

بهینه سازی ویژگی های شیمیایی و رئولوژیکی پنیر سفید ایرانی کم چرب با استفاده از دو هیدروکلوئید طبیعی صمغ عربی و

صمغ گوار به عنوان جایگزین چربی

لشکری حنان^{124*}، علیزاده محمد¹²⁵، خسروشاهی اصل اصغر¹²⁶، اشرفی یورقانلو
رقیه¹

چکیده:

نمونه های پنیر سفید ایرانی کم چرب به روش صنعتی در مقیاس کوچک، از شیر گاو تهیه شد. در این تحقیق ازدو هیدروکلوئید صمغ گوار¹²⁷ و صمغ عربی¹²⁸ به عنوان جایگزین چربی استفاده گردید. اثر چهار غلظت صمغ گوار (0، 75، 150 و 300 ppm) و سه غلظت صمغ عربی (0، 150 و 300 ppm) در سه سطح مختلف چربی (0/4، 0/9، 1/4٪) از طریق اندازه گیری ویژگی های مختلف شیمیایی و رئولوژیکی با استفاده از طرح آماری سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت. جایگزین های چربی با جذب رطوبت باعث بهبود بافت پنیر می شوند. صمغ گوار رطوبت را تا سطح بالاتر از حد مورد نظر افزایش داد و با افزایش غلظت آن، دو ویژگی رئولوژیکی، تنش در نقطه شکست (G') و مدول ذخیره (G'')، که بالا بودن آنها بیانگر سفتی بافت است کاهش یافتند. بر اساس ویژگی های رئولوژیکی پنیر سفید ایرانی شرایط بهینه پنیر سفید کم چرب این چنین تعیین گردید: غلظت صمغ گوار: 26/8 ppm، غلظت صمغ عربی: 3/5 ppm، درصد چربی شیر 1/4.

کلمات کلیدی: پنیر سفید ایرانی کم چرب، جایگزین چربی، صمغ گوار، صمغ عربی، رئولوژی

1- مقدمه:

دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع غذایی دانشگاه ارومیه¹²⁴

استادیار گروه صنایع غذایی دانشگاه ارومیه 2

گروه صنایع غذایی دانشگاه ارومیه استاد 3

5. Guar gum

6 . Gum Arabic

شواهد و یافته های علمی بیانگر ارتباط بین مصرف زیاد چربی با افزایش خطر ابتلا به بیماریهای همچون چاقی مفرط¹²⁹، سخت شدن دیواره ی رگها¹³⁰، بیماریهای قلبی - عروقی¹³¹، افزایش فشار خون¹³²، صدمه های بافتی¹³³ و انواع مشخصی از سرطان هستند. در پی این مسئله و افزایش آگاهی مردم نسبت به مصرف چربی، افزایش چشم گیری در تقاضای محصولات غذایی کم چرب بوجود آمد(9و10). محصولات لبنی به عنوان یکی از محصولات غذایی کم چرب امروزه دارای مصرف وسیعی می باشند و مصرف پنیر های کم چرب و بدون چربی رو به افزایش است (12). چربی در پنیر نه تنها دارای نقش تغذیه ای است، بلکه نقش مهمی در بهبود بافت و ظاهر آن دارد. پنیر ها ی کم چرب دارای معایبی همچون بافت سفت و لاستیکی، رنگ و طعم نامطلوب و ذوب پذیری ضعیف هستند (16). مشکل اصلی در پنیرهای کم چرب محتوای پروتئینی بالای آنهاست که در نتیجه ی آن پیوندهای جانبی بیشتری بین زنجیره های پروتئینی صورت می گیرد. در اثر کاهش میزان چربی، شبکه ی پروتئینی فشرده تر و متراکم تر می شود و بافت پنیر، جویدنی می گردد (11و19). از این رو شیوه های جدیدی جهت تولید پنیرهای کم چرب با ویژگی های مشابه پنیر پر چرب توسعه پیدا کردند، که از جمله می توان تغییر روش های معمولی فرایند تولید، انتخاب کشت های استارتر و کشت های کمکی و استفاده از جایگزین های چربی را نام برد (6و9و16). بر طبق مطالعات مختلف صورت گرفته، استفاده از جایگزین های چربی مهم ترین شیوه برای بهبود ویژگی های عملکردی و بافتی پنیر کم چرب است (11). از جایگزین های چربی بدین جهت استفاده می شود که دارای خواص کارکردی و ارگانولپتیکی مشابه با چربی هستند، در حالیکه انرژی زایی آنها کمتر از چربی است (6و16و18).

جایگزین های چربی اغلب دارای منشأ پروتئینی و کربوهیدراتی هستند، مثل ژلاتین، صمغ ها، ژل های سلولزی و جایگزین های بر پایه ی نشاسته (stellarTM, NovagelTM) (15).

جایگزین های چربی محلول در آب و قطبی برای استفاده در محصول پنیر کم چرب بیش تر توصیه شده اند، به دلیل محبوس کردن آب به صورت مکانیکی و خاصیت آب دوستی بالای آنها می باشد، که در نتیجه استفاده از آنها، یک حس لغزندگی¹³⁴ و خامه ای¹³⁵ در پنیر ایجاد می شود (19). در سال 2002 Romeih و همکارانش (19) از دو هیدروکلئید تجاری (Novagel NC-200, simples D[®]-100) در پنیر کم چرب سفید آب نمکی استفاده کردند و مشاهده کردند نمونه های حاوی جایگزین های چربی دارای رطوبت و راندمان بالاتری هستند و پیشرفت چشم گیری در بافت پنیر حاصل گردید. در مطالعه ی دیگری volikakis و همکارانش در سال 2004 (24) از کنسانتره β -گلوکان یولاف استفاده کردند و توانستند همه ی پارامترهای بافتی پنیر کم چرب آب نمکی را اصلاح کنند ولی از جهت دیگر، β -گلوکان بر روی خواص ظاهری و طعمی پنیر اثر معکوس نشان داد. در سال 2006 Lobat (13) و همکارانش calleras و همکارانش از امولسیون مرکبی که با هیدرو کلئید های مختلف از جمله پکتین، کربوکسی متیل سلولز و صمغ عربی، پایدار شده بود، در پنیر سفید استفاده کردند. آنها مشاهده کردند پنیر حاوی کربوکسی متیل سلولز خواص بافتی و رئولوژیکی مشابه با پنیر سفید پر چرب از خود نشان داد. پنیر سفید ایرانی، نقش مهمی در رژیم غذایی مردم دارد. این پنیر جزء پنیرهای نرم است که در آب نمک می رسد و در مقیاس صنعتی دوره ی رسیدن آن در حدود 45-90 روز

7. obesity

8. atherosclerosis

9. coronary heart disease

10. elevated blood pressure

11. tissue injury

12. lubricity

13. creaminess

می باشد. ویژگی طعمی آن، اسیدی و نمکی بودن است و دارای 20-25٪ چربی است (1 و 3 و 6). اخیراً در تحقیقی رحیمی و همکارانش از صمغ تراکانت¹³⁶ (کتیرا) به عنوان جایگزین چربی در نوع کم چرب این پنیر استفاده کردند و توانستند پارامترهای سختی بافت را کاهش دهند و تا اندازه ای بافت آن را بهبود بخشند (17).

در این تحقیق ما از 2 هیدروکلوئید صمغ عربی و گوارجهت جایگزین چربی استفاده می کنیم. صمغ عربی، نوعی صمغ طبیعی است که از گونه های خاص درخت افاقیا (*Acacia senegal A.seyal, A.laeta*) ترشح می شود. ساختار این صمغ از زنجیره های اصلی β گالاکتوپیرانوز و زنجیره های جانبی حاوی گالاکتوز و گلوکورونیک اسید تشکیل شده است و در ضمن دارای بخش پروتئینی است. این صمغ تا 55٪ در محیط محلول می باشد و در غلظت های بالاتر تشکیل ژل و سکوز می دهد (25). صمغ گوار، صمغ طبیعی دیگری است که از گیاه (*Cyamopsis tetragonoloba*) گرفته می شود. این صمغ یک گالاکتومانان است که دارای نسبت مانوز به گالاکتوز 1 به 2 است و زنجیره ی اصلی آن از β مانوزو شاخه های جانبی از گالاکتوز تشکیل می شود. این صمغ بسیار آبدوست است و به عنوان تغلیظ کننده های غذایی به کار می رود (22).

2- مواد و روش ها:

2-1- مایه کشت، رنت و صمغ ها :

آغازگر مصرفی، از نوع مایه کشت مستقیم به وت، لیفولیزه¹³⁷ (FRC -60) مایه کشت شرکت لبنی کریستین هنس، دانمارک) که حاوی گونه های لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه لاکتیک، استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه بولگاریکوس بود، استفاده شد. انعقادگر، کیموزین بدست آمده از تخمیر توسط اسپرژیلوس نایجر وارته آواموری (رنت استاندارد کی مکس (C hy-Max، شرکت لبنی کریستین هنسن، دانمارک) بود که به غلظت 0/25 گرم به ازاء هر کیلوگرم شیر مورد استفاده قرار گرفت. رنت مصرفی در 30 برابر غلظت آب رقیق و به هر محموله ی 5 کیلوگرمی شیر افزوده شد. دو بیوپلیمر طبیعی صمغ عربی و صمغ گواردر غلظت های مختلف مورد استفاده قرار گرفتند.

2-2- روند تولید پنیر:

در ابتدا شیر خام (3/5٪ چربی) به روش مداوم در پاستوریزاتورهای صفحه ای در دمای 72 C^0 به مدت 15s پاستوریزه و سپس تا دمای 4 C^0 سرد شده و آنگاه از طریق مخلوط کردن آن با شیرپس چرخ پاستوریزه (3/0٪ چربی) درصد های مورد نظر چربی (0/4، 0/9، 1/4٪) شیر تنظیم گردید و سپس تا دمای 35 C^0 گرم می شود و آنگاه بخش کمی از آن را جهت حل کردن صمغ ها بوسیله میکسر برداشته و بعد از حل کردن صمغ ها هردو بخش را در وت تولید ریخته و بعد از آن 15 دقیقه زمان می دهیم تا این دو قسمت شیر در وت به آرامی و خوبی مخلوط شوند. در این مرحله کلرید کلسیم به میزان 0/15 g به ازاء هر کیلوگرم شیر به آن افزوده و سپس مایه کشت آغازگر به غلظت 0/04g به ازاء هر کیلوگرم شیر تلقیح شد و به مدت 55 دقیقه در دمای 35 C^0 نگهداری می شود تا آغازگرها فرصت کافی برای فعالیت و کاهش pH را قبل از افزودن رنت داشته باشند. بعد از گذشت این زمان رنت به میزان ذکر شده به وت پنیر سازی افزوده گردید و 50 دقیقه برای تشکیل لخته به آن فرصت داده شد. لخته پس از تشکیل به مکعب های به ضلع 1cm بریده شد و برای حدود 10 دقیقه به حال خود

14. tragacant

15. lyophilized direct-to-vat mixed culture

رها گردید و سپس با آهنگی رو به افزایش، مکعب ها به مدت 10 دقیقه به هم زده، تا خروج آب پنیر از آنها تسریع یابد. پس از تخلیه آب پنیر، لخته در قالب های مخصوص پرس (25cm×13cm×14 cm) ریخته شد و به مدت 1 ساعت با استفاده از وزنه ی مخصوص (به ازاء هر 30 کیلو گرم لخته نهایی، وزنه 20 کیلوگرمی) تحت پرس قرار گرفت و بعد از فرایند پرس کردن، لخته به اندازه ی دلخواه (2cm×7cm×7cm) بریده شد و سپس قطعات لخته در آب نمک اشباع (22 % w/v) به مدت 16 ساعت قرار گرفتند و پس از گذشت این زمان، لخته ها را در ظروف پلاستیکی غیر قابل نفوذ به هوا قرار داده و سطح آنها با آب نمک 13٪ پوشانده شد (آب نمک مصرفی قبل از مصرف در دمای 80 C⁰ به مدت زمان 10 دقیقه پاستوریزه شد و سپس سریعاً خنک گردید). بعد از عمل دربندی ظروف، لخته ها به مدت 60 روز دوره ی رسیدن را در دمای 6-5 C⁰ طی کردند.

2-3-آزمایش های شیمیایی:

نمونه های پنیر پس از گذشت 60 روز از تولید آنها تحت آنالیزهای شیمیایی، جهت تعیین ماده ی جامد کل، چربی، اسیدبته، نمک و اسیدهای چرب آزاد قرار گرفتند.

ماده ی جامد کل هر نمونه به روش خشک کردن آنها تا رسیدن به وزن ثابت در دمای 105C⁰ (AOAC(1997)) و میزان چربی نمونه ها به روش ژربر (james, 1995) و میزان نمک به روش ولهارد (james, 1995) تعیین گردید. اسیدبته قابل تیتراسیون بر اساس اسید لاکتیک (w/w) اندازه گیری شد (AOAC(1997)). اندازه گیری اسید های چرب آزاد هم به روش استخراج چربی بوسیله دی اتیل اتر و سپس تعیین ایندکس اسیدی از طریق تیتراسیون اتانولیکی و گزارش به صورت (meq/100g of fat) انجام گرفت (Nunez, Garcia-Aser, Rodriguez-Martin, Medina, & Gaya, 1986)

2-4-آزمایش های رئولوژیکی:

2-4-1- فشرش تک محوری¹³⁸: این تست که ساده ترین آزمایش بنیادین است (22)، با استفاده از ماشین آزمایش یونیورسال (S-Series Bench THE Hounsfield Test Equipment Ltd., UK) U.T.M. Model H5K-S، مجهز به لود سل 500 نیوتنی انجام گرفت. برای انجام آزمایش، پیستونی مسطح با قطر 49 میلیمتر به پیشانی پیش رونده دستگاه متصل گردید. نمونه های پنیر به شکل استوانه هایی در ابعاد 24 میلیمتر قطر و 15 میلیمتر ارتفاع در دمای 6 C⁰ بریده شدند و به منظور جلوگیری از، از دست دادن رطوبت، به سرعت در داخل ظروف غیر قابل نفوذ به هوا قرار داده شدند. نمونه های پنیر دست کم از عمق 2 میلیمتری قالب های پنیر گرفته شدند (19). جهت همدم شدن نمونه ها با آزمایشگاه، پیش از آزمایش در دمای اتاق دست کم به مدت 4 ساعت نگهداری شدند (15). نمونه ها به صورت تک محوری با سرعت 50 میلیمتر بر دقیقه تا 57٪ (8/5 میلیمتر) از ارتفاع اولیه در یک گاز فشرده شدند. تنش گسیختگی از تقسیم کردن نیروی ثبت شده در نقطه گسیختگی بر سطح اولیه نمونه محاسبه گردید (21).

2-4-2- اندازه گیری های نوسانی پویا:

اندازه گیریهای نوسانی پویا با استفاده از رنومتر یونیورسال داینامیک اسپکترومتر 200 USD انجام گرفت. نمونه ها دست کم از عمق 1 سانتیمتری از قالب های پنیر در دمای 6 C^0 بریده شدند. قسمت اصلی دستگاه از دو صفحه موازی با 25 میلیمتر قطر و فاصله 1 میلیمتر (ضخامت نمونه) تشکیل می شود. بعد از تهیه نمونه ها آنها را به سرعت در ظروف غیر قابل نفوذ به مدت حداقل 4 ساعت در دمای اتاق قرار می دهیم. نمونه را در دستگاه قرار می دهیم سپس به مدت 15-20 دقیقه زمان داده تا اثر تنش های وارده بر آن از بین برود. هدف ما بدست آوردن دامنه و سکوالاستیک خطی در بسامد 10 هرتز و دامنه درصد کرنش 0/01 تا 2/58 می باشد. با این تست پارامتر های مدول ذخیره (G') و مدول افت (G'') و همچنین تانژانت افت را می توان محاسبه کرد. ما در این بررسی تنها مدول ذخیره را بررسی کردیم.

2-5- طرح آزمایشات :

به منظور مطالعه اثرات چهار سطح از صمغ گوار (0، 75، 150، 300 ppm شیر) و سه سطح از صمغ عربی (0، 150، 300 ppm) و سه سطح چربی شیر (0/4، 0/9 و 1/4 درصد) از یک طرح D-Optimal استفاده گردید (جدول 1).

جدول 1- تیمارهای استفاده شده در طرح آزمایشی RSM

درصد چربی	غلظت صمغ عربی (ppm)	غلظت صمغ گوار (ppm)	بلوک	نمونه
1/4	0	0	1	1
1/4	300	300	1	2
0/4	0	300	1	3
0/9	150	75	1	4
1/4	0	300	2	5
0/4	300	300	2	6
1/4	0	300	2	7
0/4	0	0	2	8
0/4	150	0	3	9
0/9	0	150	3	10
0/4	150	0	3	11
1/4	300	0	3	12
1/4	150	150	4	13
0/9	150	300	4	14

1/4	150	150	4	15
0/4	300	0	4	16
1/4	150	300	5	17
0/9	300	0	5	18
0/4	0	150	5	19
0/9	300	0	5	20
0/4	300	150	6	21
0/4	150	300	6	22
0/4	300	150	6	23
0/9	0	0	6	24

2-6- طرح آماری :

آنالیز آماری نمونه ها با استفاده از نرم افزار سطح پاسخ (RSM) انجام گرفت. این طرح در بر گیرنده گروهی از تکنیک های آماری و ریاضی است که امکان رسیدن به شرایط بهینه در سیستم های پیچیده را فراهم می کند. با کاربرد آنالیز رگرسیون، شاخصهای اندازه گیری شده در قالب یک چند جمله ای درجه دوم بر طبق معادله زیر مدلسازی شدند.

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x_i^2 + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j$$

در این معادله β_0 و β_i و β_{ii} و β_{ij} ضرایب ثابت و Y پاسخ مورد نظر و x_i متغیر مستقل هستند.

3- نتایج و بحث:

کلیات:

در جدول 2 ضرایب رگرسیون مدل چند جمله ای، برای پاسخ های مختلف ارائه گردیده است. با توجه به مقادیر بالای $Adj-R^2$ (ضریب دترمیناسیون) می توان گفت مدل های خوبی پیشنهاد شده است.

جدول 2- ضرائب رگرسیون مدل های چند جمله ای برای پاسخ های مختلف

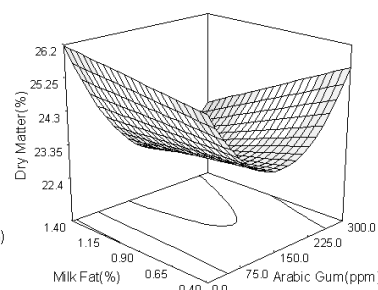
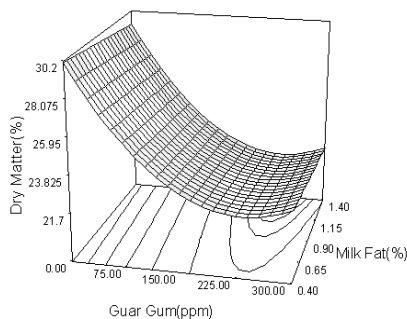
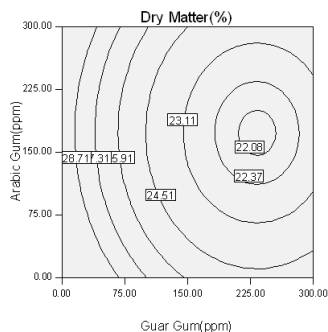
فاکتور ها	ماده خشک(%)	Ln چربی	اسیدهای چرب آزاد (میلی اکی والان در 100 گرم چربی)	نمک(%)	Log(Fp)	Log G'
عدد ثابت	+23/04	+1/33	+12/09	+7/11	+2/25	+4/07
¹ A	-3/53	-0/037	+1/70	+0/78	-0/41	-0/37
² B	-0/66	-0/60	-1/09	-0/013	-0/025	-0/034
³ C	-0/36	+0/46	-0/91	-0/26	-0/16	-0/26
A×B	—	—	-1/45	—	—	—
A× C	—	+0/099	—	+0/76	+0/31	—
B× C	-0/71	-0/10	-0/54	-0/56	—	—
A ²	+3/19	+0/18	+1/47	-0/62	—	+0/61
B ²	+2/13	+0/13	—	—	—	+0/28
C ²	—	-0/32	1/51	-0/44	—	-0/19
⁴ Adj-R ²	0/953	0/974	0/846	0/908	0/958	0/972
⁵ F	57/92	86/29	14/36	26/27	123/47	92/95
⁶ P(F) احتمال f	≤0/0001 P	P≤0/0001	P≤0/0002	P≤0/0001	P≤0/0001	P≤0/0001

A.1: (غلظت صمغ گوار) B.2: (غلظت صمغ عربی) C.3: (درصد چربی)

adjR².4: ضریب دترمیناسیون (تیین تنظیم شده) F.5: توزیع فیشر P (f): احتمال F

ترکیب پنیر:

با کمک طرح آماری RSM اثرات کاهش چربی شیر و استفاده از دو هیدروکلوئید صمغ عربی و صمغ گوار به عنوان جایگزین چربی بر روی میزان ماده خشک، چربی، اسیدهای چرب آزاد، نمک و اسیدیته پنیر بعد از گذشت مدت زمان 60 روز توسط نمودار های سطحی و کانتور پلات ارزیابی گردید (شکل 5-1). در شکل 1 بر همکنش این سه فاکتور بر روی ماده خشک پنیر کم چرب مشاهده می گردد. همانطور که مشاهده می شود بین ماده خشک و چربی شیر ارتباط مستقیم وجود دارد و با افزایش میزان چربی شیر ماده خشک هم افزایش می یابد و بالعکس رطوبت کاهش می یابد. این نتیجه به علت تفاوت در میزان پروتئین پنیرهاست. کاهش چربی در پنیر منجر به افزایش نسبت پروتئین می شود که در حقیقت این امر باعث تشدید ظرفیت باند کردن آب در ماتریکس کازئین می گردد. این مشاهدات مطابق یافته های Volikakis و همکارانش در سال 2004 (24) بود. در مورد صمغ عربی مشاهده می شود که با افزایش غلظت آن تا میزان 150 ppm ماده خشک کاهش می یابد ولی همانطور که مشاهده می شود در غلظت های بالاتر از این مقدار، ماده خشک افزایش می یابد. این اثر صمغ عربی در میزان چربی کمتر در غلظت پائین تری از صمغ نمایان می شود. شاید این به آن دلیل است که در ابتدا با افزایش صمغ عربی در ماتریکس جذب آب بیشتر می شود ولی در غلظت های بالاتر این صمغ این اثر را ندارد و می توان گفت تنها با افزایش غلظت آن میزان ماده خشک در پنیر بالا می رود. در مورد صمغ گوار مشاهده می شود که با افزایش غلظت آن همواره ماده خشک کاهش می یابد، صمغ گوار دارای ظرفیت بالای باند کردن آب است، در نتیجه باعث تاخیر در آب انداختن لخته ها می شود و نسبت ماده خشک در پنیر را کاهش می دهد. نتایج مشابه در مورد جایگزینهای چربی بوسیله katsiari و همکارانش (9) و zalazar و همکارانش در سال 2002 ارائه گردیده است (26).

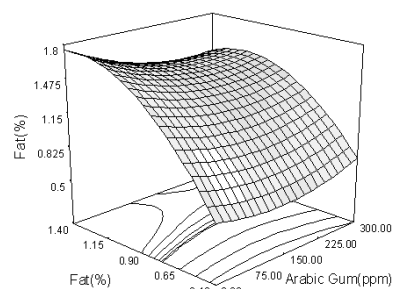
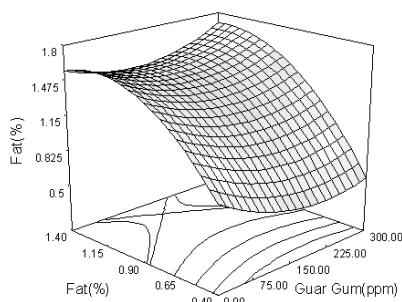
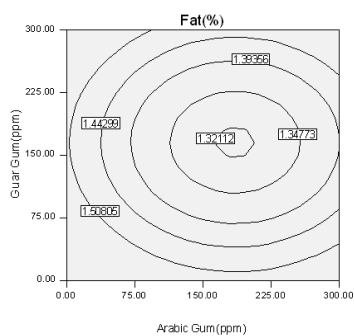


الف ب ج

شکل 1: اثر صمغ عربی و صمغ گوار و چربی شیر بر روی ماده خشک پنیر. الف: اثر صمغ عربی و چربی شیر در غلظت ثابت (150 ppm) صمغ گوار. ب: اثر صمغ گوار و چربی شیر در غلظت ثابت (150 ppm) صمغ عربی. ج: اثر صمغ عربی و صمغ گوار در سطح ثابت چربی شیر (0.7%).

برهمکنش این دو صمغ و چربی شیر بر روی میزان چربی پنیر نیز بررسی گردید (شکل 2) در راستای افزایش چربی شیر میزان چربی پنیر افزایش می یابد. افزودن صمغ عربی و گوار بر روی چربی پنیر در میزان چربی کم شیر اثری ندارد ولی در درصد چربی شیر بیشتر، بترتیب صمغ گوار و عربی باعث افزایش و کاهش محتوی چربی پنیر می گردد.

در مورد اثر صمغ عربی شاید به دلیل این باشد که با حضور صمغ عربی سهم چربی در پنیر کاهش می یابد. در مورد صمغ گوار نیز می توان گفت این صمغ از طریق تاخیر در فرایند آبگیری مانع از خروج گلبولهای کوچک چربی از طریق آب پنیر می شود. در میزان ثابت چربی شیر در غلظت های کم هر دو باعث کاهش در چربی پنیر می شوند ولی در غلظت بالاتر بلعکس افزایش در میزان چربی می شوند.

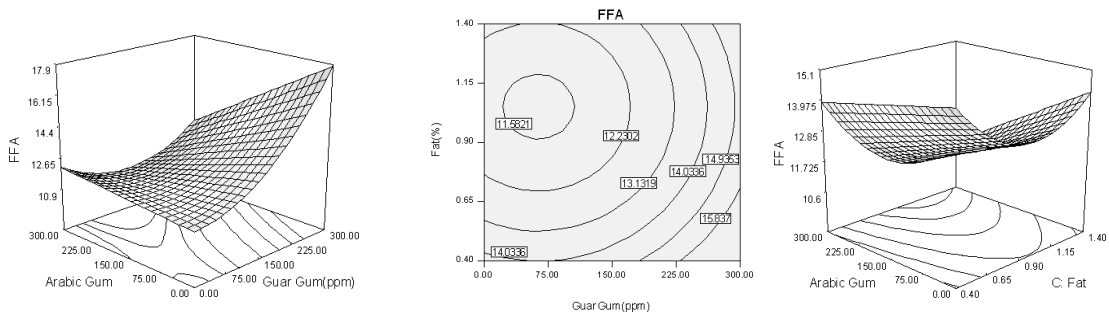


الف ب ج

شکل 2: اثر صمغ عربی و صمغ گوار و چربی شیر بر روی میزان چربی پنیر. الف: اثر صمغ عربی و چربی شیر در غلظت ثابت (150 ppm) صمغ گوار. ب: اثر صمغ گوار و چربی شیر در غلظت ثابت (150 ppm) صمغ عربی. ج: اثر صمغ عربی و صمغ گوار در سطح ثابت چربی شیر (0.7%).

میزان اسید چرب آزاد در پنیر بیانگر گسترش فرایند لیپولیز در پنیر است. در شکل 3 اثر متغیرها بر روی میزان اسیدهای چرب آزاد بررسی شده است. با افزایش در چربی شیر یک سیر نزولی در میزان اسیدهای چرب آزاد دیده می شود. که این مشاهده مطابق نظر kavas و همکارانش در سال 2004 (10) است. می توان گفت بدلیل اینکه با افزایش میزان چربی، میزان رطوبت محتوی ماتریکس کم می شود و بدنبال آن لیپولیز هم کاهش می یابد. صمغ گوار با فرایند لیپولیز چربی رابطه مستقیم نشان می دهد. تشدید فرایند لیپولیز و گسترش اسیدهای چرب آزاد با افزایش میزان صمغ گوار، احتمالاً به دلیل افزایش رطوبت است که

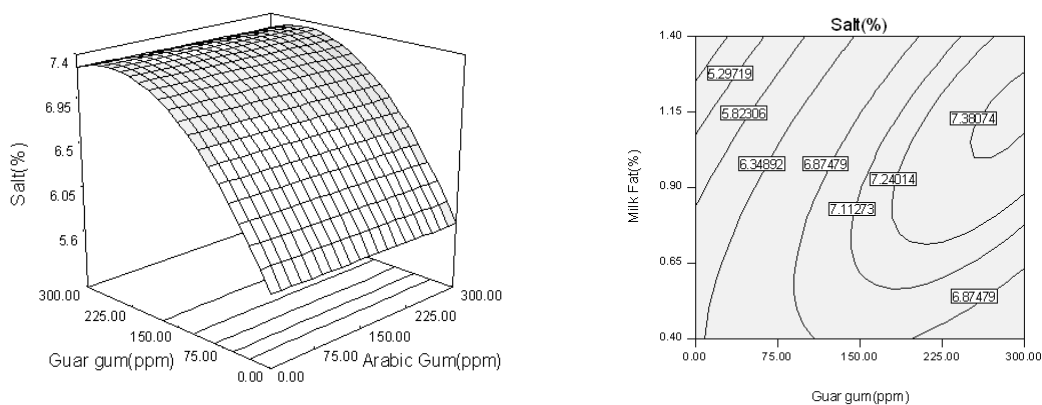
اصولا شرایط را برای فعالیت آنزیمی و رشد میکروبی مناسب می کند (10 و 19). افزایش صمغ عربی باعث کاهش سطح اسیدهای چرب آزاد می شود که این شاید به دلیل این است که در غلظت های بالاتر صمغ عربی باعث افزایش ماده خشک و کاهش رطوبت می گردد.



الف ب ج

شکل 3: اثر صمغ عربی و صمغ گوار و چربی شیر بر روی میزان اسید های چرب آزاد در پنیر. الف: اثر صمغ عربی و چربی شیر در غلظت ثابت (150 ppm) صمغ گوار. ب: اثر صمغ گوار و چربی شیر در غلظت ثابت (150 ppm) صمغ عربی. ج: اثر صمغ عربی و صمغ گوار در سطح ثابت چربی شیر (0.7٪)

اثر تغییرات صمغ عربی و گوار و چربی شیر بر روی نمک در شکل 4 مشاهده می شود. از روی شکل مشخص است که یک رابطه معکوس بین چربی و نمک پنیر دیده می شود، در حالیکه صمغ گوار دارای ارتباط مستقیم با میزان نمک در پنیر است. همانطور که مشاهده می شود صمغ عربی اثر مهمی بر روی میزان نمک ندارد و با صمغ گوار و چربی شیر بر همکنشی نشان نمی دهد. تفاوت در میزان نمک احتمالا به دلیل تفاوت در میزان رطوبت است، هر چه میزان رطوبت بالاتر باشد نمک بیشتری از طریق فاز آبی وارد ماتریکس می شود (10 و 7، 23).



الف ب

شکل 4: اثر صمغ عربی و صمغ گوار و چربی شیر بر روی میزان اسید های چرب آزاد در پنیر. الف: اثر صمغ گوار و چربی شیر در غلظت ثابت (150 ppm) صمغ عربی. ب: اثر صمغ عربی و صمغ گوار در سطح ثابت چربی شیر (0.7٪)

اثر این متغیر ها بر روی میزان اسیدیته پنیر بوسیله تیتراسیون بررسی گردید، که تفاوت های مشخصی در مورد اسیدیته بین نمونه ها دیده نشد. نتایج مشابه در این مورد در سال 2004 توسط Kavaz و همکارانش (10) گزارش شد.

ویژگی های رئولوژیکی :

اثرات دو هیدروکلوئید صمغ عربی و گوار و چربی شیر بر روی ویژگی های رئولوژیکی در شکل 5 و 6 نشان داده شده است. پنیر یک ماده وسکو الاستیک است و خواص رئولوژیکی نمونه ها را می توان با پارامترهایی مثل مدول افت (G'') و مدول ذخیره (G') و تنش و کرنش در نقطه شکست مقایسه کرد. در اینجا ما از دو پارامتر مدول ذخیره (G')، که نشان دهنده خاصیت الاستیک پنیر است (13) و تنش در نقطه شکست (σ_f) استفاده می کنیم. بالا بودن این دو پارامتر بیانگر سفتی پنیر است (14) و مقدار آنها بستگی به تعداد و استحکام پیوند های بین رشته های کازئین دارد. گلبول های چربی و رطوبت به عنوان فاز پر کننده در ماتریکس کازئین عمل می کنند و موجب نرمی پنیر می گردد (14). در پنیر کم چرب کاهش چربی، به مقدار مساوی بوسیله رطوبت جایگزین نمی شود و در نتیجه میزان فاز پرکننده در ماتریکس کاهش می یابد و باعث متراکم تر شدن شبکه می شود و بافت سفتی حاصل می گردد (19 و 20). تفاوت در شاخص های رئولوژیکی نمونه ها بدلیل برهمکنش متفاوت صمغ ها با شبکه پروتئینی است. همانطور که در شکل 5 دیده می شود، بررسی های آماری اثر این 3 متغیر مشخص کرد که آنها بر روی روند تغییرات یکدیگر تأثیری ندارند و اثر آنها جداگانه بررسی گردید. شاخص های رئولوژیکی G' (در اینجا تغییرات آن به صورت لگاریتمی بیان شده) که با کاهش چربی افزایش می یابد. افزایش صمغ گوار باعث کاهش شدید $\log G'$ می شود. بدلیل بالا بودن خاصیت آب دوستی این صمغ، محتوای رطوبتی لخته بالا می رود. در غلظت های حدود 170ppm بافت پنیر بعد از 60 روز متلاشی می شود. در حالت معمول 6٪ از رنت اضافه شده به شیر در لخته پنیر باقی می ماند (7) اما نسبت آن در پنیرهای حاوی رطوبت بالاتر، بیشتر است و در نتیجه فرایند پروتولیز شدیدتر و سرعت نرم شدن در طی رسیدن در آنها بالاتر است (26). در مورد صمغ عربی همانطور که در مورد ماده خشک هم مشاهده شد تا $\log G' 150 \text{ ppm}$ را کاهش و سپس افزایش می دهد.

الف

ب

ج

شکل 5: اثر صمغ عربی و صمغ گوار و چربی شیر بر روی $\log G'$. الف: اثر صمغ عربی در غلظت ثابت صمغ گوار (150 ppm) و در سطح ثابت چربی شیر (0/7٪). ب: اثر صمغ گوار در غلظت ثابت صمغ عربی (150 ppm) و در سطح ثابت چربی شیر (0/7٪). ج: اثر چربی شیر در غلظت ثابت صمغ عربی (150 ppm) و صمغ گوار (150 ppm).

در مورد تنش در نقطه شکست (σ_f) نیز تغییرات آن را به صورت تک فاکتوری بررسی می کنیم. همانطور که در شکل 6 دیده می شود تنها چربی و صمغ گوار بر روی σ_f تأثیر دارند. کاهش چربی بدلیل متراکم تر کردن بافت پنیر باعث افزایش نیروی لازم جهت شکستن بافت می شود. صمغ گوار می تواند این افزایش نیرو را جبران کند و حتی در غلظت های بالاتر باعث کاهش آن نیز می شود

الف

ب

شکل 6: اثر صمغ گوار و چربی شیر بر روی \bar{b}_F : الف اثر صمغ گوار در غلظت ثابت صمغ عربی (150 ppm) و در سطح ثابت چربی شیر (0/7%). ب: اثر چربی شیر در غلظت ثابت صمغ عربی (150 ppm) و صمغ گوار (150 ppm)

از آنالیز عددی مدل‌های بدست آمده و بررسی نمودارها شرایط بهینه تولید پنیر کم چرب مشخص گردید که این شرایط عبارتند از غلظت صمغ گوار: 26/8 ppm، غلظت صمغ عربی: 3/5 ppm، درصد چربی شیر 1/4. در ضمن با استفاده از مدل‌های پیشنهادی برای پاسخ‌های مختلف مقادیر عددی هر یک را در شرایط بهینه با یک جایگزینی ساده می‌توان بدست آورد.

4-سیاسگذاری: از آقای مهندس مظفری (مهندس تولید، کارخانه پگاه آذربایجان غربی) و کارکنان محترم این کارخانه که از این تحقیق حمایت کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده:

1. Alizadeh, M., Hamed, M., & Khosroshahi, A. (2005). Optimizing sensorial quality of Iranian White Brine cheese using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 70, 299-303.
2. AOAC, Association of Official Analytical Chemists. (1997). *Official Methods of Analytical* (16th ed). Arlington, VA, USA: AOAC (3rd rev).
3. Azarnia, S., Ehsani, M. R., & Mirhadi, S.A. (1997). Evaluation of the physico chemical characteristic of the curd during the ripening of Iranian Brine cheese. *International Dairy Journal*, 7, 473-478.
4. Dark, M. A., & Swanson, B. G., (1995), Reduced-and low-fat cheese technology: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 6, 366-369.
5. Erdem, Y.K. (2005). Effects of ultrafiltration, fat reduction and salting on textural properties of white brined cheese. *Journal of Food Engineering*, 71, 366-372.

6. Felon, M. A., & Guinee, T.P. (2000). Flavour development in low fat cheese. In T.M. Cogan (Ed.), Proceedings of 6 th Moorepark cheese Symposium (pp. 31-42). Dublin: Teagas C/UCC.
7. Fox, P. F. (1988), Rennets and their action in cheese manufacture and ripening. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 10, 522-535.
8. James, C.S. (1995). *Analytical chemistry of foods* (1st ed.). Glasgow, UK: Blackie Academic & Professional.
9. Katsiari, M.C., Voutsinas, L.P., Kondyli, E. & Alichanidis, E. (2002). Flavour enhancement of low-fat Feta-type cheese using a commercial adjunct culture. *Food chemistry*, 79, 193-198.
10. Kavas, G., Oysun, G., Kinik, O., & Vysal, H. (2004). Effects of some fat replacer on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese. *Food Chemistry*, 88, 381-388.
11. Koca, N., & Metin, M. (2004) Textural, melting and sensory properties of low fat fresh Kashar cheeses produced by using fat replacer. *International Dairy Journal*, 14, 365-373.
12. Konuklar, G., Inglett, G. E., Warner, K., & Carriere, C. J. (2004) Use of β -glucan hydrocolloidal suspension in the manufacture of low-fat cheddar cheese: textural properties by instrumental methods and sensory panels. *Food hydrocolloids*, 18, 535-545.
13. Lobato-Calleros, C., Rodrigues, E., Sandoval-Castilla, O., Vernon-Carter, E. J., (2006). Reduced-fat white fresh cheese-like products obtain from $W_1/O/W_2$ multiple emulsions: Viscoelastic and high-resolution image analyses. *Food Research International*, 39, 678-685.
14. Madadlou, A., Khosroshahi, A., & Mosavi, M. E. (2005). Rheology, macrostructure and functionality of low-fat Iranian White cheese made with different concentration of rennet. *Journal of Dairy Science*, 88, 3052-3062.
15. Madadlou, A., Mosavi, M. E., Khosrowshahi, A., Emamjome, Z., & Zargarani, M. (2007). Effect of cream homogenization on textural characteristics of low-fat Iranian White cheese. *International Dairy Journal*, 17, 547-554.
16. Mistry, V.U. (2001) Low fat cheese technology. *International Dairy Journal*, 11, 413-422.
17. Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., Aziznia, S. (2007), Texture of low-fat Iranian White cheese as Influenced by Gum tragacanth as fat replacer. *Journal of Dairy Science*, At press.
18. Rodrigues, J. (1998). Recent advances in the development of low-fat cheeses. *Trends in Food Science and Technology*, 44 (10), 93-96.

19. Romeih, E. A., Michaelidou, A., Biliaderis, C. G., & Zerfiridis, G. K. (2002), Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. *International Dairy Journal*, 12, 525-540.
20. Rudan, M. A., Barbano, D. M., Yun, J. J., & Kindstedt, P. S. (1999). Effect of fat content reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella. *Journal of Dairy Science*, 82, 661-672.
21. Sipahioglu, O., Alvarez, V. B., & Solano-Lopez, C. (1999). Structure, physico chemical and sensory properties of Feta cheese made with tapioca starch and lecithin as fat mimetics. *International Dairy Journal*, 9, 783-789.
22. Tuinier, R., Grotenhuis, E. T., & Kruif, C. G. D. (2000), the effect of depolymerised guar gum on the stability of skim milk. *Food Hydrocolloids*, 14, 1-7.
23. Tuink., M. H., (2000), Rheology of Dairy Foods that gel, Stretch, Fracture. *J. Dairy Science*, 83, 1892-1898.
24. Volikakis, P., Biliaderis, C. G., Vamvakas, C., & Zerfiridis, G.K. (2004) Effects of a commercial oat- β -glucan concentration on the chemical, physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. *Food Research International*, 37, 83-94.
25. Williams, P. A., & Philips, G. O. (2000) Gum Arabic, *Handbook of hydrocolloid*
26. Zalazar, C. A., Zalazar, C. S., Bernal, S., Bertola, N., Bevilacqua, A., & Zaritzky, N. (2002). Effect of moisture level and fat replacer on physicochemical, rheological and sensory properties of low fat soft cheeses. *International dairy Journal*, 12, 45-50.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.