نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۱۴-۱۰۳

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 8, No. 2, Summer 2012, p. 103-114

اثر کاربرد دو نوع جایگزین چربی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حسی پنیر موزارلای کم‌چرب

مسعود مظاهری نسب[1*]- محمدباقر حبیبی نجفی[2]- سیدمحمدعلی رضوی[3]

تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۱
تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۲۴

چکیده

در این پژوهش تاثیر استفاده از کاراگینان در دامنه ۰/۰۵ تا ۰/۲درصد و ترکیب آن با ۰/۵ تا ۱/۵ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر(WPC) بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حسی پنیر موزارلای کم چرب مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از این نوع جایگزین‌های چربی منجر به ایجاد تفاوت معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) در خصوصیات شیمیایی شد به‌طوری‌که افزایش در میزان کاراگینان و WPC سبب افزایش محتوای رطوبتی و درصد پروتئین گشت، درحالی‌که افزایش WPC منجر به کاهش pH شد و البته کاراگینان در این مورد بی‌تأثیر بود. خصوصیات فیزیکی پنیر موزارلا نیز به‌طور کامل تحت تأثیر قرار گرفتند به‌طوری‌که افزایش میزان کاراگینان و WPC سبب افزایش ذوب‌پذیری گشتند، هرچند که کاراگینان سهم بیشتری را به‌خود اختصاص داد. افزایش کاراگینان باعث افزایش درصد سطح روغنی‌شده گشت، درحالی‌که افزایش WPC تغییر معنی‌داری را ایجاد نکرد. طول کش تحت تأثیر میزان کاراگینان قرار نگرفت ولی افزایش WPC منجر به کاهش طول کش شد. افزایش کاراگینان بر پارامترهای حسی رنگ، بو و مزه تأثیر نداشت، اما امتیاز بافت و پذیرش کلی افزایش یافت. افزایش WPC منجر به کاهش امتیاز رنگ، بو و مزه شد، اما بافت پنیر امتیاز بیشتری را کسب کرد. پذیرش کلی تیمارهایی که دارای بیشترین درصد کاراگینان و مقادیر بینابینی WPC بودند بالاترین امتیاز را به‌دست آوردند. در نهایت بررسی آماری نتایج حاصل از طرح آزمایشی مخلوط نشان داد بهترین پنیر موزارلای کم‌چرب زمانی به‌دست می‌آید که از ترکیب کاراگینان به‌میزان ۰/۲ درصد و WPC حداکثر تا ۱ درصد به‌عنوان جایگزین چربی استفاده شود.

واژه های کلیدی: پنیر موزارلای کم‌چرب، جایگزین چربی، کاراگینان، WPC

مقدمه

پنیرهای پاستافیلاتا[4] یا پنیرهای با دلمه کشدار شده[5] شامل گستره وسیعی از پنیرها است که به منطقه شمالی دریای مدیترانه (ایتالیا، یونان، بالکان و ترکیه) تعلق دارند. فرایند تولید این پنیرها به‌طورکلی شامل مراحل حرارت‌دهی و بافت‌دار کردن[6] دلمه است که به‌وسیله فرو بردن آن در آب‌گرم (معمولاً همراه نمک) و نیز ورز دادن آن به‌صورت مکانیکی انجام می شود. طی دو دهه گذشته در میان پنیرهای پاستا فیلاتا، پنیرپیتزا رشد تولید و مصرف فوق‌العاده‌ای داشته است (Law, 1999). موزارلا[7] مهم‌ترین عضو خانواده پنیرهای پاستافیلاتا یا پنیرهای با دلمه کشدار شده می‌باشد که منشاء آن به ایتالیا بر می‌گردد (Fox *et al*., 2004).

رشد تولید و مصرف پنیر پیتزا در تهیه بسیاری از غذاها از یک طرف، و از طرف دیگر رشد فزاینده بیماری‌های قلبی و عروقی و نیز چاقی مفرط در بسیاری از کشورهای پیشرفته غربی موجب شده در حال حاضر پنیر موزارلای کم‌چرب یکی از موضوعات مورد مطالعه و تحقیق در سراسر جهان باشد. چربی تنها به‌عنوان یک ترکیب غذایی عمده مطرح نیست بلکه چربی نقش عمده‌ای در خصوصیات حسی و عملکردی دارد. پنیرهای کم‌چرب مخصوصا اگر از انواع سخت باشند، دارای بافت لاستیکی[8] و طعمی متفاوت با انواع پرچرب معمول هستند، ضمن آنکه خصوصیات عملکردی آن‌ها چندان رضایت‌بخش

۱، ۲ و ۳- به ترتیب کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار گروه علوم و صنایع‌غذایی، دانشکده‌کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email Mazaherinasab@yahoo.com)

4- Pasta filata
5- Stretched curd cheeses
6- Texturizing
7- Mozzarella
8- Rubbery

Archive of SID
www.SID.ir

نیست. البته پنیرهای کم‌چرب نوع نرم و بدون طی مراحل رسیدن موفقیت بیشتری را کسب کرده‌اند. به هر حال مشکلات زیادی در ارتباط با تولید پنیر کم‌چرب وجود دارد. امروزه بسیاری از تحقیقات صورت گرفته به موضوع رفع نقایص پنیر کم‌چرب اختصاص دارد. خواص رئولوژیکی این محصول از جمله قابلیت ذوب و قابلیت کشش، بخش عمده‌ای از کیفیت آن را تعیین می‌کنند (Oberg, 1991). روش‌های متعددی جهت مطالعه این خواص توسعه یافته است. جزئیات این روش‌ها توسط گاناسکران و اِیکِی (۲۰۰۳) تشریح شده است. تولید پنیر پیتزا به روش‌های مختلفی امکان دارد. مهمترین روش تولید این محصول در دنیا روش لاکتیکی می‌باشد؛ علاوه بر این به روش سیتریکی و روش «مخلوط چند پنیر[1] » نیز تولید می‌شود (Law,1999).

هدف از این پژوهش استفاده از ترکیب دو نوع از جایگزین‌های چربی و استفاده از اثرات تشدید کنندگی میان آن‌ها برای جبران نقایص عملکردی و حسی حاصل از کاهش چربی در پنیر موزارلای کم چرب می‌باشد.

مواد و روش ها

تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه

شیر پس‌چرخ و شیر کامل از یک مرکز فروش شیر در مشهد تهیه شد. صمغ کاراگینان (grade, WGK, Sigma Aldrich, Type –I Commertial Germany) و کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) از طریق نمایندگی شرکت NZMP نیوزلند در تهران تهیه شد. این محصول با نام تجاری Alacen 392-WPC به شکل کرم پودر سفید رنگ با ۳۵ درصد پروتئین در دسترس می‌باشد. رنت مورد استفاده در این پژوهش با نام تجاری Rennilase شرکت Gist-brocades از کشور هلند تهیه شد. در این پژوهش آغازگرها از نوع باکتری‌های ترموفیل ساخت شرکت CHR HANSEN به‌صورت خشک‌شده انجمادی از شرکت آزمالبن شرق تهیه شد، این استارترها از نوع مستقیم بودند.

تولید پنیر

به‌منظور آماده‌سازی شیر برای پنیرسازی، شیر پس‌چرخ با چربی کمتر از ۰/۱ درصد و شیر کامل با چربی ۳/۲ درصد به نسبت ۱:۱ مخلوط شدند تا شیر حاصله در نهایت دارای ۱/۶ درصد چربی باشد. سپس شیر در دمای $72^{\circ}C$ و به مدت ۱۶ ثانیه پاستوریزه و سپس خنک شد. در مرحله بعد تنظیم دما تا $38^{\circ}C$ صورت گرفت و به‌وسیله محلول ۲۵ درصد اسید سیتریک خوراکی عملیات اسیدی‌کردن مستقیم با افزودن تدریجی اسید به همراه هم‌زدن تا رسیدن شیر به pH=۶ انجام شد. مخلوط آماده شده جایگزین چربی در این مرحله به شیر افزوده شد. لازم به ذکر است روش تولید تیمارهای شماره ۱۴ (تهیه شده از شیر پس‌چرخ) و ۱۵ (تهیه شده از شیر کامل) دقیقاً مشابه سایر نمونه‌ها می‌باشد، به‌جز اینکه فاقد جایگزین چربی می باشند. سپس شیر با استارترهای استرپتوکوکوس ترموفیلوس[2] و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس[3] تلقیح شد. ضمناً این استارترها تا زمان مصرف در دمای $18^{\circ}C$- نگهداری شد. مدت زمان گرمخانه‌گذاری ۴۵ دقیقه در نظر گرفته شد که طی این مدت pH به حدود ۵/۸۵ کاهش یافت. سپس رنت به میزان ۰/۰۲درصد در ۵۰ cc آب‌مقطر حل و به شیر اضافه گردید.

مدت ۲۰ دقیقه زمان داده شد تا دلمه خوب ببندد. سپس توسط چاقوهای صاف و بلند دلمه به قطعات ۱ تا ۲ cm برش زده شد تا آب پنیر خارج شود. افزودن نمک به میزان ۲درصد در این مرحله صورت گرفت. عملیات پخت همراه با حرارت‌دهی ظرف محتوی پنیر و آب پنیر بر روی یک شعله ملایم که دمای آن با دماسنج کنترل می‌شد و نیز آهسته هم‌زدن به مدت نیم ساعت انجام شد. pH در انتهای این مرحله به ۵/۵کاهش یافته بود. پس از آن آب پنیر تخلیه شد و دلمه‌ها درون پارچه‌های مخصوص ریخته شدند تا مقدار آب باقیمانده نیز تحت فشار خارج شود. دلمه‌های پنیر در مرحله بعدی جهت عملیات کشدار کردن وارد میکسر (یک دیگ پخت آزمایشگاهی به ظرفیت ۱/۵ کیلوگرم و توان ۱۸۰ وات، دمای $80^{\circ}C$ به مدت ۳۰ دقیقه و سرعت تیغه دستگاه ۱۴ دور بر دقیقه) شدند. هنگامی که رنگ پنیر سفید مایل به کرم و بافت آن کاملاً هم‌وزن و یکدست می‌گشت، میکسر خاموش و بلافاصله عملیات تخلیه پنیر پیتزا به درون قالب‌های فلزی مخصوص انجام می شد. پس از گذشت ۵ دقیقه زمان برای شکل‌گرفتن توده مذاب و بی‌شکل پنیر درون قالب‌ها، عملیات انتقال به درون یخچال انجام شد. پس از اطمینان از شکل‌گیری پنیر درون قالب‌ها، آن‌ها را از یخچال خارج و جهت نگهداری و پرهیز از خروج رطوبت درون پلاستیک‌های پلی‌اتیلن گذارده شد به‌طوری‌که با اطمینان از چسبیده شدن پلاستیک به بافت پنیر، قادر به مشاهده هیچگونه حباب هوا درون بسته نباشیم. این بسته بندی ها تا پایان آزمایشات در دمای $4^{\circ}C$ نگهداری شدند (Fife et al., 1996 ;Fox et al., 2004 ;Law, 1999).

آماده سازی مخلوط جایگزین چربی

به‌منظور جلوگیری از پدیده کلوخه‌ای‌شدن جایگزین‌های چربی توزین و به‌صورت خشک مخلوط شدند. هر نمونه از جایگزین‌های

1- Cheese Blend

2- *Streptococcus thermophilus*

3- *Lactobacilus delbrueckii* ssp. Bulgaricus

Archive of SID

www.SID.ir

چربی در یک لیتر از شیر پس‌چرخ با کمک همزن حل شد و سپس تحت عملیات حرارت‌دهی قرار گرفت. حرارت‌دهی تا دمای ۸۰°C منجر به دناتوراسیون پروتئین‌های آب پنیر و تشکیل یک ژل با حالت نرم گشت که در نهایت به شیر اضافه و به‌وسیله همزدن عمل اختلاط انجام شد (Fife *et al*., 1996).

طرح آزمایشی و آنالیز آماری

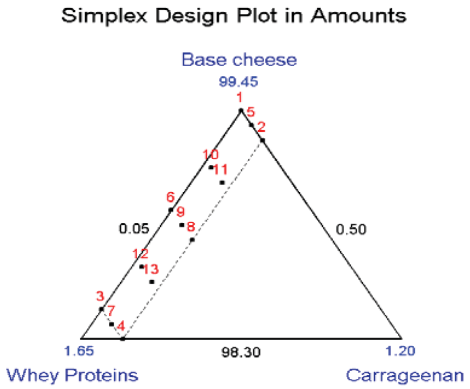
با توجه به محدودیت‌هایی که آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی از نظر عدم پوشش مقادیر بینابینی سطوح انتخابی مورد آزمایش دارد، ضمن عدم رد درستی تحقیقاتی که توسط آزمایش فاکتوریل انجام می‌شود، در این پژوهش از نوع خاصی طرح آزمایشی مخلوط موسوم به «طرح مخلوط محدود شده[1]» استفاده شد. بر اساس اطلاعات موجود در منابع علمی و حدود ترکیبات مورد استفاده، دامنه مورد بررسی تعیین شد. نسبت اجزاء فرمول شامل پنیر اولیه به عنوان پایه فرمول به میزان ۹۸/۳ تا ۹۹/۴۵ درصد، پروتئین‌های آب پنیر به میزان ۰/۵ تا ۱/۵ درصد و صمغ کاراگینان به میزان ۰/۰۵ تا ۰/۲ درصد تعریف شد. سیزده فرمول به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Minitab 13.20 جهت اجرای آزمون‌های مربوطه تولید شد. نسبت اجزای مخلوط در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نسبت اجزای فرمول‌ها

فرمول	پنیر پایه	WPC	کاراگینان
۱	۹۹/۴۵	۰/۵	۰/۰۵
۲	۹۹/۱۶۲۵	۰/۷۵	۰/۰۸۷۵
۳	۹۸/۴۵	۱/۵	۰/۰۵
۴	۹۸/۹۵	۱	۰/۰۵
۵	۹۸/۵۸۷۵	۱/۲۵	۰/۱۶۲۵
۶	۹۸/۶۶۲۵	۱/۲۵	۰/۰۸۷۵
۷	۹۹/۳۷۵	۰/۵	۰/۱۲۵
۸	۹۸/۳۷۵	۱/۵	۰/۱۲۵
۹	۹۸/۳	۱/۵	۰/۲
۱۰	۹۹/۳	۰/۵	۰/۲
۱۱	۹۸/۸۷۵	۱	۰/۱۲۵
۱۲	۹۸/۸	۱	۰/۲
۱۳	۹۹/۰۸۷۵	۰/۷۵	۰/۱۶۲۵
۱۴	۱۰۰	۰	۰
۱۵	۱۰۰	۰	۰

ناحیه مورد بررسی در این پژوهش در شکل شماره ۱ به نمایش درآمده است.

همان‌طورکه در شکل شماره ۱ دیده می‌شود، ۱۳ فرمول طراحی شده توسط نرم‌افزار در یک منطقه از نمودار قرار گرفته‌اند که بهترین ناحیه انتخاب تیمارها می‌باشد.



شکل ۱- ترکیب سیزده‌گانه مورد بررسی در طرح مخلوط محدود شده

تعداد ۹ تیمار بر روی خطوط مرزی و ۴ تیمار (تیمارهای ۱۰،۱۱،۱۲ و ۱۳) نیز در مقادیر بینابینی انتخاب شده است.

اندازه‌گیری خواص شیمیایی

اندازه‌گیری پروتئین (استاندارد شماره ۱۸۱۱)، چربی (استاندارد شماره ۷۶۰)، pH (استاندارد شماره ۲۸۵۲)، نمک (استاندارد شماره ۱۸۰۹) و ماده خشک (استاندارد شماره ۱۷۵۳) بر اساس استانداردهای ملی ایران انجام شد.

مشخصات pH متر مورد استفاده: pH متر مدل ۸۲۷ نوع رومیزی، شرکت متروم سویس با دقت: ۰/۰۰۳ واحد.

مشخصات دستگاه اندازه‌گیری پروتئین مورد استفاده: دستگاه اندازه‌گیری پروتئین تمام اتوماتیک، شرکت گرهارد، ساخت آلمان، مجهز به سه بخش : هضم – تقطیر – تیتراسیون.

مشخصات دستگاه اندازه‌گیری رطوبت مورد استفاده: رطوبت‌سنج مدل ohaus MB-35 با لامپ هالوژنی.

آزمون‌های فیزیکی

اندازه‌گیری قابلیت ذوب

آماده‌سازی نمونه‌ها و انجام آزمون: در این تحقیق از روش اصلاح شده آزمون شریبر با کمک فناوری پردازش تصویری استفاده شد (Schreiber et al., 1998). در ابتدا ورقه‌ای به ضخامت ۳ میلی‌متر با استفاده از دستگاه ورقه‌زن (NOAW, Italy) از کلیه فرمول‌ها تهیه شد. ورقه‌های حاصل توسط فویل پلاستیکی بسته‌بندی شده و پس از کدگذاری تا زمان آزمون در یخچال در دمای ۴ °C

1- Restricted Mixture Design

Archive of SID

www.SID.ir

نگهداری شدند. پیش از آزمون ورقه پنیر از یخچال خارج و با کمک حلقه‌ای به قطر تقریبی ۲۲ میلی‌متر قطعات پنیر از میان ورق پنیر پیتزا جدا و در مرکز پلیت شیشه‌ای دارای کاغذ صافی (Schleicher & Schuell) گذاشته شد، سپس درپوش شیشه‌ای بر روی آن قرار گرفت. پلیت شیشه‌ای درپوش‌دار به همراه کاغذ صافی و نمونه وارد آون با سیستم گردش هوای اجباری (Part Ariya Co. SH2006) شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۰ °C حرارت دیدند. پس از خروج از آون، درپوش پلیت شیشه‌ای برداشته شده و به مدت ۵ دقیقه خنک شد. عکس‌برداری از نمونه‌ها با کمک سیستم کامپیوتر بینایی و پردازش تصویر قبل و بعد از حرارت‌دهی در آون انجام شد. این آزمایش برای هر فرمول در سه تکرار انجام شد.

سیستم کامپیوتر بینایی و پردازش تصویر: این سیستم شامل یک اتاقک نورپردازی به رنگ مشکی با ابعاد ۱۰۰ در ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر، مجهز به دو عدد لامپ فلورسنت ۱۰ وات، یک دوربین دیجیتال (Canon –PowerShot A550)، یک پایه جهت دوربین و یک کامپیوتر می‌باشد. از آنجایی که هدف تعیین سطح ذوب شده می‌باشد از سیستم نورپردازی از پشت[1] استفاده شد. کلیه تصاویر از طریق یک درگاه USB از دوربین به کامپیوتر انتقال یافت.

گرفتن تصویر و استخراج خصوصیات: روشنایی به گونه‌ای تنظیم گردید که روشنایی و افتراق مناسب به‌دست آید. دوربین در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از نمونه‌ها تنظیم شد. تنظیمات انجام شده در طول دوره آزمایش ثابت ماند. تصاویر گرفته شده جهت آنالیز بعدی به فرمت JPEG ذخیره شد. تصویر نمونه پنیر از زمینه عکس با کمک نرم‌افزار Adobe Photoshop CS3 نسخه ۹/۰ جدا شد. سپس عملیات آستانه‌یابی[2] و تعیین مساحت نمونه با استفاده از نرم‌افزار Clemex نسخه ۴/۰/۰۲۱ انجام شد.

روش تعیین خصوصیت ذوب: خصوصیت ذوبی پنیر با درجه ذوب[3] تعیین شد (فرمول ۱). مساحت ذوب که در واقع اختلاف مساحت پنیر در قبل و بعد از حرارت‌دهی می‌باشد بر حسب mm^2 به‌دست آمدند. درجه ذوب برابر با نسبت مساحت پنیر در قبل و بعد از حرارت‌دهی می‌باشد و برای اندازه‌گیری آن، سطح ورقه‌های پنیر از تصاویرگرفته شده استخراج گردید و به‌صورت درصد تعیین شدند (Wang *et al*., 2002a ;Wang *et al*., 2002b):

$$MD_f = (A_f / A_0) \times 100 \quad (۱)$$

که MD_f و A_f به‌ترتیب عبارتند از درجه ذوب (درصد) و سطح (mm^2) پنیر در انتهای آزمون ذوب و A_0 سطح اولیه نمونه (mm^2) می‌باشد.

اندازه‌گیری خصوصیت پس دادن روغن: این خصوصیت با عبارت «درصد سطح روغنی شده»[4] بیان شد (فرمول ۲). درصد سطح روغنی شده به‌صورت درصد نسبت کل سطح روغنی شده پس از آزمون حرارت‌دهی به سطح اولیه قطعه پنیر پیش از حرارت‌دهی محاسبه شد (Wang *et al*., 2002a ;Wang *et al*., 2002b):

$$POA = (A_f / A_0) \times 100 \quad (۲)$$

در این معادله A_0 و A_f به‌ترتیب مساحت نمونه پنیر (mm^2) پیش از ذوب و مساحت سطح روغنی شده کاغذ صافی (mm^2) در انتهای آزمون ذوب می‌باشد. لازم به ذکر است سطح روغنی شده کاغذ صافی، کمی تیره رنگ می‌شود و تشخیص آن به سهولت انجام می‌پذیرد.

اندازه‌گیری قابلیت کشش

روش ارزیابی قابلیت کشش‌پذیری پنیر پیتزا بر اساس اصول آزمون حلقه و گلوله[5] ارائه شده توسط هیسَسماز[6] و همکاران در سال ۲۰۰۴ می‌باشد (Hicsasmaz *et al*., 2004). در این روش با استفاده از یک ورقه نازک پنیر و غوطه‌ور کردن تمام مجموعه در یک حمام روغنی، طول کشش در هنگام شکست به عنوان میزان کشش‌پذیری ثبت می‌گردد. نمونه‌هایی که قبلاً به‌صورت ورقه‌هایی به ضخامت ۳ میلی‌متر برش خورده‌اند را پس از گرم شدن حمام پارافین و رسیدن دمای دستگاه به ۵۰ °C، به کمک یک قالب به ابعاد ۶ در ۶ سانتی‌متر برش زده و پس از قرارگرفتن نمونه در وسط صفحه حلقوی و گذاشتن نگهدارنده پنیر بر روی آن، سبد حاوی نمونه در حمام پارافین وارد شدند. سپس گلوله فلزی از بالای نگهدارنده از ارتفاع ثابت رها شد. داده‌های مربوط به طول کش توسط معدل‌گیری از مشاهدات جمع‌آوری گردید.

آزمون‌های حسی

ابتدا پنیرها به روش تصادفی کدبندی شدند. داوران شامل ۱۵ نفر (۹ مرد و ۶ زن) بودند که سن آن‌ها در محدوده ۲۰ تا ۴۵ سال قرار داشت. این آزمایش در سه تکرار انجام شد. قبل از آزمایش از داوران درخواست شد تا فرمی را که نشان‌دهنده مورد جنس و تعداد دفعات مصرف پنیر (پنیر نمی‌خورند، کمتر از یک بار، ۲ تا ۴ بار، ۵ تا ۶ بار و بیشتر از ۶ بار پنیر در ماه مصرف می‌کنند) است را پر کنند. کسانی که ۲ تا ۴ بار یا کمتر پنیر در ماه مصرف می کردند، مورد آزمایش قرار نگرفتند.

1- Back Lighting
2- Thresholding
3- Melting Degree
4- Percentage Oil Area (POA)
5- Ring and Ball
6- Hicsasmaz

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

خصوصیات شیمیایی

ترکیب شیمیایی مواد اولیه در جدول ۲ و ترکیب شیمیایی نمونه‌های مورد بررسی در جدول ۳ ارائه شده است.

همان‌طورکه در جدول شماره ۳ مشاهده می‌گردد، بیشترین درصد رطوبت - بیشتر از ۵۲ درصد- مربوط به فرمول‌های ۷،۱۲،۱۳،۹ و ۵ می‌شود. این فرمول‌ها دارای مقادیر بالاتری از جایگزین‌های چربی می‌باشند، به عنوان مثال فرمول شماره ۹ دارای بیشترین درصد صمغ کاراگینان (۰/۲ درصد) و پروتئین های آب پنیر (۱/۵ درصد) می‌باشد. در میان پنج فرمول مذکور، دو فرمول ۹و ۱۲ دارای بیشترین مقدار صمغ کاراگینان می‌باشند. بنابراین شاید بتوان نتیجه گرفت سهم کاراگینان در افزایش محتوای رطوبتی پنیر کم چرب - البته در مقادیر به‌کار رفته در این پژوهش- نسبت به کاربرد WPC، سهم بیشتری را در افزایش رطوبت بر عهده گرفته است. کمترین میزان محتوای رطوبتی مربوط به فرمول های ۱،۱۴ و ۲ می‌باشد که فرمول شماره ۱۴ بدون استفاده از جایگزین چربی و فرمول ۱ دارای کمترین میزان کاراگینان و WPC می‌باشد. همچنین فرمول شماره ۲ پس از فرمول شماره ۱، کمترین میزان کاراگینان و WPC را دارا می‌باشد.

پارامتر pH از جمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر خصوصیات محصول نهایی می‌باشد. مقادیر گزارش شده در جدول ۳ مربوط به pH نهایی پنیر می‌باشد. pH نهایی معمولاً تحت تأثیر فعالیت رنت باقیمانده و نیز آنزیم‌های حاصل از فعالیت‌های میکروبی استارترها تغییر می‌کند (Fox *et al*., 2004). در عین حال به‌جز فرمول های شماره ۷، ۸ و ۱۵ سایر تیمارها از نظر pH تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند که علت تفاوت این تیمارها می‌تواند مربوط به خطای آزمایش باشد. با توجه به جدول خصوصیات شیمیایی (جدول ۳) متوجه می‌شویم که بیش از نیمی از فرمول‌ها دارای pH در محدوده ۵/۶ تا ۵/۸ می‌باشند که این pH منطبق با pH پنیرهای تولیدی به روش اسیدی کردن مستقیم می‌باشد (Law, 1999).

جدول ۳ نشان می‌دهد که درصد چربی ۱۳ فرمول پنیر کم چرب تولیدی از نظر آماری هیچ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. علت این امر تنظیم میزان چربی در ماده خشک طی پروسه پنیرسازی می‌باشد.

جدول۲- ترکیب شیمیایی مواد اولیه و نمونه‌های تجاری

	pH	٪چربی	٪پروتئین
شیر کامل	۶/۷	۳/۲	۳/۲
شیر پس چرخ	۶/۷۵	<۰/۱	۳/۳

جدول۳- ترکیب شیمیایی فرمول‌های مورد بررسی

مخلوط	رطوبت	pH	پروتئین	چربی	نمک
۱	۴۹/۶۵^{de}	۵/۶۹^{ab}	۲۴/۶۶^{g}	۹/۳^{b}	۰/۸۹^{a}
۲	۴۹/۶۷^{de}	۵/۸۱^{ab}	۲۶/۹۰^{ef}	۸/۶^{b}	۰/۹۲^{a}
۳	۵۱/۰۲^{bc}	۵/۸۱^{ab}	۳۰/۶۳^{b}	۸/۹^{b}	۰/۹۹^{a}
۴	۵۰/۳۶^{bcd}	۵/۶۸^{ab}	۲۸/۹۰^{cd}	۹^{b}	۰/۹۲^{a}
۵	۵۲/۶۹^{a}	۵/۶۸^{ab}	۲۹/۰۶^{cd}	۸/۷^{b}	۰/۸۱^{a}
۶	۵۰/۹۸^{bc}	۵/۶۵^{ab}	۲۸/۱۲^{de}	۸/۵^{b}	۱/۰۲^{a}
۷	۵۲/۶۹^{a}	۶/۰۴^{a}	۲۵/۲۰^{g}	۹^{b}	۰/۸۵^{a}
۸	۵۱/۳۰^{b}	۵/۵۱^{bc}	۳۱/۲۹^{b}	۸/۲^{b}	۰/۸۸^{a}
۹	۵۳/۵۶^{a}	۵/۶^{abc}	۳۲/۶۸^{a}	۹^{b}	۰/۹۵^{a}
۱۰	۵۰/۲۱^{bcd}	۵/۴۸^{ab}	۲۶/۰۶^{fg}	۸/۶^{b}	۱/۰۷^{a}
۱۱	۵۰/۳۱^{bcd}	۵/۷^{ab}	۲۶/۹۶^{ef}	۹^{b}	۰/۹۳^{a}
۱۲	۵۲/۸۴^{a}	۵/۹۲^{ab}	۲۶/۶۹^{ef}	۸^{b}	۰/۹۱^{a}
۱۳	۵۳/۰۲^{a}	۵/۷۸^{ab}	۲۷/۹۰^{de}	۸/۵^{b}	۰/۸۴^{a}
۱۴	۴۹/۳۷^{de}	۵/۹^{ab}	۲۹/۸۹^{bc}	۰/۸^{c}	۰/۸۵^{a}
۱۵	۵۰/۰۵^{cde}	۵/۵^{bc}	۲۲/۶۲^{h}	۱۸^{a}	۰/۸۸^{a}

کمیت‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح $\alpha = ۰/۰۵$).

Archive of SID

www.SID.ir

میزان چربی تمامی این فرمول ها در محدوده ۹/۳–۸ درصد قرار دارند. فرمول‌های شماره ۱۴ و ۱۵ به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین درصد چربی می‌باشند. بسیاری از خصوصیات فرمول شماره ۱۴ به عنوان پنیر فاقد چربی چندان رضایت بخش نمی‌باشد از جمله می‌توان به بافت لاستیکی و طعمی متفاوت با انواع پرچرب معمول و نیز خصوصیات عملکردی ضعیف آن‌ها اشاره نمود. این پنیر هرچند که دارای طول کش بهتر از سایر فرمول‌ها می‌باشد، اما خصوصیات ذوب‌پذیری و پس دادن روغن بسیار ضعیفی دارد. در مقابل فرمول شماره ۱۵ به عنوان یک پنیر پیتزای پرچرب تلقی می‌شود و تقریباً تمام خصوصیات آن در محدوده استاندارد و مطلوبی قرار گرفته است.

مطالعات چندی پیرامون اثر کاهش میزان چربی در پنیر به‌دلیل تمایل مصرف‌کنندگان به رژیم کم‌چرب صورت گرفته است. گینی[1] و همکاران در سال ۲۰۰۰ افزایش معنی‌دار رطوبت، پروتئین، خاکستر و کاهش درصد رطوبت در بخش غیر چرب[2] (MNFS)، چربی در ماده خشک و نمک در رطوبت[3] بر اثر کاهش میزان چربی در پنیر چدار را گزارش کردند.

همان‌طورکه در جدول ۳ مشاهده می‌شود درصد پروتئین نمونه‌های پنیر تفاوت زیادی با هم دارند. کمترین و بیشترین درصد پروتئین به‌ترتیب مربوط به فرمول‌های شماره ۱۵ و ۹ می‌باشد. فرمول ۱۵ دارای بیشترین درصد چربی است بنابراین کمترین میزان پروتئین کاملاً طبیعی به‌نظر می‌رسد. اختلاف درصد چربی میان فرمول ۱۵و ۱۴ (به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد چربی) حدود ۱۷/۲ می‌باشد در حالی که همین اختلاف در مورد درصد پروتئین این دو فرمول حدود ۷/۲۷ می باشد. این مطلب نشان می‌دهد که چیزی در حدود ۹/۹۳ از این اختلاف مربوط به تفاوت در سایر ترکیبات موجود در پنیر می شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در صورت کاهش درصد چربی پنیر، تقریباً معادل نصف آن را افزایش درصد پروتئین جبران خواهد کرد.

نمک از جمله ترکیبات تشکیل دهنده مهم می‌باشد که بر بسیاری از خصوصیات پنیر موزارلا تأثیر گذار است. در این پژوهش جهت ایجاد شرایط یکسان برای تمام تیمارهای مورد بررسی، سعی شد از مقدار مشخصی نمک برای کلیه فرمول‌ها استفاده گردد. مبنای نمک ۱ درصد انتخاب شد ولی به‌دلیل خطاهای کنترل نشده طی پروسه پنیرسازی میزان آن از ۰/۸۱ تا ۱/۰۷ درصد متغیر می‌باشد، که البته این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نیست.

1- Guinee
2- Moisture in nonfat substance
3- Salt in Moisture

بررسی ویژگی‌های فیزیکی

بر اساس داده‌های به‌دست آمده کمترین و بیشترین درجه ذوب به‌ترتیب به فرمول‌های شماره ۱۴ و ۱۵ تعلق دارد، که هر دو فرمول فاقد جایگزین چربی بودند و تنها درصد چربی در آن‌ها متغیر است به طوری‌که فرمول ۱۴ کمترین میزان چربی و فرمول ۱۵ دارای بیشترین میزان چربی می‌باشد. پنیر موزارلای کم‌چرب معمولاً دارای ذوب پذیری ضعیفی می‌باشد (Fife *et al*., 1996). ویژگی‌های ذوب پذیری و ظاهر پنیرپیتزا (قهوه‌ای شدن) بیشتر از سایر خصوصیات تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Rudan *et al*., 1999). محتوای بالاتر چربی اجازه می‌دهد پنیر بهتر ذوب شود اما رنده کردنش را دشوارتر می‌نماید (Masi *et al*., 1986). تعداد نسبتاً کم گلبول‌های چربی در پنیرهای با چربی کاهش‌یافته شبکه ساختاری متراکم‌تری ایجاد کرده و به تولید پنیری سفت و خشک که به‌صورت ضعیفی ذوب می‌شود منجر می‌گردد. تونیک و همکاران در سال ۱۹۹۱ گزارش کردند با افزایش رطوبت موزارلا از ۴۷ درصد به ۵۲ درصد، پنیر نرم‌تر شد و قابلیت ذوب به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. بنابراین تیمارهای حاوی جایگزین چربی در بین این دو فرمول قرار می‌گیرند. یکی از نکات قابل‌توجه که می‌توان به‌صورت مستقیم از این موضوع نتیجه گرفت این است که کاربرد جایگزین چربی نمی‌تواند به‌طور کامل خصوصیات پنیر کم چرب را از نظر درجه ذوب پذیری به نوع پرچرب تبدیل سازد، هرچند که به‌طور معنی‌داری از نوع کم چرب آن (فرمول شماره ۱۴) نیز متفاوت می‌باشد. درجه ذوب فرمول‌های مورد بررسی در جدول شماره ۴ ارائه شده است. همان‌طورکه در این جدول مشاهده می‌شود بیشترین درجه ذوب‌پذیری در میان فرمول‌های حاوی جایگزین چربی مربوط به شماره ۱۲ می‌شود. این فرمول نسبت به سایرین به میزان بیشتری صمغ کاراگینان (۰/۲ درصد) دارد در حالی که مقدار WPC در آن حداکثر نیست و در مقادیر بینابین (۱ درصد) قرار گرفته است. این مطلب نشان می‌دهد که کاراگینان در مقادیر به کار رفته تأثیر بیشتری در افزایش قابلیت ذوب‌پذیری ایفا کرده است (Fox *et al*., 2004).

در نمودار کنتور ترسیم شده (شکل ۲) جهت نشان دادن رابطه میان ترکیبات تشکیل دهنده پنیر موزارلای کم چرب با خصوصیت ذوب‌پذیری، مشاهده می‌گردد که با افزایش درصد کاراگینان بر درجه ذوب‌پذیری پنیر کم چرب افزوده می‌شود. هرچند وجود WPC بی‌تأثیر نیست اما قدرت اثرگذاری آن به اندازه صمغ کاراگینان نخواهد بود.

همان‌طورکه در جدول ۴ مشاهده می‌گردد، بیشترین درصد سطح روغنی شده مربوط به فرمول شماره ۱۵ است که دارای بیشترین درصد چربی در میان تمام فرمول‌هاست. برعکس همین حالت برای فرمول شماره ۱۴ برقرار است، به‌طوری‌که درجه ذوب و درصد سطح

Archive of SID

www.SID.ir

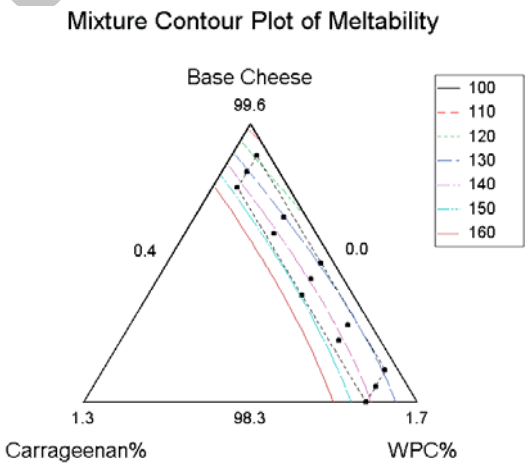
روغنی شده با هم برابر هستند.

با توجه به نمودار کنتور درصد سطح روغنی شده (شکل ۳) می‌توان دریافت که با افزایش درصد کاراگینان، درصد سطح روغنی شده نیز افزایش می‌یابد. این افزایش احتمالاً به‌دلیل افزایش در میزان رطوبتی است که با بکارگیری صمغ سبب می شود. فرمول‌های شماره ۹، ۱۲ و ۱۳ دارای درصد سطح روغنی شده بیش از ۱۵۰ درصد می‌باشند. مشابه استدلالی که در قسمت درجه ذوب‌پذیری شد، در مورد این پارامتر هم مشاهده می‌شود که دو فرمول از سه فرمول ذکر شده دارای حداکثر میزان کاراگینان می‌باشند، بنابراین بکارگیری ترکیبات هیدروکلوئید با افزایش درجه ذوب‌پذیری پنیر کم چرب، سبب افزایش درصد سطح روغنی شده نیز خواهند شد. در عین حال تشکیل روغن آزاد بشدت به میزان چربی کل پنیر به‌خصوص چربی در ماده خشک وابسته می‌باشد. به‌طورکلی با افزایش چربی در ماده خشک، میزان روغن آزاد افزایش می‌یابد (Kindstedt *et al*., 1990). کمترین درصد سطح روغنی شده مربوط به فرمول شماره یک می‌شود که دارای کمترین درصد از ترکیبات جایگزین‌های چربی می‌باشد. پس از آن فرمول شماره ۲ قرار گرفته است که حاوی مقادیر پایینی از کاراگینان می‌باشد.

جدول ٤- خصوصیات فیزیکی پنیر موزارلای کم چرب

فرمول	درجه ذوب (درصد)	درصد سطح روغنی‌شده	طول کش (cm)
۱	۱۱۵^{i}	۱۱۸^{f}	۶^{h}
۲	۱۲۵ ^{h}	۱۳۱^{e}	۹^{fg}
۳	۱۲۹ ^{g}	۱۳۳^{e}	۱۰^{ef}
۴	۱۳۴ ^{f}	۱۴۰^{d}	۱۱^{de}
۵	۱۳۷^{def}	۱۳۹^{d}	۵^{h}
۶	۱۳۴^{f}	۱۳۴^{e}	۱۱^{de}
۷	۱۳۹^{de}	۱۴۲^{cd}	۱۶^{b}
۸	۱۳۵^{f}	۱۴۰^{e}	۱۲^{cd}
۹	۱۴۵^{c}	۱۵۲^{b}	۹^{fg}
۱۰	۱۴۰^{d}	۱۴۵^{c}	۱۵^{b}
۱۱	۱۳۶^{ef}	۱۴۲^{cd}	۸^{g}
۱۲	۱۵۱^{b}	۱۵۵^{b}	۱۳^{c}
۱۳	۱۴۷^{c}	۱۵۱^{b}	۱۰^{ef}
۱۴	۱۰۵^{j}	۱۰۵^{g}	۱۶^{b}
۱۵	۱۵۶^{a}	۱۸۸^{a}	۱۲^{cd}

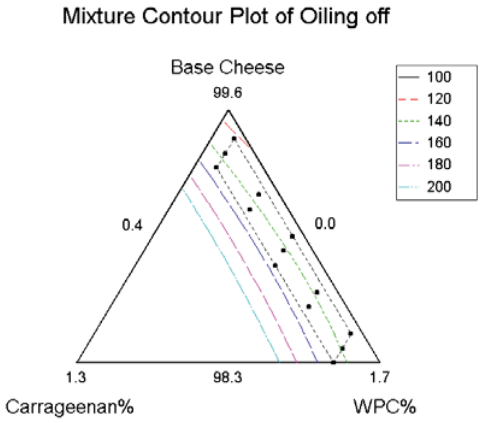
کمیت‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ = α).



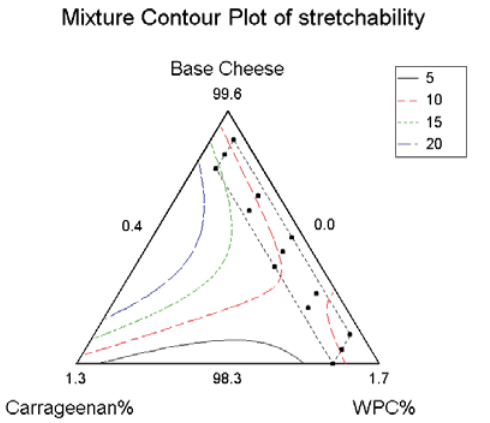
شکل ۲- نمودار کنتور ذوب پذیری پنیر موزارلای کم چرب

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- نمودار کنتور پس دادن روغن- درصد سطح روغنی شده (POA)



شکل ٤- شکل نمودار کنتور طول کش پنیر موزارلای کم چرب

همان‌طورکه در جدول ۴ مشاهده می‌شود نتایج به‌دست آمده برای این پارامتر دارای دامنه تغییرات بزرگی به اندازه ۱۱cm می‌باشند که عمده‌ترین علت آن را می‌توان تفاوت در میزان پروتئین دانست. در میان فرمول‌های تولیدی فرمول شماره ۵ کمترین و فرمول‌های شماره ۷ و ۱۴ دارای بیشترین طول کش می‌باشند. با توجه به جدول ۳ دیده می‌شود که فرمول ۱۴ دارای پروتئین برابر با ۲۹/۸۹ درصد می‌باشد که احتمالاً به همین دلیل دارای بیشترین طول کش می‌باشد. طول کش به نظر می‌رسد در درجه اول وابسته به مقدار کلسیمی باشد که جهت ایجاد پیوندهای عرضی میان رشته های کازئین موجود می باشد (Kosikowski *et al.*, 1997). اگر میزان کلسیم پیوندی با کازئین ها[1] بیش از حد باشد، لخته تشکیل شده سخت خواهد بود و تعداد چشمک‌های آن افزایش می‌یابد به طوری‌که در آزمایش اندازه‌گیری طول کش، شکستگی ایجاد خواهد شد. در عین حال مقدار کم کلسیم نیز سبب عدم تشکیل ساختار و نیز کش‌پذیری کم پنیر خواهد شد (Fox *et al.*, 2004).

همان‌طورکه در شکل ۴ مشاهده می‌شود همگام با افزایش میزان WPC از طول کش کاسته خواهد شد. علت این امر شاید کاهش درصد نسبی پروتئین (و یا کازئین‌های مسئول کش‌آمدن پنیر موزارلا) در فرمول‌های با درصد بالای WPC در اثر افزایش درصد رطوبت پنیر، در مقایسه با فرمول‌هایی است که به نسبت کمتری WPC دارند.

آزمون های حسی رنگ

همان‌طورکه در شکل ۵ مشاهده می‌شود فرمول‌های ۴،۱۰ و ۱ بیشترین امتیاز را به‌دست آورده‌اند. این تیمارها دارای رنگ روشن‌تری

1- Casein-Associated Calcium

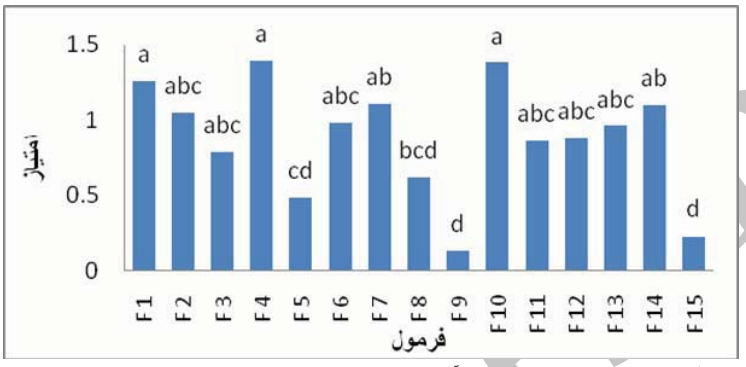
Archive of SID

www.SID.ir

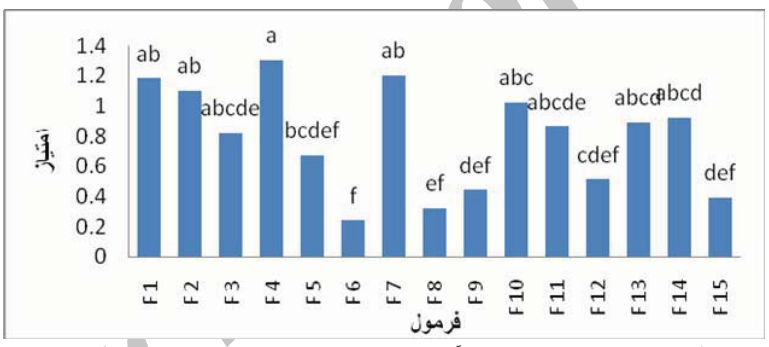
نسبت به سایر نمونه‌ها بودند که شاید علت این امر را بتوان به میزان کمتر درصد پروتئین‌های آب پنیر نسبت داد، به‌دلیل اینکه این ترکیبات دارای رنگ کرمی مایل به زرد هستند و بنابراین کاربرد آن‌ها سفیدی رنگ پنیر پیتزا را تا حدودی کاهش می‌دهند.

بو

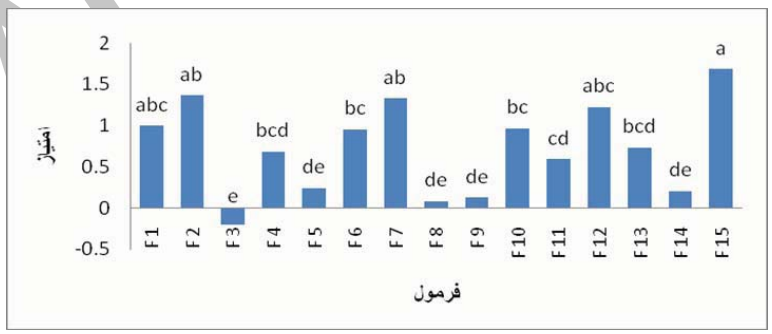
پارامتر بو و یا عطر نمونه‌های تولیدی پنیر پیتزا، به عنوان یک پارامتر دشوار از نظر قضاوت داوران به شمار می‌آید، به دلیل آنکه وجود مواد تشکیل دهنده با بوی بسیار قوی مانند ادویه‌جات و انواع سبزی‌ها در فرمولاسیون پیتزا، تشخیص طعم پنیر پیتزا را مشکل‌تر می‌نماید. در عین حال نمونه‌های دارای مقادیر بالاتر پروتئین‌های آب پنیر با بوی شبیه به شیرخشک –بنابر گفته داوران– نتوانستند امتیاز خوبی را از نظر پارامتر حسی بو به‌دست آورند (شکل ۶). از این دسته از تیمارها می توان به فرمول های شماره ۶ و ۸ اشاره کرد.



شکل ۵- امتیازهای مربوط به آزمون حسی رنگ برای پنیر موزارلای کم چرب



شکل ٦- امتیازهای مربوط به آزمون حسی بو برای پنیر موزارلای کم چرب



شکل ۷- امتیازهای مربوط به آزمون حسی مزه برای پنیر موزارلای کم چرب

www.SID.ir

مزه

همان‌طورکه در شکل شماره ۷ مشاهده می‌شود بالاترین امتیاز مربوط به مزه متعلق به فرمول شماره ۱۵ می‌شود. البته فرمول‌های ۱، ۲، ۷ و ۱۲ نیز از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با شماره ۱۵ ندارند، هرچند که امتیاز تمامی آن‌ها کمتر از ۱/۵ (مرز میان دو امتیاز خوب و خیلی‌خوب) می‌باشد.

با دقت در ترکیبات بکار رفته، می‌توان مشاهده کرد که تمامی فرمول‌های دارای حداکثر مقدار پروتئین‌های آب پنیر – فرمول‌های شماره ۳، ۸ و ۹ – کمترین امتیازات مربوط به مزه را کسب نموده اند که علت این امر مزه قوی شبیه به شیرخشک این دسته از ترکیبات می‌باشد.

بافت

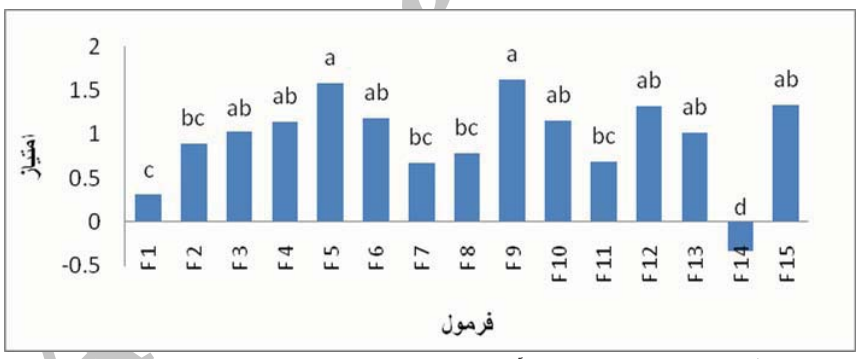
همان‌طورکه در شکل ۸ مشاهده می‌گردد، کمترین امتیازات از نظر بافت مربوط به فرمول شماره ۱۴ و پس از آن فرمول‌های ۱ و ۷ می‌شود. فرمول شماره ۱۴ تنها فرمول پنیر کم چربی است که هیچ‌گونه جایگزین چربی در آن به کار گرفته نشده است، بنابراین طبیعتاً کمترین امتیاز را نیز خواهد داشت. فرمول‌های ۱ و ۷ دارای کمترین درصد WPC می باشند، در نتیجه بنابر اظهار نظر داوران در خصوص سفتی بافت این دو فرمول، می‌توان احتمال داد عدم وجود مقادیر کافی جایگزین‌های چربی سبب ایجاد یک بافت ضعیف از نظر خصوصیات حسی گشته است.

پذیرش کلی

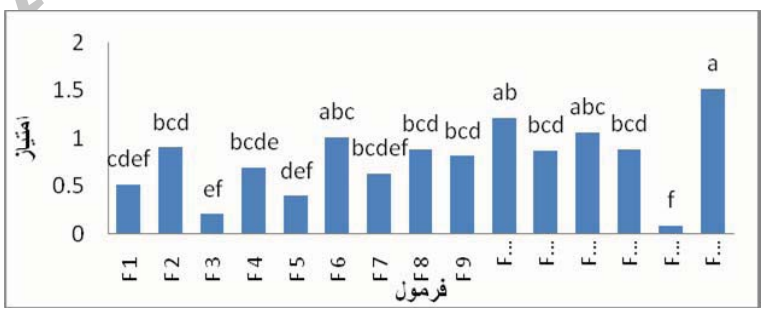
فرمول شماره ۱۵ به عنوان تنها تیمار با چربی استاندارد که جایگزین چربی ندارد، توانست بیشترین امتیاز را از نظر پذیرش کلی به خود اختصاص دهد (شکل ۹). البته فرمول‌های شماره ۱۰، ۱۲ و ۶ از نظر آماری با فرمول ۱۵ تفاوتی ندارند. این مطلب نشان می‌دهد کاربرد جایگزین‌های چربی در محدوده فرمول‌های فوق الذکر می‌تواند نقش چربی را در پنیر های کم چرب به‌طور کامل بر عهده گیرد به‌طوری‌که در نهایت از نظر خصوصیات حسی تفاوتی نداشته باشند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پنیر پیتزای کم چرب به‌طور معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) تحت تاثیر استفاده از جایگزین چربی قرار گرفت. با افزایش درصد کاراگینان و WPC محتوای رطوبتی افزایش یافت. pH تحت تأثیر کاربرد پروتئین‌های آب پنیر قرار گرفت، به‌طوری‌که با افزایش درصد WPC میزان pH کاهش یافت.



شکل۸- امتیازهای مربوط به آزمون حسی بافت برای پنیر موزارلای کم چرب



شکل ۹- امتیازهای مربوط به آزمون حسی پذیرش کلی برای پنیر موزارلای کم چرب

Archive of SID

www.SID.ir

درصد پروتئین پنیر پیتزای کم چرب تفاوت‌های بزرگی را نشان می‌دهد که علت آن در درجه اول اختلاف در میزان WPC مورد استفاده در فرمولاسیون و در درجه دوم وجود تفاوت در محتوای رطوبتی فرمول‌های تولیدی به دلیل اختلاف در فرمولاسیون جایگزین‌های چربی مورد استفاده می‌باشد. خصوصیت ذوب‌پذیری پنیر موزارلای کم چرب تحت تأثیر فرمولاسیون جایگزین‌های چربی مورد استفاده قرار گرفت. افزایش در میزان صمغ کاراگینان به‌طور واضحی منجر به ذوب‌پذیری بیشتر پنیر گردید. خصوصیت پس دادن روغن پنیر موزارلای کم چرب تحت تأثیر وجود اختلاف در درجه ذوب پذیری قرار گرفت به طوری‌که مشابه آنچه در مورد ذوب‌پذیری گفته شد، با افزایش درصد صمغ کاراگینان، درصد سطح روغنی شده نیز افزایش یافت. خصوصیت طول کش پنیر موزارلای کم چرب وابستگی زیادی را به درصد پروتئین نشان می‌دهد به‌طوری‌که با افزایش درصد جایگزین‌های چربی، سهم پنیر اولیه کاهش می‌یابد و بنابراین از میزان طول کش پنیر موزارلای کم چرب کاسته خواهد شد. تست‌های حسی نشان دادند هرچند بالاترین امتیاز پذیرش کلی مربوط به فرمول شماره ۱۵ می‌باشد که فاقد جایگزین چربی است، اما سه فرمول ۱۰۶ و ۱۲ از نظر آماری با نوع پرچرب پنیر موزارلا تفاوتی ندارند. نکته مهمی که می‌توان دریافت این است که جهت حفظ ویژگی‌های حسی پنیر موزارلای کم چرب به طرز مشابه نوع پرچرب، نمی‌توان از مقادیر بالای WPC استفاده کرد و این میزان احتمالاً باید تا حداکثر ۱ درصد در نظر گرفته شود.

قدر دانی

در این پژوهش از شرکت خمیرمایه رضوی به دلیل حمایت‌های آزمایشگاهی جهت آنالیز شیمیایی و نیز جناب آقای مهندس زارعی کارشناس مجتمع آموزش عالی شهید هاشمی‌نژاد که امکان تامین مواد اولیه را جهت این پژوهش فراهم نمودند، همچنین جناب آقای مهندس رضا حاجی‌محمدی فریمانی به‌دلیل کمک‌های فراوان در طول انجام آزمایشات، کمال تقدیر و تشکر را دارم.

منابع

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. تعیین مقدار پروتئین پنیرهای ذوب شده. استاندارد ملی ایران. شماره ۱۸۱۱.
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. تعیین مقدار چربی پنیر. استاندارد ملی ایران. شماره ۷۶۰.
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. تعیین مقدار کلرور پنیر (روش مرجع). استاندارد ملی ایران. شماره ۱۸۰۹
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. روش تعیین اسیدیته کل و pH و تراکم یون‌های H در شیر و فرآورده‌های آن. استاندارد ملی ایران. شماره ۲۸۵۲.
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. روش تعیین ماده خشک پنیر و پنیرهای ذوب شده. استاندارد ملی ایران. شماره ۱۷۵۳.

Fife, R. L., McMahon, D. J., and Oberg, C. J. 1996. Functionality of low fat Mozzarella cheese. Journal of Dairy Science, 79: 1903–1910.
Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M. and Guinee, T.P. 2004. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Third Edition.Academic Press
Guinee, T.P., Auty, A.E. and Fenelon, M.A. 2000. The effect of fat content on the rheology, microstructure and heat-induced functional characteristics of Cheddar cheese. International Dairy Journal 10:277–288.
Gunasekaran, S., and Ak, M. M. 2003. Cheese Rheology and Texture. CRC Press.
Hicsasmaz, Z., Shippelt, L., and Rizvi, S. H. 2004. Evaluation of Mozzarella Cheese Stretchability by the Ring and Ball Method. Journal of Dairy Science, 87: 1993-1998.
Kindstedt, P. S. and Kiely, L. J. 1990. Cause and prevention of oiling off in mozzarella cheese. Marschall Italian & Specialty cheese seminars.
Kosikowski, F.V., and Mistry, V.V. 1997. Low fat and specialty cheeses. In Westport CT and Kosikowski C, eds. Cheese
Law, B. A. 1999. Technology of CheeseMaking. Sheffield Academic Press.
Masi, P. and Addeo, F. 1986. An examination of some mechanical properties of a group of Italian cheeses and their relationship to structure and conditions of manufacture. Journal of Food Engineering 5:217.
Oberg, C. J. 1991. Factor affecting stretch, melt, and cook color in mozzarella cheese. Marschall Italian & Specialty Cheese seminars.
Rudan, M. A., Barbano, D. M., Yun, J. J., and Kindstedt, P. S. 1999. Effect of fat reduction on chemical

Archive of SID

www.SID.ir

composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella cheese. Journal of Dairy Science, 82: 661–672.

Schreiber, R., Neuhauser, S., Schindler, S., and Kessler, H. G. 1998. Incorporation of whey protein aggregates in semi-hard cheese.Part 1: Optimizing processing parameters. Deutsche Milchwirtschaft, 49: 958–962.

Tunick, M.H. et al. 1991. Effects of composition and storage on the texture of Mozzarella cheese. Netharlands Milk Dairy Journal 45:117–125.

Wang, H.H., and Sun, D.W. 2002a. Melting Characteristics Of Cheese: Analysis Of Effects Of Cheese Dimensions Using Image Processing Techniques. Journal of Food Engineering, 52: 279-284.

Wang, H.H., and Sun, D.W. 2002b. Melting Characteristics Of Cheese: Analysis Of Effects Of Cooking Conditions Using Computer Vision Technology. Journal of Food Engineering, 51: 305-310.

Archive of SID

www.SID.ir