

## تأثیر افزودن آب انار بر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی، میکروبی و حسی پنیر فتای بدون آب‌گیری

حنان لشکری<sup>۱</sup>، محمد جواد وریدی<sup>۲\*</sup>، محمد هادی اسکندری<sup>۳</sup>، مهدی وریدی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری گروه صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد، گرایش تکنولوژی مواد غذایی

۲- دانشیار، گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار، گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۴- دانشیار، گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۷)

### چکیده

پنیر فتا به روش بدون آب‌گیری با استفاده از خامه، پروتئین شیر تغلیظ شده، پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و شیر تازه تهیه شد و تأثیر سطوح مختلف آب انار و زمان نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی و میکروبی آن بررسی گردید. نمونه‌ها در ۵ سطح آب انار تولید و طی فواصل زمانی ۱۵ روز به مدت دو ماه آنالیز شدند. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS آنالیز و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه گشتند. نتایج نشان داد که آب انار بر تمامی ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی و میکروبی پنیر تأثیر بسیار معنی‌دار ( $P < 0/0001$ ) و زمان نگهداری بر همه ویژگی‌ها به جز خاکستر و حالت فیزیکی تأثیر معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) داشت. افزودن آب انار موجب کاهش شاخص‌های بافت مانند سختی، پیوستگی، حالت صمغی، آدامسی و فتری و افزایش شاخص چسبندگی شد. در طول دوره نگهداری، سختی، پیوستگی و حالت صمغی پنیر ابتدا افزایش و سپس کاهش و حالت آدامسی و چسبندگی پنیر به ترتیب کاهش و افزایش را نشان دادند. آزمون رنگ‌سنجی نشان داد که آب انار شاخص  $a^*$  را افزایش و شاخص‌های  $L^*$  و  $b^*$  را کاهش داد. به عبارتی قرمزی آب انار موجب افزایش قرمزی و کاهش درخشندگی و زردی پنیر می‌شود. در طول نگهداری شاخص‌های  $L^*$  و  $b^*$  افزایش و  $a^*$  کاهش یافت. به عبارتی از قرمزی پنیر کاسته و بر درخشندگی و زردی آن افزوده شد. نمونه‌ها مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند نمونه حاوی ۲۰٪ آب انار که دارای بالاترین امتیاز در پذیرش کلی بود، به عنوان بهترین نمونه انتخاب گردید.

**کلید واژگان:** آب انار، پنیر فتا، پروتئین آب‌پنیر، پروتئین شیر، ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی

\*مسئول مکاتبات: mjvaridi@ferdowsi.um.ac.ir

## ۱- مقدمه

پنیر یکی از غذاهای اصلی در بسیاری از نقاط دنیا محسوب می‌گردد. تنوع و گوناگونی پنیرهای تولیدی دنیای امروز و ارزش بالای غذایی آنها موجب شده است که در برنامه غذایی بسیاری از کشورها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد. طبق آخرین گزارش ارائه شده از فائو<sup>۱</sup> تولید پنیر در ایران در سال ۲۰۱۱ بالغ بر ۰/۲۵ میلیون تن و مصرف سرانه پنیر در حدود ۵ کیلوگرم است درحالی‌که بیشترین مصرف سرانه مربوط به کشور فرانسه با ۲۶/۳ کیلوگرم است [۱]. این اختلاف موجود میان مصرف سرانه پنیر در ایران با کشورهای پیشرفته، لزوم اجرای اقدامات اساسی جهت افزایش تولید و ایجاد تنوع در آن و ارتقاء مصرف سرانه را برجسته‌تر می‌کند. در سال‌های اخیر فرآورده‌های لبنی زیادی با استفاده از آب میوه، تولید و به بازار عرضه شده است اما مطالعه خاصی در زمینه تولید پنیر حاوی آب میوه‌ها و از جمله انار صورت نگرفته است که علاوه بر ویژگی‌های سلامتی‌بخش، این محصول از نظر رنگ، مزه و دیگر ویژگی‌های حسی می‌تواند مورد پذیرش مصرف‌کنندگان قرار گیرد و شروع خوبی برای تولید فرآورده‌های متنوع در این زمینه باشد.

از طرفی محققان صنایع غذایی تلاش می‌کنند که راه کارهای جدیدی برای افزودن مولکول‌های عملگرا به غذا، پایدار کردن آنها و رها شدنشان در بدن را به دست آورند. برای دستیابی به مزیت واقعی این ترکیبات، آنها باید به آسانی از ماتریکس غذایی به درون مایع دستگاه گوارش آزاد شده و فرآیند هضم و جذب را طی کنند. فرآورده‌های لبنی از جمله پنیر، به دلیل توانایی تشکیل ژل، قادر به حمل ترکیبات عملگرا و رهاسازی آنها در بدن هستند [۲]. افزودن این ترکیبات به پنیر می‌تواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ویژگی‌های عملگرایی، رنگ و ارزش تغذیه‌ای آن را بهبود بخشد [۳].

در میان میوه‌ها، انار ترکیبات فنولیک بیشتری داشته و از ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی بالایی برخوردار بوده و توانایی زیادی در مهار کردن رادیکال‌های آزاد دارد [۴]. انار با نام علمی (*Punica granatum L.*) متعلق به خانواده انارسانان و بومی ایران است. ایران به عنوان اولین و مهم‌ترین تولیدکننده و صادرکننده انار در جهان شناخته شده است. پژوهش‌ها نشان داده است که ترکیبات ویژه موجود در آب انار در کاهش فشار خون، کاهش اکسیداسیون کلسترول بد خون، جلوگیری از بیماری‌های قلبی عروقی و انسداد رگ‌های خونی و پیشگیری از انواع سرطان‌ها مفید است [۲]. زربان و همکاران (۱۳۸۶) ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و توانایی در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد آب انار و ۹ آب میوه تجاری را مطالعه و بررسی کردند و مشاهده کردند که بیشترین ترکیبات فنولی و بیشترین ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی مربوط به آب انار است [۴]. هان و همکاران (۲۰۱۱) پنیر فراسودمند حاوی ترکیبات عملگرایی فنولیکی تولید و بازده ماندگاری پلی‌فنول‌ها در پنیر و ویژگی آنتی-اکسیدانی نمونه‌ها را بررسی کردند. ترکیبات فنولی تک حلقه‌ای شامل کاتچین<sup>۲</sup> و اسید تانیک<sup>۳</sup> و اپی گلو کاتچین گالات<sup>۴</sup> و اسید همووانیلک<sup>۵</sup> و هسپرتین<sup>۶</sup> و فلاون‌ها<sup>۷</sup> و ترکیبات خام طبیعی نظیر عصاره انگور، عصاره چای سبز و پودر کورن بری<sup>۸</sup> به عنوان ترکیبات عملگرایی در تهیه پنیر استفاده کردند. لخته‌های پنیر حاوی ترکیبات پلی‌فنولیک به میزان ۰/۵ میلی‌گرم به میلی‌لیتر فعالیت جذب رادیکال‌های آزاد موثری از خود نشان دادند [۵].

به منظور تولید پنیر فتای حاوی آب انار نیاز است بخشی از شیر با آب انار جایگزین شود، از طرفی افزودن مستقیم آب انار به شیر به دلیل pH پایین آب انار و افت شدید pH شیر امکان‌پذیر نیست، بنابراین برای افزایش خاصیت بافنی شیر

2. Catechin
3. Tannic acid
4. Epigallocatechin gallate (EGCG)
5. Homovanillic acid
6. Hesperetin
7. Flavones
8. Cranberry

1. Food and Agriculture Organization

پروتئین آب‌پنیر و ۷۰٪ کازئین نسبت به نمونه دارای ۲۰٪ پروتئین آب‌پنیر و ۸۰٪ کازئین از نظر ارزیابی حسی در روز ۳۰ و ۶۰ از دوره نگهداری مطلوبیت بیشتری دارد [۱۰]. در این پژوهش تاثیر آب انار بر ویژگی‌های پنیر فتای بدون آب‌گیری بهینه‌سازی شده بوسیله لشکری و همکاران (۱۳۹۶) [۱۱] بررسی گردید و تولید پنیر فتای میوه‌ای حاوی آب انار امکان‌سنجی شد. با تولید این فرآورده تنوعی در تولید پنیر سفید ایرانی ایجاد گردید.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد اولیه

شیر و خامه تازه و پودر تغلیظ شده پروتئین شیر (MPC) از شرکت پگاه فارس (شیراز، ایران) و پودر تغلیظ شده پروتئین آب‌پنیر (WPC) از شرکت Glanbia آلمان تهیه شد. در جدول شماره ۱ ویژگی‌های شیمیایی این ترکیبات مشاهده می‌شود. انعقادگر مصرفی از نوع میکروبی با نام تجاری SaccoInternational Microclerici-st:2040 (Caglificio Clerici SpA Clerici - ایتالیا) و آغازگر از نوع مایه کشت مستقیم به وت، لیوفلیزه<sup>۱۳</sup> با نام تجاری FEM Feferm - (Optiferm GmbH آلمان) حاوی گونه‌های استرپتوکوکوس ترموفیلوس<sup>۱۴</sup> و لاکتوباسیلوس دلبروکی<sup>۱۵</sup> زیر گونه بولگاریکوس<sup>۱۵</sup> بود. نمک طعام تصفیه شده از شرکت دردانه شیراز و کلرید کلسیم از شرکت مرک آلمان و لیوان‌های ۱۰۰ گرمی از شرکت گلپزه شیراز تهیه گردیدند.

آب انار مصرفی از انار رقم قصرالدشتی شیراز که در فارس مورد کشت قرار می‌گیرد، تهیه شد. در جدول شماره ۲ ویژگی‌های شیمیایی آب انار مشاهده می‌شود.

باید ابتدا مواد جامد شیر را با استفاده از پروتئین‌های شیر افزایش داد و سپس آب انار را به آن افزود. بدین منظور نیاز است که پنیر فتا به شیوه بدون آب‌گیری<sup>۹</sup> تولید گردد. یک جایگزین مناسب برای تولید پنیر فراپالایش، تولید این فرآورده به شکل بازساخته یا بدون آب‌گیری است [۶]. در تولید پنیر به روش بدون آب‌گیری از نسبت‌های مختلف پودر تغلیظ شده پروتئین آب‌پنیر، پودر تغلیظ شده پروتئین شیر، کازئینات سدیم، پودر شیر خشک کامل، پودر شیر پس‌چرخ، خامه و شیر تازه می‌توان استفاده کرد و پنیر مشابه با پنیر حاصل از فراپالایش تولید کرد. پودر تغلیظ شده پروتئین شیر (MPC)<sup>۱۰</sup>، حاوی پروتئین کازئین و آب‌پنیر به شکل طبیعی است و از آنجایی که فرآیند تولید به گونه‌ای است که آسیبی به پروتئین‌ها نمی‌رساند، در فرآورده‌های لبنی رفتار آن دقیقاً مشابه با خود شیر است. میستری و همکاران (۱۹۹۶) از MPC در تولید پنیر گودا استفاده کردند. آنها توانستند بازده تولید پنیر گودا را افزایش دهند. همچنین مشاهده کردند که افت pH سریع‌تر رخ می‌دهد و زمان تشکیل لخته کوتاه‌تر شده و لخته سفت‌تری حاصل می‌شود [۷]. رشیدی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از پودر پروتئین شیر پنیر فتای فراپالایشی کم‌چرب را تولید کردند [۸]. پودر تغلیظ شده پروتئین سرم شیر (WPC)<sup>۱۱</sup> نیز در تولید انواع پنیر کاربرد دارد. پژوهش جوینده (۲۰۰۸) در مورد تاثیر افزودن تغلیظ شده تخمیری پروتئین آب‌پنیر (FWPC)<sup>۱۲</sup> قبل و بعد از تشکیل لخته در پنیر نشان داد که افزودن FWPC به شیر به طور معنی‌داری سبب افزایش راندمان پنیر می‌شود که این موضوع می‌تواند مربوط به بهبود ظرفیت جذب نگهداری آب توسط FWPC باشد [۳]. نظری و حصارى (۲۰۱۳) پنیر فتای بدون آب‌پنیر را تولید و ویژگی‌های حسی آن را ارزیابی کردند و مشاهده نمودند که نمونه‌ای دارای ۳۰٪

9. Whey less
10. Milk Protein Concentrate
11. Whey Protein Concentrate
12. Fermented Whey Protein Concentrate

13. lyophilized direct-to-vat mixed culture
14. *Streptococcus thermophilus*
15. *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*

**Table 1** Chemical properties of principle material of cheese formula

Raw material	%Ash	%DM	%TP	%Fat	%Acidity (lactic acid)	pH
Milk	0.74	12.50	3.30	3.40	0.18	6.61
Cream	0.40	36.50	2.40	30.0	0.15	6.52
MPC	6.70	95.50	71.0	7.05	-	6.40
WPC	8.00	96.00	35.0	8.10	-	6.50

**Table 2** Chemical properties of pomegranate juice.\*

Properties	%Ash	%DM	Brix	%Acidity (citric acid)	pH	Total phenol (mg/100ml)	Total Anthocyanin (mg/100ml)
Pomegranate juice	0.29±0.05	19.22±0.22	18.12±0.1	1.5±0.02	3.2±0.02	245±12	27.82±0.23

\* Average numbers of three replies have been reported as mean ± standard deviation

**۲-۲-۲ روش تولید****۲-۲-۱ تهیه آب انار**

بعد از شستشوی میوه و دانه گیری دستی، آب انار بوسیله پرس کردن تولید و به کمک فیلتر پارچه ای صاف و سپس تحت تیمار حرارتی با دمای  $70^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت و در نهایت به صورت منجمد در دمای  $-20^{\circ}\text{C}$  تا زمان تولید پنیر نگهداری شد.

**۲-۲-۲ تولید پنیر**

برای تولید پنیر، ابتدا مواد اولیه که شامل شیر تازه، خامه و پودرهای MPC و WPC است به ترتیب به نسبت های ۴۰، ۴۵/۶، ۱۱/۷ و ۲/۷٪ با هم مخلوط شدند. مخلوط در دمای  $50-45^{\circ}\text{C}$  حرارت داده و به مدت ۱ ساعت به آن زمان داده شد تا پودرها آبگیری کرده و سپس در فشار ۷۰ بار هموزناسیون و در دمای  $63^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزاسیون صورت گرفت و پس از آن تا دمای  $-40^{\circ}\text{C}$  سرد شد. آب انار به مقادیر تعیین شده به وت پنیرسازی اضافه و مخلوط شد. مایه کشت آغازگر (۱۰واحد به ازاء ۱۰۰۰ لیتر شیر)، نمک به میزان ۱/۵ گرم، کلرید کلسیم به میزان ۰/۰۲ گرم و رنت به میزان ۰/۰۰۴ گرم به ازاء ۱۰۰ گرم به مخلوط افزوده شد. این مخلوط در ظروف پلاستیکی ۱۰۰ گرمی ریخته و ۲۰ دقیقه در دمای  $35^{\circ}\text{C}$  نگهداری شد تا لخته ایجاد گردد و در نهایت با پوشش آلومینیوم دربندی حرارتی صورت گرفت. پنیرهای تولیدی تا رسیدن به pH ۴/۶ در گرم خانه  $40^{\circ}\text{C}$  نگهداری و سپس به مدت ۶۰ روز در سردخانه با دمای  $6^{\circ}\text{C}$  قرار گرفتند. طی فواصل زمانی ۱۵ روز، نمونه ها با

استفاده از تست های فیزیکی - شیمیایی، حسی و میکروبی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**۲-۳-۲ آزمون ها****۲-۳-۱ آزمون های فیزیکی - شیمیایی**

مواد جامد کل به روش وزنی، چربی به روش ژربر، اسیدیته قابل تیتراسیون بر مبنای اسید لاکتیک (w/w)، پروتئین خام به روش میکروکجلدال، خاکستر به روش سوزاندن در کوره الکتریکی، نمک به روش مور و pH نمونه ها با استفاده از pH متر دیجیتال (AZ، TES-1380K، تایوان) اندازه گیری شدند (۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸). آب اندازی از طریق تعیین نسبت وزنی آب پنیر به دلمه بعد از خروج آب دلمه اندازه گیری شد (۱۸). برای ارزیابی رنگ از سیستم عکس برداری با دوربین دیجیتال (canon power shot A540، ژاپن) استفاده و رنگ سنجی در فضای رنگی هانتربل انجام شد [۱۹]. برای ارزیابی پیشرفت پروتئولیز از شاخص ازت غیرپروتئینی (NPN) یا همان ازت محلول استفاده گردید [۲۰]. لیپولیز از طریق تعیین اندیس اسیدی به وسیله تیتراسیون ارزیابی شد. چربی از نمونه های پنیر با استفاده از دی اتیل اتر استخراج و اندیس اسیدی آن (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم چربی) از طریق تیتراسیون با پتاس الکی تعیین شد (۲۰). برای تعیین اندیس اسید تیوباربتوریک و عدد پراکسید ابتدا چربی نمونه با استفاده از حلال کلروفرم استخراج شد و سپس تحت آزمون قرار گرفت [۲۱]. اندیس اسید تیوباربتوریک برای اندازه گیری محصولات ثانویه اکسیداسیون به کار می رود که به روش جذب نوری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۵ نانومتر

MRS<sup>22</sup> آگار و به روش عمقی<sup>۲۳</sup> کشت و به ترتیب، در دمای ۳۰°C و ۴۵°C به مدت ۴۸ ساعت نگهداری و شمارش شدند. شمارش لاکتوکوکسی‌های مزوفیل و ترموفیل در محیط M17 آگار به روش عمقی کشت و به ترتیب در دمای ۳۰°C و ۳۷°C به مدت ۴۸ ساعت نگهداری و شمارش شدند [۲۸].

#### ۲-۳-۴- آزمون حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها، ۳۰ روز بعد از تولید انجام شد. نمونه‌ها به طور تصادفی رمزگذاری و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند تا به تعادل دمایی برسند و سپس توسط یک گروه ۱۰ نفره ارزیاب آموزش دیده بررسی شدند. نمونه‌ها بر اساس استاندارد شماره ۴۹۳۸ (ارزیابی حسی پنیر) از نظر رنگ سطح خارجی، رنگ سطح داخلی، وضعیت ظاهری سطح خارجی، وضعیت ظاهری سطح داخلی، عطر و طعم، بافت و در نهایت پذیرش کلی به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (حداقل و حداکثر رضایت‌مندی به ترتیب با امتیاز ۱ تا ۵) امتیازدهی شدند [۲۹].

#### ۲-۳-۵- تجزیه و تحلیل آماری

به هر ۱۰۰ گرم از فرمول پایه پنیر، به مقدار ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سی‌سی آب انار افزوده شد و آزمون‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با حداقل ۲ تکرار انجام گرفت و داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار آماری SPSS آنالیز و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- تاثیر آب انار بر ویژگی‌های مختلف پنیر

نتایج تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که آب انار بر همه پاسخ‌ها تاثیر بسیار معنی‌دار ( $P < 0/0001$ ) دارد. در جدول ۳ نتایج تاثیر آب انار بر ویژگی‌های مختلف پنیر مشاهده می‌شود.

تعیین می‌شود (۲۲). برای تعیین عدد پراکسید به روش یدومتری عمل شد (۲۲). برای اندازه‌گیری فنول کل و آنتوسیانین کل و تعیین ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های پنیر، ابتدا عصاره پنیر استخراج شد. ۵ گرم نمونه با ۴۰ میلی‌لیتر متانول به خوبی مخلوط و به مدت ۱ ساعت بر روی شیکر قرار گرفت و سپس در ۶۵۰۰ g به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۵°C سانتیفریژ شد. از عصاره رویی به عنوان عصاره پنیر در آزمون‌های جذب استفاده شد. مقدار کل ترکیبات فنولی موجود در نمونه‌ها توسط رنگ‌سنجی به روش فولین-سیوکالتو مورد بررسی قرار گرفت [۲۳]. اندازه‌گیری مقدار کل آنتوسیانین‌ها با استفاده از روش رنگ‌سنجی (اختلاف جذب در pH‌های مختلف) صورت گرفت (۲۴). برای اندازه‌گیری ظرفیت جذب رادیکال‌های فعال از محلول DPPH با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار در حلال متانول استفاده شد. جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد و نتایج بر حسب گرم بر میلی‌لیتر گزارش گردید [۲۵].

#### ۲-۳-۲- آزمون بافت

ارزیابی بافت توسط دستگاه بافت‌سنج (CT3 Brookfield، ساخت آمریکا) انجام شد. برای اینکار نمونه‌های پنیر ابتدا از یخچال خارج شده و برای هم‌دمایی با محیط، ۱۰ دقیقه زمان داده شد. سپس از هر کدام، نمونه‌ای به شکل استوانه به ترتیب با قطر و ارتفاع ۲۷ و ۲۰ میلی‌متر تهیه و در دستگاه قرار گرفت و توسط پروب فشارنده با قطر ۳۵ میلی‌متر تا ۲۰٪ ارتفاع اولیه فشرده شد. سرعت حرکت پیشانی ۶۰ میلی‌متر در دقیقه بود. هر آزمون حداقل در سه تکرار انجام شد. شاخص‌هایی مانند سختی<sup>۱۶</sup>، پیوستگی<sup>۱۷</sup>، چسبندگی<sup>۱۸</sup>، حالت صمغی<sup>۱۹</sup>، آدامسی<sup>۲۰</sup> و فنری<sup>۲۱</sup> از روی منحنی به دست آمده از دستگاه تعیین شدند [۲۶].

#### ۲-۳-۳- آزمون‌های میکروبی

ارزیابی میکروبی جهت بررسی رشد میکروب‌های آلوده‌کننده و استارترها صورت گرفت. در همه موارد، نتایج بر حسب log cfu/g گزارش گردید. کلنی‌های قابل شمارش باکتری‌های غیرلاکتیکی بودند که بر اساس استاندارد شماره ۸۲۴۸ شمارش شدند [۲۷]. لاکتوباسیل‌های مزوفیل و ترموفیل در محیط

16. hardness
17. cohesiveness
18. adhesiveness
19. gumminess
20. chewiness
21. springiness

22. de Man, Rogosa and Sharpe  
23. Pure plate

**Table 3** Effect of pomegranate juice on physicochemical properties of cheese\*

Properties	0	5	10	15	20
Syneresis (%)	2 <sup>a</sup>	2.32 <sup>b</sup>	2.68 <sup>c</sup>	3.20 <sup>d</sup>	3.68 <sup>c</sup>
Dray matter (%)	37.33 <sup>c</sup>	36.77 <sup>d</sup>	36.14 <sup>c</sup>	35.35 <sup>b</sup>	34.88 <sup>a</sup>
Fat (%)	16.09 <sup>c</sup>	15.34 <sup>d</sup>	14.79 <sup>c</sup>	14.6 <sup>b</sup>	14.17 <sup>a</sup>
Acidity (lactic acid)	1.22 <sup>a</sup>	1.25 <sup>a</sup>	1.32 <sup>b</sup>	1.38 <sup>c</sup>	1.51 <sup>d</sup>
Salt (%)	1.38 <sup>c</sup>	1.35 <sup>d</sup>	1.31 <sup>c</sup>	1.19 <sup>b</sup>	1.11 <sup>a</sup>
pH	4.56 <sup>a</sup>	4.60 <sup>b</sup>	4.65 <sup>c</sup>	4.69 <sup>d</sup>	4.70 <sup>d</sup>
Ash (%)	3.47 <sup>c</sup>	3.39 <sup>c</sup>	3.24 <sup>b</sup>	3.11 <sup>a</sup>	3.06 <sup>a</sup>
Total protein (%)	12.28 <sup>c</sup>	11.79 <sup>d</sup>	11.26 <sup>c</sup>	10.88 <sup>b</sup>	10.2 <sup>a</sup>
NPN/TN	4.82 <sup>c</sup>	3.05 <sup>ab</sup>	3.23 <sup>b</sup>	3.11 <sup>ab</sup>	2.90 <sup>a</sup>
FFA(meq/100g fat)	0.516 <sup>d</sup>	0.302 <sup>c</sup>	0.284 <sup>b</sup>	0.253 <sup>a</sup>	0.244 <sup>a</sup>
Total phenol (mg/g cheese)	0.044 <sup>a</sup>	0.075 <sup>b</sup>	0.126 <sup>c</sup>	0.223 <sup>d</sup>	0.300 <sup>c</sup>
Anthocyanin (mg/g cheese)	0 <sup>a</sup>	0.004 <sup>b</sup>	0.012 <sup>c</sup>	0.028 <sup>d</sup>	0.035 <sup>c</sup>
Inhibition of DPPH (%)	7.930 <sup>a</sup>	14.820 <sup>b</sup>	20.420 <sup>c</sup>	26.330 <sup>d</sup>	30.040 <sup>d</sup>
Proxid value(meq g O <sub>2</sub> /kg fat)	0.209 <sup>d</sup>	0.203 <sup>cd</sup>	0.199 <sup>c</sup>	0.182 <sup>b</sup>	0.172 <sup>a</sup>
TBA Index (ppm)	1.11 <sup>d</sup>	1.09 <sup>cd</sup>	1.01 <sup>bc</sup>	0.945 <sup>b</sup>	0.762 <sup>a</sup>
Hardness (g)	1016.0 <sup>d</sup>	833.6 <sup>c</sup>	680.3 <sup>b</sup>	639.3 <sup>b</sup>	442.6 <sup>a</sup>
Cohesiveness	0.552 <sup>c</sup>	0.488 <sup>b</sup>	0.407 <sup>a</sup>	0.396 <sup>a</sup>	0.374 <sup>a</sup>
Gumminess (g)	570.3 <sup>c</sup>	428.5 <sup>d</sup>	301.5 <sup>c</sup>	248.7 <sup>b</sup>	189.7 <sup>a</sup>
Chewiness (mj)	31.30 <sup>c</sup>	31.17 <sup>c</sup>	26.83 <sup>b</sup>	23.52 <sup>b</sup>	14.53 <sup>a</sup>
Springiness (mm)	3.61 <sup>c</sup>	3.50 <sup>c</sup>	3.22 <sup>b</sup>	3.15 <sup>b</sup>	2.85 <sup>a</sup>
Adhesiveness (mj)	1.096 <sup>a</sup>	1.527 <sup>b</sup>	1.540 <sup>b</sup>	1.905 <sup>c</sup>	2.084 <sup>c</sup>
<i>L</i> <sup>*</sup>	60.38 <sup>c</sup>	55.81 <sup>d</sup>	54.11 <sup>c</sup>	51.93 <sup>b</sup>	49.99 <sup>a</sup>
<i>b</i> <sup>*</sup>	18.37 <sup>d</sup>	16.22 <sup>c</sup>	15.87 <sup>c</sup>	14.61 <sup>b</sup>	13.78 <sup>a</sup>
<i>a</i> <sup>*</sup>	2.21 <sup>a</sup>	3.13 <sup>b</sup>	4.72 <sup>c</sup>	6.45 <sup>d</sup>	7.08 <sup>c</sup>
Total count (log <sub>10</sub> cfu /g)	3.120 <sup>a</sup>	3.794 <sup>b</sup>	3.829 <sup>b</sup>	4.321 <sup>c</sup>	4.347 <sup>c</sup>
Viability of thermophilic lactobacilli (log <sub>10</sub> cfu /g)	6.86 <sup>d</sup>	6.20 <sup>c</sup>	6.01 <sup>c</sup>	5.72 <sup>b</sup>	5.43 <sup>a</sup>
Viability of mesophilic lactobacilli (log <sub>10</sub> cfu /g)	8.01 <sup>c</sup>	7.75 <sup>d</sup>	7.14 <sup>c</sup>	6.72 <sup>b</sup>	6.34 <sup>a</sup>
Viability of thermophilic lactococci (log <sub>10</sub> cfu /g)	7.62 <sup>c</sup>	6.85 <sup>b</sup>	5.92 <sup>a</sup>	5.83 <sup>a</sup>	5.76 <sup>a</sup>
Viability of mesophilic lactococci (log <sub>10</sub> cfu /g)	7.81 <sup>d</sup>	7.62 <sup>d</sup>	7.15 <sup>c</sup>	6.71 <sup>b</sup>	5.76 <sup>a</sup>

In each row, different letters indicate a significant difference between the samples ( $P \leq 0.05$ ).

در آب انار اسید سیتریک و درجه دوم اسید مالیک است [۳۱]. این افزایش ناشی از حضور ترکیبی از اسیدهای آلی است ولی در نهایت اسیدیته بر حسب اسید لاکتیک گزارش می شود. این نتایج با نتایج سالوا و همکاران (۲۰۰۴) و کوشش و همکاران (۱۳۹۴) که به ترتیب از هویج و آب انار در تهیه ماست استفاده کرده بودند، مطابقت دارد [۳۲ و ۳۳].

pH نمونه‌ها همواره پایین و زیر ۴/۷ بود اما با افزایش آب انار، pH روند افزایشی را نشان داد. این مسئله نشان‌دهنده این است که هر چه آب انار بیشتر باشد فعالیت استارترها کمتر و در پی آن تولید اسید لاکتیک کمتر صورت گرفته و pH نهایی بیشتر بود. بنابراین می توان گفت آب انار تاثیر منفی بر رشد آغازگرها داشته و از طرف دیگر با افزایش آب انار محیط رقیق تر شده و

با افزایش درصد آب انار محتوای ماده خشک و چربی کاهش و آب‌اندازی افزایش یافت. رطوبت آب انار نسبت به رطوبت تیمار کنترل بیشتر بود. بخشی از آب انار در لخته مانده و توسط WPC جذب می شود و بخشی خارج می گردد. ماده خشک و چربی آب انار نسبت به پنیر کمتر است. بنابراین هر چه درصد آب انار در فرمولاسیون و لخته بیشتر شود، در پی آن ماده خشک و چربی کاهش می یابد. فرآیند آب‌اندازی به آرایش مجدد گسترده شبکه کازئین بعد از تشکیل ژل اولیه بستگی دارد. آرایش مجدد در دمای بالاتر و pH کمتر ( $5/1 < \text{pH} < 6/5$ ) شدت بیشتری می گیرد [۳۰]. آب انار سبب افزایش معنی دار اسیدیته (بر حسب اسید لاکتیک) و pH پنیر گردید. اسید موجود در پنیر اسید لاکتیک است و اسید غالب

سایکروتروف صورت می‌گیرد. لپازهای طبیعی شیر حساس به حرارت می‌باشند. بنابراین در پنی‌های تهیه شده از شیرهای پاستوریزه، غیرفعال می‌شوند و عامل اساسی لیپولیز در این پنی‌ها، آنزیم‌های آغازگرها و سایر باکتری‌ها خواهد بود [۳۷]. با توجه به جدول ۳ می‌توان گفت نمونه پنی کنترل دارای بیشترین اندیس اسیدی است که این مسئله نشان‌دهنده اثر بازدارندگی آب انار بر فرآیند لیپولیز توسط باکتری‌ها به ویژه آغازگرها بود.

انار سرشار از ترکیبات فنولیک است که مقدار این ترکیبات بر اساس میزان گالیک اسید معادل‌سازی می‌شود. آنالیز نشان داد که آب انار مصرفی دارای  $245 \pm 12 \text{ mg/100ml}$  ترکیبات فنولی بود. در پژوهش دیگری، محققان دریافتند که آب انار دارای  $205 \pm 5 \text{ mg/100ml}$  ترکیبات فنولی بود و نسبت به سایر آب میوه‌ها دارای بیشترین میزان این ترکیبات بود [۳]. ترکیبات فنولی قادر هستند با پروتئین‌ها واکنش دهند که این امر به غلظت، pH و وزن مولکولی آنها بستگی دارد. ترکیبات فنولی با وزن مولکولی کم قادر به ایجاد اتصالات عرضی قوی نیستند ولی انواع پلیمره و سنگین وزن آنها در ایجاد اتصالات عرضی فعال‌تر بوده و سریع‌تر به وسیله پروتئین رسوب می‌کنند [۳۸]. بنابراین همان‌طور که انتظار می‌رفت افزایش آب انار موجب افزایش ترکیبات فنولی در پنی‌ها گردید. بالاترین محتوای فنول در نمونه ۲۰٪ آب انار و کمترین مربوط به پنی کنترل بود. با افزایش درصد آب انار محتوای ترکیبات فنولی افزایش یافت. نتایج با یافته‌های کوشش و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد [۳۳]. آنتوسیانین‌ها گروهی از رنگدانه‌های محلول در آب هستند. اینها در حد وسیعی در مایع سلول‌های گیاهی وجود دارند و رنگ‌های قرمز، آبی و بنفش را در بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها به وجود می‌آورند. آنتوسیانین‌ها از طریق پیوندهای هیدروفوبی و هیدروژنی با هم و دیگر رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها پیوند برقرار می‌کنند [۳۹]. آب انار مصرفی دارای  $27/82 \pm 0/23 \text{ mg/100ml}$  آنتوسیانین بود. بنابراین همان‌طور که انتظار می‌رفت افزودن آب انار به پنی باعث حضور این رنگدانه در پنی‌ها گردید. بنابراین افزایش آب انار موجب افزایش آنتوسیانین در تیمارهای پنی شد تا جایی که در تیمار ۲۰٪ به مقدار  $0/35 \text{ mg/g}$  رسید.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی انار بیشتر به خاطر حضور اسید آسکوربیک و ترکیبات فنولی از قبیل پونیکالازین، پونیکالین، اسید گالیک، اسید الازیک و آنتوسیانین‌ها می‌باشد [۴۰]. ترکیبات پل فنولیک انار ۳ تا ۱۵ برابر؛ در از بین بردن و خنثی

دسترسی استارتر به لاکتوز کمتر می‌شود. از دلایل این مسئله می‌توان به ماهیت اسیدی آب انار و حضور غلظت بالای از ترکیبات فنولی موجود در این آب میوه [۳۴] اشاره داشت. همچنین خاصیت ضد میکروبی عصاره انار (به تانین‌هایی چون الازی‌تانین و فلاوونوئیدها نسبت داده شده است) که بر روی باکتری‌های گرم مثبت خاصیت مهارکنندگی دارد [۳۵]، نیز فاکتور مورد تاثیر در کاهش رشد استارترها و در نهایت افزایش pH نمونه حاوی آب انار نسبت به نمونه کنترل است. یافته‌های کوشش و همکاران (۱۳۹۴) که در تهیه ماست از آب انار استفاده کردند نیز تاییدی بر این مطلب است [۳۳].

آب انار سبب کاهش معنی‌دار نمک گردید. با ثابت بودن مقدار اولیه نمک، با افزایش آب انار و در پی آن رطوبت پنی، درصد آن کم می‌شود و از ۱/۴ در نمونه کنترل به ۱/۱٪ در پنی ۲۰٪ می‌رسد. آب انار سبب کاهش معنی‌دار خاکستر و پروتئین پنی شد. این کاهش ناشی از پایین بودن درصد خاکستر و پروتئین آب انار نسبت به نمونه کنترل بود. کوشش و همکاران (۱۳۹۴) نیز در تولید ماست حاوی آب انار، در روند تغییرات پروتئین ماست به نتایج مشابه دست یافتند [۳۳]. آب انار باعث کاهش ازت غیرپروتئینی و اسیدهای چرب آزاد شد. ازت غیرپروتئینی شاخص فرآیند پروتئولیز است. این فرآیند مهم‌ترین عامل در رسیدن انواع پنی‌ها است. پروتئین‌های باکتری‌های آغازگر و رنت موجود در لخته مهم‌ترین آنزیم‌های پروتئولیتیک موجود در پنی‌های بدون آب پنی هستند. به دلیل اینکه همه رنت افزوده شده در لخته پنی فتای بدون آب باقی می‌ماند، رنت نقش مهمی در پروتئولیز دارد و مسئول پروتئولیز اولیه کازئین است و پروتئین‌های باکتری‌های آغازگر بیشتر پروتئولیز ثانویه را انجام داده و  $\alpha_{s1}$  را تجزیه می‌کند. در بررسی حصار و همکاران (۲۰۰۶) نقش هر دو عامل در پروتئولیز پنی فتا تایید شده است [۳۶]. در اینجا نمونه پنی کنترل دارای بیشترین ازت غیرپروتئینی است که این مسئله نشان‌دهنده اثر بازدارندگی آب انار بر فرآیند پروتئولیز است. البته آب انار موجب افزایش رطوبت پنی شد که در پی آن نسبت ازت غیر پروتئینی کاهش یافت.

میزان اسیدهای چرب آزاد در پنی بیانگر گسترش فرآیند لیپولیز است. فرایند لیپولیز که در طی آن چربی‌ها به اسیدهای چرب و گلیسرول تجزیه می‌شوند نقش مهمی در توسعه عطر و طعم پنی ایفا می‌کند. هیدرولیز چربی شیر طی تهیه پنی و رسیدن به وسیله لپازهای طبیعی شیر، آنزیم‌های لیپولیتیک باکتری‌های آغازگر و غیرآغازگر، لپازهای باکتری‌های

کاهش داده و محصول را نرم تر می سازد. زیسو و همکاران (۲۰۰۵) علت کاهش پیوستگی را ضعف پیوندهای داخلی در ساختار پنیرهایی با رطوبت بالاتر و بافت نرم تر می دانند که در نتیجه فشار وارده در دستگاه، پنیر به راحتی و غیرقابل برگشت تغییر شکل می دهد [۴۳] که این مسئله تاییدی بر کاهش پیوستگی مشاهده شده در اثر افزودن آب انار بود. حالت صمغی عبارت است از انرژی لازم برای خرد کردن یک ماده غذایی نیمه جامد تا هنگامی که آماده بلع شود. با افزایش آب انار و افت ماده خشک پنیر، بافت پنیر نرم تر می شود و در پی آن انرژی لازم برای جویدن پنیر کاهش یافته و به عبارتی از حالت صمغی پنیر کاسته می شود. حالت آدامسی عبارت است از انرژی لازم برای جویدن یک ماده غذایی جامد تا هنگامی که آماده بلع شود. با افزایش آب انار از حالت آدامسی پنیر کاسته می شود. قابلیت ارتجاع یا فبری بودن، میزانی از ارتفاع اولیه است که ماده غذایی در طی زمان آن را بازیابی می کند. با افزودن آب انار از ارتجاعیت پنیر کاسته شد و بر چسبندگی آن افزوده شد. رطوبت خاصیت پلاستیسیته ماتریکس پروتئین را افزایش و خاصیت الاستیسیته آن را کاهش می دهد. مولکول های آب در بین شبکه سه بعدی پروتئین قرار گرفته و ساختمان شبکه را تضعیف می کنند. بنابراین افزایش رطوبت، سختی و سایر فاکتورها را کاهش داده و محصول را نرم تر می سازد. در ضمن هر چه ساختار پروتئینی شبکه پنیر بازر باشد، چسبندگی بیشتر می باشد و هر چه شبکه متراکم تر باشد چسبندگی کمتر و پیوستگی بیشتر می شود [۴۴].

رنگدانه غالب موجود در پنیر حاوی آب انار، آنتوسیانین است. پایداری رنگ آنتوسیانین ها تا حدود زیادی تحت تأثیر ساختمان شیمیایی و غلظت آنها، دمای نگهداری، حضور اکسیژن، نور، قندها، آنزیم ها و حضور ترکیبات کمپلکس شونده، pH، اسید اسکوربیک و دماهای مختلف نگهداری است [۴۵]. با افزایش آب انار شاخص  $L^*$  و  $b^*$  کاهش و شاخص  $a^*$  افزایش یافت. بنابراین می توان گفت آب انار روشنایی و زردی پنیر را کاهش و قرمزی آن را افزایش می دهد. آب انار به دلیل داشتن آنتوسیانین، قرمزی پنیر را بیشتر می کند. زردی در پنیر ناشی از پراکنش نور توسط پرکننده های شبکه کازئین (چربی و WPC) است. با افزایش آب انار و افزایش قرمزی از زردی کاسته شد. نتایج پژوهش حاضر با یافته های کراسلان و همکاران (۲۰۱۱) و کوشش و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت داشت [۳۳ و ۴۶].

کردن رادیکال های آزاد موفق تر از سایر آنتی اکسیدان ها نظیر ویتامین C و E عمل می کند [۳ و ۴۱]. خاصیت مهارکنندگی رادیکال های آزاد با استفاده از محلول DPPH اندازه گیری شد. نتیجه آزمون به صورت درصد بازدارندگی  $DPPH^{24}$  گزارش می شود. هر چه مقدار عددی آن بیشتر باشد، نشان دهنده بالاتر بودن خاصیت آنتی اکسیدانی در نمونه است. آب انار مصرفی دارای درصد بازدارندگی ۷۵/۱۸ بود. زربان و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه خود دریافتند که آب انار نسبت به سایر میوه ها دارای اثر بازدارندگی (۹۶٪) بیشتری است [۳]. نتایج نشان داد آب انار سبب افزایش معنی دار درصد بازدارندگی DPPH می شود. یافته های هان و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داد که با استفاده از ترکیبات فنولی (به عنوان ترکیبات عمل گرا) در پنیر می توان خاصیت آنتی اکسیدانی آن را افزایش داد. آنها دریافتند که پنیر دارای ترکیب فنولی با غلظت ۰/۵ mg/ml، دارای خواص ضد رادیکالی موثری است [۴]. کوشش و همکاران (۱۳۹۴) نیز در مورد نمونه ماست حاوی آب انار به نتایج مشابه دست یافتند و با افزایش آب انار توانستند خاصیت آنتی اکسیدانی ماست را افزایش دهند (۳۳). ترکیبات فنولی با پروتئین کازئین و آب پنیر واکنش داده و بر ویژگی های عملگرایی آنها تأثیر می گذارد. گزارش های مختلف این مسئله را تایید می کنند که پروتئین ها در اثر برهم کنش با ترکیبات فنولی خواص آنتی اکسیدانی از خود نشان می دهند [۳۸].

پراکسید محصول اولیه اکسیداسیون چربی است و مالون دی آلدئید یکی از محصولات ثانویه اکسیداسیون چربی است که از تجزیه هیدروپراکسیدها در مراحل آخر اکسیداسیون تولید می شود. رایج ترین تست اندازه گیری مالون دی آلدئید در مواد غذایی، تست اسید تیوباربیتریک است. این ترکیب در اثر واکنش با اسید تیوباربیتریک، محصول قرمز رنگی ایجاد می کند که در ۵۳۲ تا ۵۳۵ نانومتر جذب دارند. آب انار سبب کاهش معنی دار عدد پراکسید و شاخص TBA شد.

آب انار سبب کاهش سختی، پیوستگی، حالت صمغی، حالت آدامسی و حالت فبری و افزایش چسبندگی شد. با توجه به نتایج آب انار بر ماده خشک می توان گفت آب انار موجب کاهش ماده خشک می شود و در پی آن آب موجود در پنیر افزایش یافته، مولکول های آب به همراه گلبول های چربی در بین شبکه سه بعدی پروتئین قرار گرفته است و با افزایش آن ساختمان شبکه تضعیف می شود و برای پاره شدن در هنگام فشرده شدن مستعدتر می گردد (۴۲). بنابراین آب انار، سختی را



موجود در میوه و همچنین حضور ترکیباتی که بازدارنده رشد آغازگرها باشند از عوامل مهم در کاهش جمعیت آنها می‌باشد [۴۷ و ۴۸]. ماهیت اسیدی آب انار و حضور غلظت بالای از ترکیبات فنولی موجود در این آب میوه و خاصیت ضد میکروبی عصاره انار که به تائین‌هایی چون الاژی‌تائین و فلاونوئیدها به ویژه در مورد باکتری‌های گرم مثبت نسبت داده شده است نیز به عنوان فاکتورهای موثر در کاهش جمعیت آغازگرها معرفی شده است [۳۵].

### ۳-۲- تاثیر زمان نگهداری بر ویژگی‌های

#### مختلف پنیر

زمان نگهداری بر همه پاسخ‌ها به جز خاکستر و حالت فیزیکی تاثیر معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) داشت. نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

آب انار سبب افزایش جمعیت میکروب‌های آلوده کننده پنیر شد. از آنجایی که حرارت و دمای بالا باعث افت آنتوسیانین [۴۷] و تیره شدن آب انار می‌شود، آب انار مصرفی تنها تحت تیمار حرارتی با دمای  $70^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. بنابراین آب انار افزوده شده استریل نبوده و خود موجب افزایش بار میکروبی و شمارش کلی پنیر گردید. میزان زنده-مانی لاکتوباسیلوس‌های مزوفیل، ترموفیل، لاکتوکوکسی‌های مزوفیل و ترموفیل تحت تاثیر آب انار قرار گرفت و از تعداد این باکتری‌ها کاسته شد. با توجه به نتایج، تعداد مزوفیل‌ها همواره بیشتر است. تریگرپوس و همکاران (۲۰۱۱) و راندهرا و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مورد تاثیر آب انار بر زنده‌مانی آغازگرهای لاکتوباسیلوس به نتایج مشابه دست یافتند. آب انار موجب کاهش جمعیت سلول‌های زنده آغازگرها گردید. در این ارتباط، pH میوه استفاده شده، حضور اسیدهای آلی

**Table 4** Effect of storage time on physicochemical properties of cheese\*

Properties	0	15	30	45	60
Syneresis (%)	3.36 <sup>c</sup>	3.6 <sup>d</sup>	3.76 <sup>d</sup>	2.62 <sup>b</sup>	0.54 <sup>a</sup>
Dray matter (%)	36.34 <sup>c</sup>	36.41 <sup>cd</sup>	36.54 <sup>d</sup>	35.91 <sup>b</sup>	35.28 <sup>a</sup>
Fat (%)	15.10 <sup>c</sup>	15.13 <sup>c</sup>	15.21 <sup>c</sup>	14.87 <sup>b</sup>	14.66 <sup>a</sup>
Acidity (lactic acid)	1.20 <sup>a</sup>	1.30 <sup>b</sup>	1.35 <sup>c</sup>	1.41 <sup>d</sup>	1.44 <sup>d</sup>
Salt (%)	1.26 <sup>b</sup>	1.24 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>	1.28 <sup>c</sup>	1.33 <sup>d</sup>
pH	4.8 <sup>e</sup>	4.73 <sup>d</sup>	4.63 <sup>c</sup>	4.58 <sup>b</sup>	4.48 <sup>a</sup>
Ash (%)	3.28 <sup>ab</sup>	3.3 <sup>b</sup>	3.26 <sup>ab</sup>	3.24 <sup>ab</sup>	3.19 <sup>a</sup>
Total protein (%)	11.36 <sup>c</sup>	11.38 <sup>c</sup>	11.41 <sup>c</sup>	11.23 <sup>b</sup>	11.00 <sup>a</sup>
NPN/TN	1.97 <sup>a</sup>	2.61 <sup>b</sup>	3.38 <sup>c</sup>	4.2 <sup>d</sup>	5.0 <sup>e</sup>
FFA (meq/100g fat)	0.24 <sup>a</sup>	0.26 <sup>b</sup>	0.31 <sup>c</sup>	0.36 <sup>d</sup>	0.42 <sup>e</sup>
Total phenol (mg/g cheese)	0.254 <sup>c</sup>	0.206 <sup>d</sup>	0.143 <sup>c</sup>	0.092 <sup>b</sup>	0.073 <sup>a</sup>
Anthocyanin (mg/g cheese)	0.024 <sup>e</sup>	0.020 <sup>d</sup>	0.015 <sup>c</sup>	0.011 <sup>b</sup>	0.009 <sup>a</sup>
Inhibition of DPPH (%)	30.43 <sup>e</sup>	25.37 <sup>d</sup>	17.18 <sup>c</sup>	13.89 <sup>b</sup>	12.69 <sup>a</sup>
Proxid value (meq g O <sub>2</sub> /kg fat)	0.12 <sup>a</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.18 <sup>c</sup>	0.24 <sup>d</sup>	0.29 <sup>e</sup>
TBA Index (ppm)	0.154 <sup>a</sup>	0.431 <sup>b</sup>	0.959 <sup>c</sup>	1.515 <sup>d</sup>	1.855 <sup>e</sup>
Hardness(g)	705.6 <sup>b</sup>	788.3 <sup>c</sup>	799.9 <sup>c</sup>	690.9 <sup>b</sup>	626.7 <sup>a</sup>
Cohesiveness	0.44 <sup>bc</sup>	0.49 <sup>cd</sup>	0.53 <sup>d</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.34 <sup>a</sup>
Gumminess (g)	347.3 <sup>ab</sup>	364.4 <sup>b</sup>	357.3 <sup>b</sup>	351.3 <sup>b</sup>	318.4 <sup>a</sup>
Chewiness (mj)	31.40 <sup>b</sup>	25.56 <sup>ab</sup>	26.53 <sup>ab</sup>	23.33 <sup>a</sup>	20.52 <sup>a</sup>
Springiness (mm)	3.46 <sup>b</sup>	3.30 <sup>ab</sup>	3.24 <sup>ab</sup>	3.22 <sup>ab</sup>	3.10 <sup>a</sup>
Adhesiveness (mj)	1.51 <sup>a</sup>	1.50 <sup>a</sup>	1.66 <sup>ab</sup>	1.65 <sup>ab</sup>	1.85 <sup>b</sup>
<i>L</i> <sup>*</sup>	52.8 <sup>a</sup>	53.6 <sup>b</sup>	54.7 <sup>c</sup>	55.3 <sup>d</sup>	55.9 <sup>e</sup>
<i>b</i> <sup>*</sup>	15.06 <sup>a</sup>	15.32 <sup>b</sup>	15.62 <sup>b</sup>	16.18 <sup>c</sup>	16.67 <sup>d</sup>
<i>a</i> <sup>*</sup>	5.48 <sup>d</sup>	5.13 <sup>c</sup>	4.81 <sup>c</sup>	4.37 <sup>b</sup>	4.38 <sup>a</sup>
Total count (log <sub>10</sub> cfu /g)	2.74 <sup>a</sup>	3.71 <sup>b</sup>	4.00 <sup>c</sup>	4.33 <sup>d</sup>	4.63 <sup>e</sup>
Viability of thermophilic lactobacilli (log <sub>10</sub> cfu /g)	6.64 <sup>e</sup>	6.39 <sup>d</sup>	6.09 <sup>c</sup>	5.79 <sup>b</sup>	5.32 <sup>a</sup>
Viability of mesophilic lactobacilli (log <sub>10</sub> cfu /g)	7.63 <sup>d</sup>	7.52 <sup>d</sup>	7.27 <sup>c</sup>	6.99 <sup>b</sup>	6.55 <sup>a</sup>
Viability of thermophilic lactococci (log <sub>10</sub> cfu /g)	7.31 <sup>c</sup>	6.97 <sup>d</sup>	6.53 <sup>c</sup>	5.83 <sup>b</sup>	5.34 <sup>a</sup>
Viability of mesophilic lactococci (log <sub>10</sub> cfu /g)	7.61 <sup>d</sup>	7.51 <sup>d</sup>	7.07 <sup>c</sup>	6.73 <sup>b</sup>	6.29 <sup>a</sup>

In each row, different letters indicate a significant difference between the samples ( $P \leq 0.05$ ).

گذشت زمان باعث افت ترکیبات فنولی و آنتوسیانین ها شد. نتایج با یافته های کراسلان و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت [۴۶]. آنتوسیانین ها از نظر پایداری بسیار ضعیف هستند. هسته آنتوسیانین به دلیل کمبود الکترون دارای قابلیت واکنش زیادی است که این واکنش ها سبب تغییر رنگ این رنگدانه می شوند. همین عامل ممکن است کاربرد آنتوسیانین ها را به عنوان رنگدانه های غذایی محدود کند [۴۲]. با گذشت زمان آنتوسیانین پنیر کاهش یافته و تقریباً بعد از گذشت ۴۰ روز به نصف مقدار اولیه خود می رسد. پایداری آنتوسیانین ها به چندین فاکتور شیمیایی و فیزیکی بستگی دارد مانند؛ دما، نور، pH، فلزات، اکسیژن، اسید آسکوربیک، قندها و فرآورده های تجزیه ای آنها، واکنش های کوپیگمنت یکن، کندانس شدن و آنزیم ها. پژوهش های انجام شده بر روی میوه جات حاوی آنتوسیانین مؤید این است که اکسیژن و درجه حرارت از مهم ترین عوامل عدم ثبات این رنگدانه هستند [۵۱]. آنتوسیانین ها در محیط قلیایی (pH=۷-۸) به رنگ صورتی مایل به آبی در ظاهر می شوند. فرآیند آبدهی آنتوسیانین ها منجر به بی ثباتی ساختمان آنتوسیانین ها و از دست رفتن رنگ در این pH می شود. آنتوسیانین ها در محلول های اسیدی مقاومت بیشتری نسبت به محلول های قلیایی و خنثی دارند [۳۹]. زمان سبب کاهش معنی دار درصد باز ماندگی DPPH می شود. این کاهش می تواند ناشی از اکسید شدن آنتی اکسیدان های موجود در آب انار باشد. علاوه بر این به مرور زمان، برهم کنش های پلی فنول ها و پروتئین های موجود در لخته بیشتر می شود و از ویژگی آنتی-اکسیدانی آنها کاسته می شود. بررسی ها نشان داده است این ترکیبات به تنهایی دارای اثرات آنتی اکسیدانی و فیزیولوژی موثرتری هستند نسبت به زمانی که به پروتئین متصل هستند [۵۲]. در طول زمان، عدد پراکسید و شاخص TBA یک روند افزایشی را نشان داد. ایجاد پراکسید در مراحل اولیه بسیار به کندی صورت می گیرد و برحسب نوع چربی، شرایط نگهداری آن، درجه حرارت و ممکن است از چند هفته تا چند ماه متغیر باشد، پس از آن ایجاد پراکسید تسریع شده و خود به عنوان کاتالیزور در تسریع اکسیداسیون شرکت می کند. فرید و همکاران (۲۰۱۳) نیز با بررسی پنیر فتا در طول نگهداری، دریافتند که پراکسید و شاخص TBA افزایش می یابد [۵۳] و همچنین اسکندری و همکاران (۱۳۹۲) در پنیر آنالوگ نیز نشان دادند که در طول زمان عدد TBA پنیر افزایش می یابد [۵۴].

آب اندازی و ماده خشک تا روز سیام افزایش داشت، سپس روند کاهشی را نشان داد. بیشترین آب اندازی طی هفته های اول نگهداری رخ داده است که می تواند ناشی از افزایش اسیدیته و افت pH و همچنین افزایش اتصالات عرضی کازئین و انقباض شدید لخته در اثر سرد کردن باشد که همگی منجر به تراوش شبکه و افزایش آب اندازی و در پی آن افزایش ماده خشک شده است [۳۰]. بعد از گذشت ۳۰ روز، مجدداً آب خارج شده جذب پنیر گردید. به نظر می رسد این امر ناشی از افزایش فرایند پروتئولیز و در پی آن افزایش سطوح آب دوست درون شبکه و افزایش خاصیت جذب آب آن باشد [۳۰]. تغییرات چربی بعد از گذشت ۳۰ روز روند کاهشی را نشان داد. می توان گفت به دلیل جذب آب مجدد، سهم چربی در پنیر کاهش می یابد و از طرفی در این شرایط فرایند لیپولیز تشدید یافته و چربی هیدرولیز و کم شد [۵۰]. در طی نگهداری، اسیدیته روند افزایشی و pH روند کاهشی را نشان داد. افزایش اسیدیته و کاهش pH ناشی از تخمیر لاکتوز و تولید اسید لاکتیک و همچنین تولید اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب در اثر فرآیندهای پروتئولیز و لیپولیز است که نقش اسید لاکتیک مهم تر می باشد [۵۰]. محتوای نمک در ابتدا روند کاهشی و سپس روند افزایشی را نشان داد. نتایج مربوط به آب اندازی تاییدی بر روند تغییرات نمک است. با افزایش آب اندازی مقداری از نمک از لخته خارج می شود و با جذب مجدد آب نمک، درصد نمک افزایش می یابد. تاثیر زمان بر میزان خاکستر پنیر معنی دار نبود. محتوای خاکستر در طول نگهداری بین ۳/۲ الی ۳/۴ متغیر بود. تغییرات پروتئین کل خیلی اندک بود اما روند کاهشی نشان داد و از ۱۱/۳۶ در طی ۶۰ روز نگهداری به ۱۱٪ رسید که این امر ناشی از تجزیه پروتئین و تولید ازت محلول و خروج آن از لخته بود. در طول رسیدن مقدار ازت غیر پروتئینی و اسیدهای چرب آزاد افزایش نشان داد که این مسئله نشان دهنده فرآیند پروتئولیز و لیپولیز است. پپتیدهای درشت و متوسط مولکول تحت تاثیر آنزیم های رنت و آغازگر به اسیدهای آمینه و پپتیدهای به وزن مولکولی کم که در اسید تری کلرواستیک ۲۴٪ محلول هستند، شکسته شده و در صد ازت غیر پروتئینی را افزایش می دهند و افزایش اسیدهای چرب آزاد ناشی از ادامه فعالیت لیپازهای باکتریایی در دوره رسیدن یا نگهداری پنیر است [۳۷].

روشنایی ( $L^*$ ) و زردی ( $b^*$ ) افزایش یافتند. نتایج کوشش و همکاران (۱۳۹۴) در تولید ماست میوه‌ای حاوی آب انار هم این مسئله را تایید می‌کند [۳۳].

در طول نگهداری تعداد میکروب‌های آلوده‌کننده پنیر در حال افزایش است. نتایج با یافته‌های عدالتیان و همکاران مطابقت داشت [۶۰]. در طول نگهداری از تعداد لاکتو باسیل‌های مزوفیل و ترموفیل و لاکتوکوکسی‌های مزوفیل و ترموفیل کاسته شد. با توجه به نتایج تعداد مزوفیل‌ها همواره بیشتر بود. کاهش در تعداد سلول‌های زنده آغازگرها طی دوره زمانی به فعالیت آنها و در نتیجه مصرف لاکتوز و تولید اسید لاکتیک نسبت داده شده است. این مسئله موجب می‌گردد pH نمونه‌های تولیدی کاهش و هم‌زمان اسیدیته قابل تیر افزایش یابد. دانشی و همکاران (۲۰۱۲) و کیلاستی و همکاران (۲۰۰۸) نیز به عوامل یاد شده به عنوان عوامل موثر بر تعداد سلول زنده طی دوره نگهداری اشاره داشتند [۶۱ و ۶۲]. کاهش در تعداد باکتری‌ها را می‌توان به اثر آنتاگونیستی بین باکتری‌ها که باعث تولید ترکیبات ضد میکروبی مانند باکتریوسین‌ها طی زمان نگهداری می‌شوند نیز مربوط دانست [۶۳].

### ۳-۳- ارزیابی حسی

از ویژگی‌های مهم در یک ماده غذایی جهت پذیرش و مقبولیت از طرف مصرف‌کننده، ویژگی‌های حسی آن می‌باشد. ارزیابی حسی نمونه‌ها ۳۰ روز بعد از تولید انجام گرفت. در این آزمون رنگ سطح خارجی، رنگ سطح داخلی، وضعیت ظاهری سطح خارجی، وضعیت ظاهری سطح داخلی، بافت، عطر و طعم و در نهایت پذیرش کلی نمونه‌های تولید شده، ارزیابی شدند (شکل ۱).

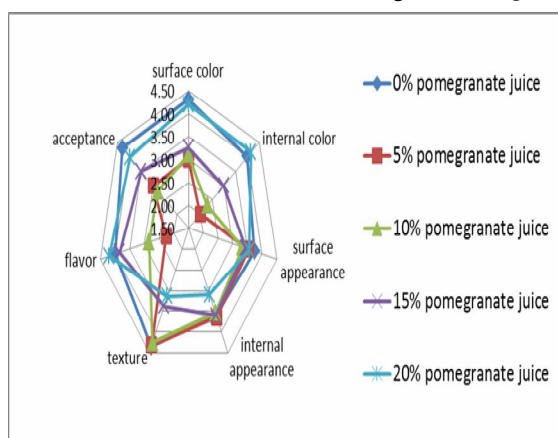


Fig 1 Sensory evaluation of various cheese samples after 30 days of production.

زمان ابتدا سبب افزایش و سپس کاهش معنی‌دار سختی، پیوستگی، حالت صمغی در پنیر گردید. گاما (۱۹۹۰) با بررسی تغییرات بافت در دو نوع پنیر سنتی دومیاتی<sup>۲۵</sup> و پنیر فرایالایش طی دوره نگهداری نشان داد که شاخص‌های بافتی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابند. افزایش آنها را طی هفته‌های اول نگهداری به کاهش رطوبت و pH نسبت داده است که به ایجاد بافت سفت و متراکم‌تر در پنیر منتهی می‌شود، اما تغییرات ایجاد شده در انتهای دوره نگهداری را به تغییرات ماتریکس پروتئین و گسترش پروتئولیز نسبت داد که منجر به نرم‌تر شدن بافت و کاهش پیوستگی و حالت صمغی می‌شود [۵۵]. بیگمی و همکاران (۱۳۹۲) نیز نتایج مشابه با نتایج این پژوهش در پنیر فرایالایش تهیه شده با مایه پنیر قارچی به دست آوردند. آنها ویژگی‌های بافتی را بررسی کردند و دریافتند که سختی و پیوستگی تا روز ۴۰ نگهداری افزایش و سپس روند کاهشی را نشان داد. دوره رسیدن سبب کاهش حالت آدامسی پنیر می‌شود [۵۶]. آورد و همکاران (۲۰۰۶) بافت پنیر چدار را در طول نگهداری بررسی کردند و دریافتند که حالت آدامسی کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد زمان تاثیر معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بر حالت فنی پنیر ندارد، با این وجود یک روند کاهشی در حالت فنی دیده شد. به طوری که میزان آن از ۳/۶ به ۳/۱ رسید. نتایج سین ادی و همکاران (۲۰۱۰) بر روی پنیر ازین<sup>۲۶</sup> نیز تاییدی بر این مطلب است که چسبندگی پنیر در طی نگهداری افزایش می‌یابد [۵۷].

پارامتر رنگی  $L^*$  و  $b^*$  در طول نگهداری افزایش و پارامتر  $a^*$  کاهش یافت. کاهش شاخص  $a^*$  در آب میوه‌ها از جمله؛ آب انگور، آب پرتقال قرمز و آب انار ناشی از حذف آنتوسیانین که مسوول ایجاد رنگ قرمز است، می‌باشد. در طی نگهداری پنیر تخریب رنگدانه در اثر عوامل مختلف نظیر پلیمره شدن با سایر ترکیبات نظیر پروتئین‌ها و یا با سایر رنگدانه‌ها و همچنین در اثر اکسید شدن غیر مستقیم کوئینون‌های فنولی<sup>۲۷</sup> که توسط پلی‌فنول‌اکسیداز و پراکسیداز تولید می‌شوند، صورت می‌گیرد و کاهش قرمزی و کاهش شاخص  $a^*$  را به دنبال دارد [۵۸]. نتایج با یافته‌های سیبش و همکاران (۲۰۱۲)، کراسالان و همکاران (۲۰۱۱) و کوشش و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت داشت [۵۹ و ۳۵ و ۴۶]. با تخریب آنتوسیانین‌ها و کاهش رنگ قرمزی،

25. Domiati  
26. Ezine  
27. phenolic quinones

تیول‌ها و تیواسترها بیشترین تاثیر را بر عطر و طعم دارند (۶۴). در اینجا علاوه بر طعم خود پنیر، مصرف‌کننده انتظار دارد که طعم و مزه انار را نیز احساس کند. بر اساس نظر ارزیاب‌ها نمونه‌های ۱۵ و ۲۰٪ دارای بیشترین امتیاز بودند. نکته قابل توجه این است که حتی امتیاز آنها از پنیر کنترل هم بالاتر بود که این مسئله نشان می‌دهد که عطر و طعم پنیر حاوی آب انار می‌تواند از پنیر فتای بدون آب پنیر خوشمزه‌تر و دارای مقبولیت بیشتر بود.

#### ۴- نتیجه‌گیری کلی

با بالا رفتن سطح دانش و آگاهی جامعه نسبت به مصرف غذاهایی که مستقیماً در سلامت افراد تاثیرگذار هستند، محققان را بر آن داشت تا در جهت تولید یک فرآورده لبنی فراسودمند حاوی آب انار گام بردارند. تولید پنیر میوه‌ای حاوی آب انار تنها از طریق تولید پنیر به روش بدون آب‌گیری امکان‌پذیر بود. آب انار سبب افزایش فنول کل، آنتوسیانین و اثر بازدارندگی DPPH پنیر در همه تیمارها نسبت به نمونه کنترل شد. در طول نگهداری محتوای فنول کل، آنتوسیانین و اثر بازدارندگی DPPH پنیر در همه تیمارها کاهش یافت. افزایش آب انار و زمان نگهداری هر دو موجب افزایش میکروبی‌های آلوده‌کننده و کاهش جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها و لاکتوکوکسی‌های آغازگر شدند. نمونه حاوی ۲۰٪ آب انار بالاترین امتیاز در پذیرش کلی را به دست آورد. افزودن آب انار در مقادیر بالای ۱۵٪ تا حدودی موجب افت کیفیت بافت پنیر شد گرچه نتایج ارزیابی حسی نشان داد که ارزیاب‌ها از این افت بافت چشم پوشی کردند ولی در تولید صنعتی بهتر است که با استفاده از بافت‌دهنده‌ها و پایدارکننده‌ها این مشکل برطرف شود. در مورد مدت نگهداری این فرآورده نیاز به تحقیق و بررسی بیشتری است تا بتوان زمان تقریبی برای تخریب رنگ و از بین رفتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی پنیر تولیدی را به دست آورد. به تولیدکنندگان پنیر توصیه می‌شود، تولید پنیر میوه‌ای را در دستور کار خود قرار دهند. پنیر حاوی آب انار دارای عطر و طعم جدیدی است که خوردن آن به افرادی که پنیر دوست ندارند توصیه می‌گردد، بافت پنیر حاوی آب انار صورتی رنگ است و عامل مناسبی برای تشویق کودکان به خوردن پنیر است.

در بین نمونه‌های دارای آب انار، نمونه حاوی ۲۰٪ آب انار دارای بالاترین امتیاز در پذیرش کلی، رنگ سطح پنیر، رنگ داخلی و وضعیت ظاهری سطح و طعم بود و تنها از نظر وضعیت ظاهری داخلی و بافت امتیاز کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارا بود. همان‌طور که در نتایج آنالیز بافت هم مشاهده شد این مسئله می‌تواند ناشی از کاهش جزئی در محتوای پروتئین و افزایش رطوبت و در پی آن کاهش سختی، پیوستگی و افزایش چسبندگی پنیر باشد. از آنجایی که مصرف‌کننده انتظار دارد رنگ پنیر حاوی آب انار متمایل به رنگ آب انار باشد، بنابراین هر چه شدت رنگ صورتی بیشتر باشد، امتیاز رنگ سطح بالاتر است. تنها نمونه‌های ۱۵٪ و ۲۰٪ بعد از گذشت ۳۰ روز رنگ را در داخل و سطح حفظ کردند. همواره در همه نمونه‌ها رنگ بافت داخلی کم رنگ‌تر از رنگ سطحی پنیر بود. امتیازهای پایین‌تر رنگ داخلی نسبت به رنگ سطحی تاییدی بر این نکته است. نمونه ۲۰٪ رنگ صورتی مطلوب‌تری نسبت به ۱۵٪ داشت. سطح ظاهری نمونه‌ها از نظر داشتن خلل و فرج، صاف و یک دست بودن و عدم شکاف بررسی شدند. تقریباً امتیاز نمونه‌ها نزدیک به هم بود که نشان می‌دهد تفاوت خیلی اندک است، نمونه ۲۰٪ نسبت به سایرین امتیاز بالاتری دارد. سطح داخلی نمونه‌ها بعد از برش دادن از نظر داشتن خلل و فرج، صاف و یک دست بودن و عدم شکاف بررسی شدند. تقریباً امتیاز همه نمونه‌ها به جزء ۲۰٪ نزدیک به هم و بالا بود که این مسئله نشان می‌دهد وضعیت ظاهری داخلی در نمونه ۲۰٪ افت داشته است. امتیاز بافت نمونه‌ها نشان می‌دهد که هر چه آب انار بیشتر شده امتیاز بافت کمتر می‌شود، طوری که نمونه‌های دارای ۵ و ۱۰٪ آب انار از نظر ارزیاب‌ها بیشترین مقبولیت را داشته و نمونه ۲۰٪ آب انار دارای کمترین مقبولیت بود. یافته‌های آنالیز دستگاهی بافت که قبلاً بحث شد نیز افت بافت پنیر در نمونه ۲۰٪ را تایید می‌کند. البته این افت بافت نسبت به سایر نمونه‌ها و پنیر کنترل است. عطر و طعم پنیر تحت تاثیر اجزاء فرمولاسیون به ویژه شیر مصرفی و واکنش‌های بیوشیمیایی پیچیده در طول نگهداری است که به وسیله آنزیم‌های موجود در شیر، مایه پنیر و میکروارگانیسم‌های طبیعی و استارترها صورت می‌گیرد. پروتئولیز، لیپولیز و گلیکولیز واکنش‌های عمده‌ای هستند که طی نگهداری رخ می‌دهند. پروتئولیز، از طریق آزاد کردن پپتیدها و اسیدهای آمینه آزاد که ترکیبات عطر و طعم‌داری هستند مانند آمین‌ها، اسیدها،

## ۵- منابع

- [11] Lashkari, H., Varidi, M. J., Eskandari, M. H., & Varidi, M. 2018. Optimization of whey less Feta cheese production by using mixture design. *Journal of Food Science and Technology*, 15, pp: 283-298.
- [12] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Cheese and processed cheese- determination of total solids content (Reference method) Testmethod. ISIRI no: 1753. 1st. revision. Karaj: ISIRI;2002 [in Persian].
- [13] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Cheese and processed cheese-determination of total Fat content (Reference method) Testmethod. ISIRI no:760. 1st revision, 2th Edition. Karaj: ISIRI;1970 [in Persian].
- [14] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Milk and milk products-determination of titrable acidity and value pH-Test method. ISIRI no:2852. 1st.Edition, Karaj: ISIRI; 2006 [in Persian].
- [15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Determination of the protein content of processed cheese. ISIRI no: 1811. 2th Edition. Karaj: ISIRI; 1998 [in Persian].
- [16] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Determination of the ash content of processed cheese. ISIRI no: 1755. 1st. Edition, Karaj: ISIRI;1977 [in Persian].
- [17] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Determination of chloride content of cheese method Testmethod. ISIRI no:1809. 1rd revision, Karaj: ISIRI; 1974 [in Persian].
- [18] Jimenez-Guzman, J., Flores-Najera, A., Cruz-Guerrero, A. E., & Garcia-Garibay, M. 2009. Use of an exopolysaccharide-producing strain of *Streptococcus thermophilus* in the manufacture of Mexican Panela cheese. *LWT - Food Science and Technology*, 42, PP: 1508-1512.
- [19] Farahnaki, A., Safari, Z., Ahmadi Gorji, F. & Mesbahi, Gh., R. 2011. Use of gelatin as fat replacer in low-fat cream production. *Journal of Food Science and Technology*, 8(31), PP: 45-52.
- [20] Nunez, M., Aser, G., Rodriguez-Martin, C., Medina, A., and M. P. Gaya. 1986. The effect of ripening and cooking temperatures on proteolysis in manchego cheese. *Food Chemistry*, 21: 115-123.
- [21] Bligh, E. G., and Dyer, W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry*, 37(8): 911-917.
- [22] Kirk, R. S. and Sawyer, R. 1991. *Pearson's Composition and Analysis of Foods*. 9<sup>th</sup>
- [1] FAO Statistical Yearbook, Asia and the Pacific Food and Agriculture. 2014. Cheese production. p: 86.
- [2] Turgeon, S. L., & Rioux, L. 2011. Food matrix impact on macronutrients nutritional properties. *Food Hydrocolloids*, 25: 1915-1924.
- [3] Salmaniyan, sh., Hossieni, H., & Sadeghi Mahonak, A. 2011. Application of phenolic compounds in the production of pragmatic dairy products. First food safety seminar. Islamic Azad University of Sobodkou.
- [4] Zarban, A., Malekane, M., & Boghrati, M. R. 2007. Antioxidant properties of pomegranate juice and its ability to neutralization of free radicals. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*, 14(3): 19-27.
- [5] Han, J., Michel, B, St-Gelais, D, Champagne, C. P., Fustier, P. Salmieri, S. & Lacroix, M. 2011. Polyphenolic compounds as functional ingredients in cheese. *Food Chemistry*, 124: 1589-1594.
- [6] Gholam Hossein Pour, A., Mazaheri Tehrani, M., Razavi, M. A., & Rashidi, H. 2014. Study and optimization of chemical and sensory characteristics of different formulations Feta cheese analog by response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology Research*, 10(2): 107-121.
- [7] Mistry, V. V., and Pulgar, J. B., 1996. Use of high milk protein powder in the manufacture of Gouda cheese. *International Dairy Journal*. 6(2): 205-215.
- [8] Rashidi, H., Mazaheri Tehrani, M., Razavi, M. A., & Ghodse Rohani, M. 2011. The effect of reducing the percentage of fat and calcium chloride on sensory and textural properties of Feta cheese from milk ultrafiltration retentate powder. *Journal of Food Science and Technology Research*, 7(3). PP: 218-226.
- [9] Joyandeh, M. 2008. Effect of Whey Protein Concentrate on Cheese Function and Recycling of Protein and Fat of Feta Cheese. Eighteenth congress of food technology, Mashad.
- [10] Nazari, M, & Hesari, J. 2013. Evaluating the sensory properties of produced whey less cheese, as an alternative UFcheese. Second National Conference on Food Science and Technology. Islamic Azad University, Quchan unit.

- in Food Science & Technology, 22: 377-385.
- [35] Basiri, S. 2013. Effect of methanolic extract of pomegranate peptide on inhibition of polyphenol oxidase enzyme and qualitative changes in shrimp stored near ice. PhD Thesis, Shiraz University.
- [36] Hesari, J., Ehsani, R.M., Khosroshahi, A. and Mcseweeny, P.L. 2006. Contribution of rennet and starter to proteolysis in Iranian UF white cheese, 86:291-302.
- [37] Zare Jamshidi, N., & Hesari, J. 2013. Effect of exopolysaccharide producing starter on proteolysis and lipolysis of ultrafiltration white cheese. Journal of Food Industry Research, 23(2): 249-257.
- [38] Shuting, Z. 2015. Casein-phenolic interactions in food. MSc Thesis, McGill University.
- [39] Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M.d.L., Páez-Hernández, M.E., Rodríguez, J.A., Galán-Vidal, C.A., 2009. Chemical studies of anthocyanins: A review. Food Chemistry, 113(4): 859-871.
- [40] Gil MI, Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M. and Kader, A. A. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(10):4581-9.
- [41] Corsson, J.D., Travaglia, F., Piana, G., Capasso, M., and Arlorio, M. 2005. Euterpe oleracea juice as a functional pigment for yogurt. Food Research International, 38: 893-897.
- [42] Lashkari, H., Khosrowshahi asl, A., Madadlou, A. and Alizadeh, M. ۲۰۱۴. Chemical composition and rheology of low-fat Iranian white cheese incorporated with guar gum and gum arabic as fat replacers. Journal of Food Science and Technology, 51: 2584-2591.
- [43] Zisu, B. and Shah, N. P. 2005. Textural and functional changes in low-fat Mozzarella cheese in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers, pre-acidification and EPS starter. International Dairy Journal, 15: 957-972.
- [44] Ghodse Rohani, M., Mortazavi, A., Mazaheri Tehrani, M., & Razavi, M. A. 2012. Study of the impact of processing conditions on the properties of tissue Feta cheese produced from cow's milk and soy milk. Journal of Food Science and Technology Research, 36(9), PP: 65-76.
- [45] Garcia-Viguera, C., Preze-Vicente, A., and Marti, N., 2001. Influence of storage Edition, Longman Scientific and Technical, London.
- [23] Shahbaz, H. M., Jae-Jun, A., Akram, K., Hyo-Young, K., Eun-Joo, P., and Joong-Ho, K. 2014. Chemical and sensory quality of fresh pomegranate fruits exposed to gamma radiation as quarantine treatment. Food Chemistry, 145: 312-318.
- [24] Cam, M., Hisil, Y., & Durmaz, G. 2009. Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. Food Chemistry, 112: 721-726.
- [25] Roussos, P. A. 2011. Phytochemicals and antioxidant capacity of orange (citrus sinensis (L.) Osbeck cv. Salustiana) juice produced under organic and integrated farming system in Greece. Scientia Horticulturae, 129: 253-258.
- [26] Gunasekaran, S. and Mehmet, AkM. 2003. Cheese rheology and texture. 2<sup>nd</sup> ed. CRC Press.
- [27] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. no: 8248, Counting of microorganisms by total counting at 30 °C. Karaj: ISIRI;1384 [in Persian].
- [28] Hashemi, M., Tabatabaei yazdi, F., Yavarmanesh, M, Milani, A., & Pasban, A. 2013. Effect of rennet type, container and ripening time on microbial and physico-chemical properties of local kurkish cheese. Iranian Journal of FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY, 9(37), 135-147.
- [29] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Sensory evaluation of cheese. No: 4938. ISIRI : 1998.
- [30] Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A. and van boekel, M. A. J. S. 1999. Dairy technology, principles of milk properties and processes. Markel Dekker.
- [31] Poyrazog˘ lu, E., Gokmenw, V., and Artik, N. 2002. Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (Punica granatum L.) grown in Turkey. Journal of Food Composition & Analysis, 15: 567-575.
- [32] Salwa, A. A., Galal, E. A., and Elewa, N.A. 2004. Carrot yoghurt sensory, chemical, microbiological properties and consumer acceptance. Pakistan Journal of Nutrition, 3: 322-330.
- [33] Koshesh, S. 2015. Physicochemical properties of fruit yogurt containing pomegranate juice during storage. Master's degree Thesis, Shiraz University.
- [34] Espirito-Santo, A., Perego, P., Converti, A., and Oliveira, M. N. 2011. Review on Influence of food matrices on probiotic viability focusing on the fruity bases. Trends

- [55] Gomaa, E. A. 1990. Ultrafiltration in soft white (Domiaty) cheese manufacture. PhD thesis, Michigan State University, East Lansing, MI.
- [56] Beigomi, M., Ghods Rohani, M., Mohammadifar, MA, Hashemi, M., Valizadeh, M., & Ghanati, k. 2013. Comparison of textural and sensory characteristics of ultrafiltered white cheese produced by paneer bad (*Withania coagulans*) protease and fungal rennet. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 1: 253-262.
- [57] Seckin Aday, M., Cancer, C., & Yuceer, Y., K. 2010. Instrumental and sensory Measurement of Ezine cheese texture. *Akademik Gida*, 8(3): 6-10.
- [58] khajei, F. 2012. Concentration of pomegranate juice with different methods and investigation of the effect of these methods on physicochemical properties of concentrate. Master's degree Thesis, Shiraz University.
- [59] Scibisz, I., Ziarno, M., Mitek, M., and Zareba, D. 2012. Effect of probiotic cultures on the stability of anthocyanins in blueberry yoghurts. *LWT- Food Science and Technology*, 49, 208-212
- [60] M, R, Edalatian M, B, Habibi Najafi., and A, Koocheki 2014 Evaluation of chemical and microbial properties of Iranian white cheese using kefir, yogurt and commercial cheese culture as a starter. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 27-37.
- [61] Daneshi, M., Ehsani, M. R., Razavi, S. H., Labbafi, M., and Sheykh Rezaee, M. 2012. Effect of cold storage on viability of probiotic bacteria in carrot fortified milk. *Journal of Nutrition & Food Science*, 2: 1-4.
- [62] Kailasapathy, K., Harmstorf, I., and Phillips, M. 2008. Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* in stirred fruit yogurts. *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1317-1322.
- [63] Ganesh, S. 2006. A novel yogurt product whit *Lactobacillus acidophilus*. MSc Thesis, Louisiana State University. United States.
- [64] Prieto B, Franco I, Fresno JM, Prieto JG, Bernardo A, and Carballo J. 2004. Effect of ripening time and type of rennet (farmhouse rennet from kid or commercial calf) on proteolysis during the ripening of León cow milk cheese. *Food Chemistry*, 85(3):389-98.
- temperature and ascorbic acid addition on pomegranate juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 217-221.
- [46] Karaaslan, M., Ozden, M., Vardin, H., & Turkoglu, H. 2011. Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 1065-1072.
- [47] Farahmand, M. 2014. Study of physicochemical properties of pomegranate juice and industrial concentrates during different stages of production process and during storage time. Master's degree Thesis, Shiraz University.
- [48] Trigueros, L., Viuda-Martos, M., Perez-Alvarez, J., A. and Sendra, E. 2012. Low fat yoghurt rich in pomegranate juice. *Milchwissenschaft*, 67: 177-180.
- 49) Ranadheera, S Evans, C., Adams, C. A., and Bines, S. K. 2012. Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk. *Food Chemistry*, 135: 1411-1418.
- [50] Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M. and McSweeney, P. L. H. 2000. *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen. USA, 638.
- [51] Wang, Y., Lau, M., Tang, J., and Mao, R. 2004. Kinetics of chemical marker M-1 formation in whey protein gels for developing sterilization processes based on dielectric heating. *Journal of Food Engineering*, 64(1):111-118.
- [52] Nayra Shaker M., Zakaria, M., Rezk, H., Hala, M. Faker El-Din, Abd-Elaziz, A., Ryszard, A., Tamer, M. 2014. Effect of Interaction Phenolic Compounds with Milk Proteins on Cell Line. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 2130-2146.
- [53] Farbod, F., Kalbasi, A. Moini, S., Emam-Djomeh, Z. Razavi, H., Mortazavi, A. and Behesht, H. R. 2013. The Effects of Storage Time on Physiochemical, Rheological, Micro-Structural and Sensory Properties of Feta Cheese Fortified with Fish and Olive Oils. *Journal of Nutrition & Food Sciences*. 3(5):1000230.
- [54] Eskandari, M. H., Frahnaki, A., & Razeghi, A. 2013. The production of an analogue cheese containing olive oil and study of its nutritional and chemical characteristics. The 21st National Congress of Food and Science of Iran. Shiraz.

## The effect of adding pomegranate juice on physicochemical, microbial and sensory properties of whey less Feta cheese

Lashkari, H.<sup>1</sup>, Varidi, M. J.<sup>2\*</sup>, Eskandari, M. H.<sup>3</sup>, Varidi, M.<sup>4</sup>

1. Ph. D. student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture. Ferdowsi University Of Mashhad.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture. Ferdowsi University Of Mashhad.
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shiraz University.
4. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture. Ferdowsi University Of Mashhad.

(Received: 2017/10/27 Accepted:2018/01/16)

Whey less Feta cheese was prepared using cream, milk protein concentrate, whey protein concentrate and fresh milk. The effects of various levels of pomegranate juice and storage time on its physicochemical and microbial properties were investigated. Samples were produced at five levels of pomegranate juice and analyzed at intervals of 15 days for two months. Data analysed with SPSS software and means were compared with duncan multiple range test. The results showed that pomegranate juice had very significant impact ( $P < 0.0001$ ) on physicochemical and microbial properties of cheese and storage time had significant impact ( $P < 0.05$ ) on all properties except for ash and springiness. Pomegranate juice reduced the textural indexes of hardness, cohesiveness, gumminess, chewiness, springiness and increased the adhesiveness index. During the storage time, hardness, cohesiveness and gumminess of cheese at first increased then decreased and chewiness and adhesiveness properties of the cheese respectively decreased and increased. The colorimetric test illustrated that pomegranate juice increased ( $a^*$ ) index and decreased ( $L^*$ ) and ( $b^*$ ) indexes. In other words, red pomegranate juice can increase redness and reduce brightness and yellowness of cheese. During of storage, the indexes ( $L^*$ ) and ( $b^*$ ) increased and ( $a^*$ ) reduced. In other words, redness of cheese was decreased and brightness and yellowness of it were increased. Samples were subjected to sensory evaluation and the sample containing 20% of pomegranate juice with the highest score in acceptance was selected as the best sample.

**Keywords:** Feta cheese, Physicochemical properties, Pomegranate juice, Milk protein, Whey protein

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: mjvaridi@um.ac.ir