{b1}	81/03±0/25 ^{a1}	زانتان	
69/89±0/18 ^{b3}	69/93±0/13 ^{b3}	69/90±0/52 ^{b3}	75/11±0/18 ^{a3}	پروتئین شیر تغلیظ شده	
5/00±0/05 ^{d4}	5/11±0/03 ^{c4}	5/20±0/05 ^{b4}	5/34±0/04 ^{a4}	پرچرب	نیترژن کل به ماده خشک (وزنی/وزنی)
5/21±0/04 ^{d2}	5/33±0/05 ^{c2}	5/51±0/06 ^{b2}	5/72±0/10 ^{a2}	کم‌چرب	
5/11±0/02 ^{d3}	5/20±0/04 ^{c3}	5/30±0/04 ^{b3}	5/45±0/02 ^{a3}	زانتان	
5/35±0/06 ^{d1}	5/53±0/09 ^{c1}	5/72±0/06 ^{b1}	5/93±0/07 ^{a1}	پروتئین شیر تغلیظ شده	
22/20±0/14 ^{a1}	22/17±0/06 ^{a1}	22/11±0/05 ^{a1}	20/17±0/21 ^{b1}	پرچرب	چربی (وزنی/وزنی)
8/70±0/12 ^{a2}	8/71±0/10 ^{a2}	8/65±0/09 ^{a2}	8/11±0/06 ^{b2}	کم‌چرب	
6/71±0/21 ^{a3}	6/72±0/11 ^{a3}	6/65±0/20 ^{a3}	5/03±0/25 ^{b3}	زانتان	
8/69±0/13 ^{a2}	8/70±0/11 ^{a2}	8/60±0/12 ^{a2}	8/10±0/08 ^{b2}	پروتئین شیر تغلیظ شده	

* حروف متفاوت در هر سطر اختلاف معنی‌داری در سطح 95% اختلاف معنی‌داری دارند.

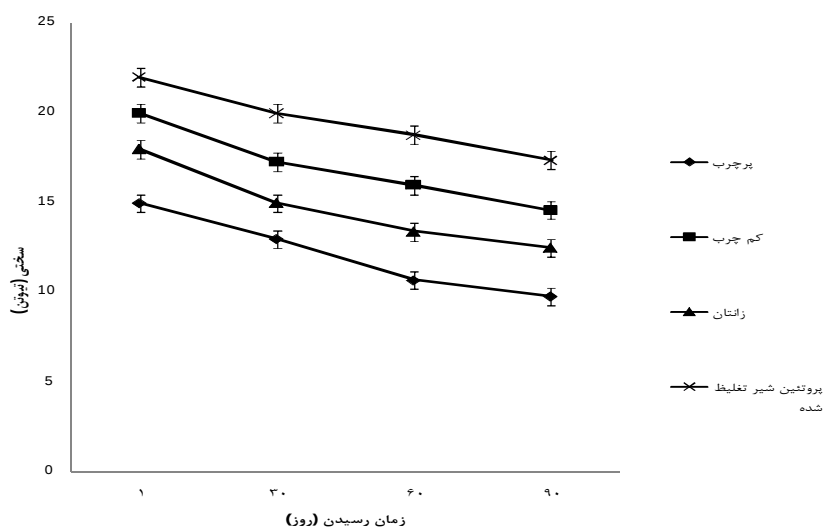
** اعداد در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح 95% دارند.

دارای زانتان و کم‌چرب دارای پروتئین شیر تغلیظ شده در پایان 90 روز رسیدن در شکل 2 نشان داده شده است. تمامی تصاویر از نظر وجود حفرات درشت مشترک می‌باشند. زمانی که چربی شیر کاهش می‌یابد (شکل 2-b)، به فشردگی تجمع کازئینی افزوده می‌شود. زمانی که پروتئین شیر تغلیظ شده به شیر کم‌چرب اضافه می‌شود، فشردگی تجمع کازئینی افزایش یافته و بسیاری از خلل و فرج داخل پنیر توسط پروتئین مسدود می‌شود (شکل 2-c). اضافه کردن زانتان به شیر کم‌چرب، سبب باز شدن ساختار پنیر کم‌چرب می‌شود (شکل 2-d) و فضاهای باز داخل ساختار پنیر توسط رطوبت پر می‌شود.

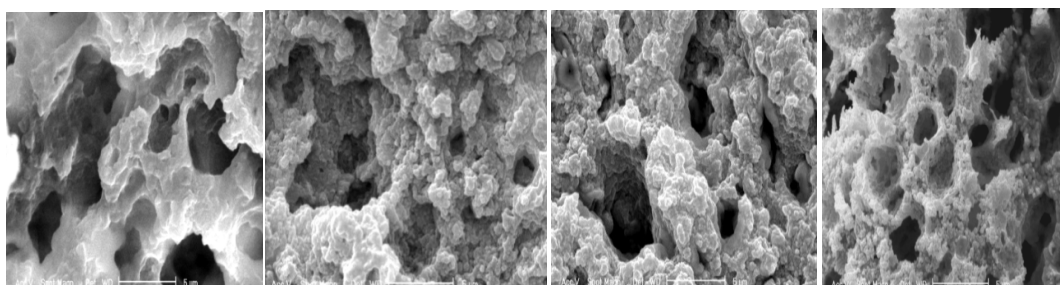
ارزیابی تغییرات بافت پنیر در طول رسیدن؛ شکل 1
تغییرات سختی انواع مختلف پنیر در طول رسیدن را نشان می‌دهد.

مطابق شکل 1، سختی همه نمونه‌های پنیر در 90 روز رسیدن به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنین میزان چربی پنیر، سختی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. یافته‌ها حاکی از آن است که کاهش درصد چربی منجر به افزایش سختی پنیر می‌شود. همچنین اضافه کردن زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده به شیر، به ترتیب سبب کاهش و افزایش سختی پنیر کم‌چرب می‌شوند.

ارزیابی ریز ساختار نمونه‌های پنیر؛ تصاویر میکروسکوپ الکترونی پنیرهای آب نمکی پرچرب، کم‌چرب، کم‌چرب



شکل 1. بررسی اثر زمان رسیدن و ترکیبات پنیر بر سختی آن در طول رسیدن ($p < 0/05$)



شکل 2. ریزساختار نمونه‌های پنیرهای آب نمکی در پایان 90 روز رسیدن با بزرگ‌نمایی 2000. a: پنیر پرچرب، b: پنیر کم‌چرب، c: پنیر کم‌چرب دارای زانتان، d: پنیر کم‌چرب دارای پروتئین شیر تغلیظ شده

جدول 3. مساحت (mm^2) زیر پیک ترکیبات آروماتیک رهایش

شده از نمونه‌های پنیر

(حروف متفاوت در هر سطر از لحاظ آماری در سطح 95% تفاوت معنی داری دارند)

ترکیب آروماتیک	پنیر کم‌چرب	پنیر کم‌چرب	پنیر کم‌چرب
	دارای زانتان	دارای MPC	
اتیل استات	11/1 ^{a1}	8/8 ^{b1}	8/1 ^{c1}
اتیل بوتیرات	9/5 ^{a2}	7/9 ^{b2}	6/7 ^{c2}
اتیل هگزانوئات	8/2 ^{a3}	6/8 ^{b3}	5/1 ^{c3}

* حروف متفاوت در هر سطر از لحاظ آماری در سطح 95% تفاوت معنی داری دارند

** اعداد متفاوت در هر ستون از لحاظ آماری در سطح 95% تفاوت معنی داری دارند.

اندازه‌گیری رهایش ترکیبات آروماتیک: بر اساس

جدول 1، تمام ترکیبات آروماتیک مورد استفاده استر هستند و از نظر وزن مولکولی و میزان هیدروفوبیسته (لگاریتم p) با یکدیگر تفاوت دارند. جدول 3 مساحت زیر پیک استرهای رهایش شده از بافت پنیر را در پایان 90 روز رسیدن نشان می‌دهد. میزان رهاسازی استرهای مورد مطالعه به صورت اتیل هگزانوئات > اتیل بوتانوئات > اتیل استات است. اضافه کردن زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده به پنیر کم‌چرب، سبب کاهش رهاسازی استرها از بافت آن می‌شود.

• بحث

حاوی زانتان به علت افزایش رطوبت پنیر ناشی از صمغ است. محققان دیگر نیز گزارش داده بودند که اضافه کردن تراگاکانت به پنیر کم‌چرب سبب افزایش رطوبت پنیر سفید ایرانی می‌شود (5).

مطابق یافته‌ها، سختی پنیر تحت تاثیر عواملی مانند مرحله رسیدن، درصد چربی و ترکیبات اضافه شده به آن قرار می‌گیرد. کاهش سختی در طول رسیدن ناشی از پروتئولیز و تولید ترکیبات نیتروژنی محلول از پروتئین‌ها است (19). به نظر می‌رسد که تجزیه پروتئین‌ها که ترکیباتی با قابلیت تحمل نیروی بالا هستند، سبب کاهش سختی پنیر می‌شود. افزایش سختی پنیر با کاهش درصد چربی آن را می‌توان به نقش روان‌کنندگی چربی نسبت داد (20). قابلیت جذب آب بالای زانتان سبب کاهش سختی پنیرهای آب نمکی حاوی آن می‌شود، در حالی که پروتئین شیر تغلیظ شده با افزایش درصد ماده خشک و پروتئین در پنیر سبب افزایش سختی آن می‌شود. ریزساختار نمونه‌های پنیر، تحت تأثیر درصد چربی، پلی‌ساکارید و پروتئین اضافه شده به آن قرار می‌گیرد. حفرات درشتی که در تمامی تصاویر مشخص هستند را می‌توان به تولید گاز توسط میکروارگانیسم‌ها (21) و رد پای گلبول‌های چربی که توسط کلروفرم در مراحل آماده‌سازی، استخراج شده‌اند، نسبت داد (22). تجمع گلبول‌های چربی به عنوان عامل شکننده ماتریکس کازئینی عمل می‌کنند و در حضور آن‌ها، از فشردگی ماتریکس کازئینی کاسته می‌شود (23)، لذا کاهش درصد چربی پنیر سبب افزایش تراکم ساختار کازئینی می‌شود. سایر محققان نیز گزارش داده‌اند که ریز ساختار پنیر پرچرب نسبت به پنیر کم‌چرب بازتر است (5). اضافه کردن زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده نیز فشردگی ساختار کازئینی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ارتباط مشخصی بین سختی نمونه‌های پنیر و فشردگی ساختار آن وجود دارد و هرچه ساختار کازئینی فشرده‌تر باشد، سختی پنیر افزایش می‌یابد. رهایش ترکیبات آروماتیک از بافت پنیرهای کم‌چرب تحت تاثیر ویژگی‌های ترکیبات آروماتیک و خصوصیات بافتی پنیر است. وزن مولکولی و هیدروفوبیسیته ترکیبات فرار - لگاریتم p- در میزان رهایش آنها از بافت موثرند.

بیشتر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر تحت تاثیر زمان رسیدن، درصد چربی، پلی‌ساکارید و پروتئین افزوده شده به آن، قرار می‌گیرند. کاهش pH در طول رسیدن، ناشی از تخمیر لاکتوز توسط باکتری‌های آغازگر و فلور میکروبی پنیر و تولید اسیدلاکتیک است (16)، این روند کاهشی با نتایج مطالعات محققان دیگر نیز همخوانی دارد (5). کاهش رطوبت پنیر در طول 30 روز اول رسیدن ناشی از خروج رطوبت از قالب‌های آن به دلیل فشار اسمزی ناشی از نمک موجود در آب نمک است. عدم تغییرات درصد رطوبت از روز 30 تا پایان رسیدن، به علت تعادل میان خروج آب - ناشی از فشار اسمزی - و جذب آب به وسیله گروه‌های آمین تولید شده توسط پروتئولیز نسبت داده می‌شود (17). بالاتر بودن درصد رطوبت پنیر کم‌چرب در مقایسه با پنیر پرچرب، به درصد بالاتر پروتئین در پنیرهای کم‌چرب و نیز قابلیت اتصال به آب بالای پروتئین‌ها نسبت داده می‌شود (1). بالاتر بودن درصد رطوبت پنیر حاوی زانتان در مقایسه با سایر نمونه‌ها، به قابلیت اتصال به آب بالای این صمغ نسبت داده می‌شود (6). یافته به دست آمده با نتایج محققان دیگر که افزایش رطوبت پنیر چدار کم‌چرب در حضور زانتان را گزارش کرده بودند، (4)، همخوانی دارد. کاهش میزان رطوبت پنیر به هنگام اضافه کردن پروتئین شیر تغلیظ شده را می‌توان به افزایش ماده خشک در حضور این ماده نسبت داد. کاهش نسبت نیتروژن کل به ماده خشک در طول رسیدن ناشی از پروتئولیز، تولید ترکیبات نیتروژنی محلول در آب و انتشار این ترکیبات به محیط آبی است (18). کاهش و افزایش نسبت نیتروژن کل به ماده خشک در حضور زانتان و پروتئین شیر تغلیظ شده، ناشی از ماهیت این ترکیبات است که اولی دارای ماهیت پلی‌ساکاریدی و دومی دارای ماهیت پروتئینی (نیتروژنی) است. در مطالعات محققان دیگر نیز، اضافه کردن زانتان - بالاتر از مقدار معین - سبب کاهش درصد پروتئین پنیر چدار کم‌چرب شده است (4). افزایش درصد چربی در 30 روز اول رسیدن، ناشی از کاهش معنی‌دار رطوبت در طول این مدت است، همچنین عدم تغییرات این درصد تا پایان این مدت ناشی از ثابت ماندن رطوبت در طی این زمان است. کاهش چربی پنیر کم‌چرب

داد. بتا لاکتوگلوبولین، آلفالاکتوآلبومین، سرم آلبومین گاوی و کازئین موجود در پروتئین شیر تغلیظ شده از قابلیت اتصال به ترکیبات آروماتیک برخوردارند (31). بتالاکتوگلوبولین یک پروتئین کروی است که از 10-15% ساختار مارپیچ و 50% ساختار صفحه ای بتا غیر موازی تشکیل شده است. محل های اتصال زیاد بر روی سطح بتالاکتوگلوبولین توسط محققان گزارش شده است (32). این پروتئین قادر است با تعداد زیادی از لیگاندهای هیدروفوب بر هم کنش داشته باشد. علاوه بر محل های اتصال بر روی سطح بتالاکتوگلوبولین، در مرکز آن نیز بخشی جهت اتصال لیگاندهای هیدروفوب شناسایی شده است (33). آلفالاکتوآلبومین از قابلیت پایین تری در مقایسه با بتالاکتوگلوبولین جهت اتصال به ترکیبات طعمی برخوردار است (31). نتایج قبلی برخی محققان نشان داده است که استفاده از 0/1% سدیم کازئینات به محیط آبی سبب کاهش فراریت اتیل هگزانونات می شود (34).

مطالعات پژوهشگران نشان داده است که افزایش سختی غذاها سبب کاهش طعم دریافتی از آنها می شود (35)، لذا می توان نتیجه گرفت که افزایش سختی پنیر کم چرب در حضور پروتئین شیر تغلیظ شده می تواند در کاهش میزان رهاسازی استرها مؤثر باشد. بنابراین استفاده از زانتان باعث کاهش سختی بافت پنیر کم چرب شده و به علت توانایی این پلی ساکارید در اتصال به استرها سبب کاهش رهاسازی آنها می گردد، در حالی که پروتئین شیر تغلیظ شده سبب افزایش سختی پنیر کم چرب شده که این افزایش سختی به همراه حضور بتالاکتوگلوبولین در آن که دارای محل های اتصال به ترکیبات طعمی است، سبب کاهش رهایش استرها می شود.

لگاریتم p شاخصی از میزان هیدروفوب بودن یک ترکیب است و هرچه این شاخص بزرگتر باشد، ترکیب آب گریزتر است (24). مطابق یافته های به دست آمده، وزن مولکولی استرها از اهمیت بالایی در میزان رها سازی آنها از بافت پنیر برخوردار است و هرچه وزن مولکولی آنها بالاتر باشد، میزان رهاسازی آن از بافت پنیر پایین تر است (25). علاوه بر وزن مولکولی، میزان آب گریزی ترکیبات فرار نیز در میزان حفظ آنها در محیط های پروتئینی دارای اهمیت است (26). حفظ استرهای زنجیر بلند در محیط های پروتئینی بالاتر از استرهای زنجیر کوتاه است (27) و از آنجا که پنیر یک ماتریکس پروتئینی به شمار می آید، حفظ استرهای زنجیر بلند در آن بالاتر از استرهای زنجیر کوتاه است که با نتایج به دست آمده در این مطالعه همخوانی دارد. زمانی که زانتان به پنیر کم چرب اضافه می شود، رهاسازی همه استرها از بافت کاهش می یابد. این کاهش رهاسازی را می توان به قابلیت اتصال پلی ساکاریدها به ترکیبات آروماتیک و به دام افتادن ترکیبات در شبکه ژلی تشکیل شده، نسبت داد. مطالعات محققان نشان داده است که ویژگی های شیمیایی پلی ساکاریدها و قابلیت تشکیل پیوندهای مختلف میان آنها و ترکیبات آروماتیک بر میزان رها سازی این ترکیبات مؤثر بوده و صمغ هایی نظیر زانتان و گوار از قابلیت اتصال به ترکیبات طعمی برخوردارند (28، 29). Lubbers و همکاران (30) نشان دادند که وجود پکتین در ژل های لبنی سبب کاهش رهاسازی استرها می گردد. اضافه کردن پروتئین شیر تغلیظ شده به پنیر کم چرب نیز باعث کاهش رهاسازی استرها شده است. این کاهش رهاسازی را می توان به قابلیت بالای اتصال پروتئین های شیر اضافه شده به ترکیبات آروماتیک و افزایش سختی ناشی از افزودن پروتئین ها نسبت

• References

1. Romeih E A, Michaelidou A, Biliaderis CG, Zerfiridis GK. Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: Chemical, physical and sensory attributes. *Int Dairy J* 2007; 12:525-540.
2. Mistry V V. Low fat cheese technology. *Int Dairy J* 2001; 11:413-422.
3. Drake MA, Boylston TD, Swanson BG. Fat mimetics in low-fat cheddar cheese. *J Food Sci* 1996; 61: 1267-1270.
4. Nateghi L, Roohinejad S, Totousaus A, Hosseini A, Shahaini M, Meimandipour A, et al. Optimization of textural properties and formulation of reduced fat

- cheddar chese containing fat replacer. *J Food Agri Envir* 2012;10(2): 46-54.
5. Rahimi J, khosrowshahi A, Madadlou A, Aziznia S. Texture of low fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as fat replacer. *American Dairy Sci Association* 2007;90 (9):4058-70.
 6. Mc Mahon DJ, Alleyne MC, Fife RT, Oberg CJ. Use of fat replacers in low fat mozzarella cheese. *J Dairy Sci* 1996;79:1011-21.
 7. Saint-Eve A, Martin N, Guillemin H, S'emon E, Guichard E and Souchon I, Flavored yogurt complex viscosity influences real-time aroma release in the mouth and sensory properties. *J Agric Food Chem* 2006; 54:7794-7803.
 8. Gierczynski I, Labouré H, Sémon E, Guichard E. Impact of hardness of model cheese on aroma release: in vivo and in-vitro study. *J Agric Food Chem* 2007;55: 3066-73.
 9. Deibler KD, Delwiche J. *Handbook of Flavor Characterization: Sensory Analysis, Chemistry, and Physiology*. USA: Marcel Dekker 2004. P. 384.
 10. International standard of organization, Cheese and processed cheese products-Determination of fat content-Gravimetric Method .ISO No 1735;2012.
 11. International dairy federation - Milk: Determination of Nitrogen Content, IDF no 20B;1993.
 12. Awad S .Texture and flavor development in Ras cheese made from raw and pasteurized milk. *Food Chem* 2006;97: 394-400.
 13. Szczesnick AS. Classification of textural characteristics. *J Food Sci* 1963;28:385-89.
 14. Madadlou A, Khosrowshahi A, Mousavi M E. Rheology, microstructure and functionality of low-fat Iranian White cheese made mwith different concentrations of rennet. *J Dairy Sci* 2005; 88:3052-62.
 15. Conurso C, Verzera A, Romeo V, Ziino M, Conte F. Solidphase microextraction and gas chromatography mass spectrometry analysis of dairy product volatiles for the determination of shelf-life. *Int Dairy J* 2008;18:819-25.
 16. Waagner-Nielsen E, North European varieties of cheese. In: Fox PF, editor. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, vol 2. Chapman and Hall, London;1993: pp.253.
 17. Creamer LK ,Olson NF. Reological evaluation of maturing cheddar cheese. *J Food Sci* 1982;47:631-36.
 18. Khosrowshahi A, Madadlou A, Mousavi ME, Emam-Djome Z. Monitoring the chemical and textural changes during ripening of Iranian White cheese made with different concentrations of starter. *J Dairy Sci* 2006;89: 3318-25.
 19. Guzani N, Kasapis S, AL-Attabi Z, AL-Ruzeiki M. Microbiological, physicochemical and biochemical changes during ripening of camembert cheese made of pasteurized cow's milk. *Int J Food Properties* 2002; 5: 438-94.
 20. Karami M, Ehsani MR, Mousavi SM, Rezaei K, Safari M. Microstructural properties of fat during the accelerated ripening of ultrafiltered-Feta cheese. *Food Chem* 2009;113(2):424-34.
 21. Aminifar M, Hamed M, Emam-Djome Z, Mehdiinia A. Microstructural, compositional and textural properties during ripening of lighvan cheese, a traditional raw sheep. *J Texture Studies* 2010;4(4):579-93.
 22. Metzger L E, Mistry VV. A new approach using homogenization of cream in the manufacture of reduced-fat Cheddar cheese. 1. Manufacture, composition, and yield. *J Dairy Sci* 1995;77:3506-15.
 23. Lopez-Calleja IM, González I, Fajardo V, Hernández PE, García T, Martín R. Application of an indirect ELISA and a PCR technique for detection of cows' milk in sheep's and goats' milk cheeses. *Int Dairy J* 2007;17(1):87-93.
 24. Lindenberg B A. Sur la solubility des substances organiques amphipatiques dans les glycerides neutres et hydroxyles. *J Chim Phys* 1951; 48,350-55.
 25. Taylor AJ. *Food flavor technology*. 1st ed. UK: CRC Press 2002. p.302.
 26. Sostmann K, Guichard E. Immobilised beta-lactoglobulin on a HPLC-column: A rapid way to determine protein/flavor interactions. *Food Chem* 1998;62:509-13.
 27. Jouenne E, Crouzet J. Determination of apparent binding constants for aroma compounds with β -lactoglobulin by dynamic coupled column liquid chromatography. *J Agric Food Chem* 2000;48: 5396-400.
 28. Jouenne E, Crouzet J. Effect of pH on retention of aroma compounds by β lactoglobulin. *J Agric Food Chem* 2000; 48:1273-7.
 29. Naknean P, Meenune M. factors affecting retention and release of flavor compounds in food carbohydrates. *Int Food Res J* 2010;17:23-34.
 30. Lubbers S, Decourcelle N, Martinez D, Guichard E, Tromelin A. Effect of thickeners on aroma compound behavior in a model dairy gel. *J Agric Food Chem* 2007;55:4835-41.
 31. Kohn J, Considine T, Singh H. Interactions of milk proteins and volatile flavor compounds:

- implications in the development of protein foods. *J Food Sci* 2006;71:R72-R82.
32. Narayan R, McClintock J E, Yi I. A new model for black hole soft X-ray transients in Quiescence. *Astro J* 1996;457: 21.
33. Papiz MZ, Sawyer L, Eliopoulos EE, North ACT, Findlay JBC, Sivaprasadarao R, Jone TA, Newcomer ME, Kraulis PJ. The structure of β -lactoglobulin and its similarity to plasma retinol-binding protein. *Nature* 1986;324:383-85.
34. Voilley A, Beghin V, Charpentier C, Peyron D. Interactions between aroma substances and macromolecules in a model wine. *Lebensm-Wiss Technol* 1991;24:469-472.
35. Boland AB, Delahunty CM, van Ruth SM. Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. *Food Chem* 2006;96:452-60.

Effect of xanthan and milk protein concentrate on hardness, microstructure and ester release of low-fat brined cheese

Aminifar M^{*1}, Emam-Djome Z², Belgheisi S³

1- **Corresponding author: Assistant Prof, Dept. of Food science & Technology, Faculty of Food Industry and Agriculture, Standard Research Institute (SRI), Karaj, Iran, E-mail: aminifar.m@standard.ac.ir*

2- *prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resource, University of Tehran, Karaj, Iran*

3- *Instructor, Dept. of Food Science & Technology, Faculty of Food Industry and Agriculture, Standard Research Institute (SRI), Karaj, Iran*

Received 24 Aug, 2013

Accepted 15 Jan, 2014

Background and Objectives: The effect of the different proteins and polysaccharides on the characteristics of low-fat cheese has been a topic of recent study. The release of aromatic compounds from the cheese is affected by the addition of texture improvers. The present study investigated the addition of polysaccharides and proteins on the hardness, microstructure and ester release of low-fat brined cheese.

Materials and Methods: The addition of 0.01% xanthan or milk protein concentrate to low-fat milk was studied by compression testing with a texture analyzer and scanning electron microscopy. To determine the release of aromatic compounds, 0.1% ethyl acetate, ethyl butyrate, and ethyl hexanoate were added to cool pasteurized milk and the amount of aroma released was evaluated using SPME-GC-MS.

Results: The hardness and density of the casein aggregates of low-fat cheese decreased in the presence of xanthan and increased in the presence of milk protein concentrate. The release of esters from low-fat brined cheese was affected by the addition of xanthan and milk protein concentrate; this could be related to the affinity of polysaccharides and proteins to bind to aromatic compounds and to changes in the hardness of the cheese.

Conclusion: The release of aromatic compounds was affected by the texture improver added to low-fat brined cheese. This effect should be considered when selecting a texture improver as a replacement for fat.

Keywords: Milk protein concentrate, Texture, Low-fat brined cheese, Xanthan