JRIFST
مقالۀ کامل پژوهشی

www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۴۰۰، جلد ۱۰، شماره ۲، صفحات ۱۴۰-۱۲۷
DOI: 10.22101/JRIFST.2020.218931.1159

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پنیر سفید فراپالایش غنی‌شده با عصارۀ جوانۀ گندم ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن پاششی و انجمادی

فهیمه جمعدار[۱]، سیدعلی مرتضوی[۲*]، محمدرضا سعیدی‌اصل[۳]، اکرم شریفی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
* نویسندۀ مسئول (morteza1937@yahoo.com)
۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
۴- استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۳۰
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۹
تاریخ انتشار برخط: ۱۳۹۹/۰۸/۱۲

واژه‌های کلیدی
پنیر سفید فراپالایش
جوانۀ گندم
خشک‌کن انجمادی
خشک‌کن پاششی
فعالیت آنتی‌اکسیدانی

چکیده

در این پژوهش عصارۀ جوانۀ گندم در غلظت‌های (۲/۵، ۱۰ و ۲۰ درصد) و پودر حاصل از عصارۀ جوانۀ گندم ریزپوشانی‌شده با روش خشک‌کن پاششی و انجمادی در سه غلظت (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد) به پنیر سفید فراپالایش افزوده شد و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن طی ۳۰ روز دورۀ نگهداری موردارزیابی قرار گرفت. میزان رطوبت، اسیدیته، پروتئین کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تمامی نمونه‌ها، طی زمان نگهداری، کاهش نشان داد و میزان pH افزایش یافت. نتایج نشان داد، استفاده از خشک‌کن انجمادی، روش مناسب‌تری برای حفظ ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی در عصارۀ جوانۀ گندم است و همچنین افزایش غلظت عصارۀ جوانۀ گندم و پودر حاصل از عصارۀ جوانۀ گندم ریزپوشانی‌شده با هر دو روش خشک‌کردن پاششی و انجمادی، باعث افزایش در فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنیر نسبت به نمونۀ شاهد می‌گردد، بنابراین می‌توان از پودر عصارۀ جوانۀ گندم ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن انجمادی به‌عنوان یک مادۀ فراسودمند در پنیر سفید فراپالایش بهره جست.

مقدمه

پنیر نوعی محصول لبنی است که از فرایند لخته‌شدن شیر به‌دست می‌آید و پروتئین‌های محلول که به پروتئین‌های آب‌پنیر معروف می‌باشند، از آن خارج شده و پروتئین‌های نامحلول در لخته به‌صورت تغلیظ‌شده باقی می‌مانند (Fox, 1993). در تولید پنیر سفید فراپالایش، شیر با استفاده از چندین مرحله فیلتراسیون به مادۀ خشک موردنظر تغلیظ می‌شود و پس از آن، افزودن کشت آغازگر و آنزیم‌زنی صورت می‌پذیرد. بدین‌ترتیب، در پروسۀ تولید پنیر به شیوۀ فراپالایش، مرحله‌ای با عنوان برش‌زنی و جداسازی آب‌پنیر از لخته که طی آن حجم قابل‌توجهی از مواد مغذی شیر به آب‌پنیر راه می‌یابند، وجود نخواهد داشت. در تولید پنیر به شیوۀ فراپالایش به‌دلیل حفظ پروتئین‌های آب‌پنیر در لخته و عدم خروج آنها به آب‌پنیر در مرحلۀ برش‌زنی، علاوه‌بر افزایش ارزش غذایی محصول نهایی، راندمان تولید نیز افزایش نشان می‌دهد (Hannon *et al.*, 2006). تحقیق‌ها درمورد شناسایی فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان مختلف، به‌دلیل کاهش رادیکال‌های آزاد آسیب‌رسان به سلول‌های بیولوژیک بدن و جهت جلوگیری از بروز بسیاری از بیماری‌ها در انسان، در سطح

جهان رو به گسترش می‌باشد (Ou, Huang, Hampsch-Woodill, Flanagan, & Deemer, 2002). جوانهٔ گندم، محصول جانبی طی عملیات آسیاب‌کردن گندم است که به‌دلیل داشتن ارزش تغذیه‌ای منحصربه‌فرد، می‌تواند به‌عنوان یک محصول فراسودمند ارزان‌قیمت در بسیاری از مواد غذایی انسانی به‌جای به‌کارگیری در مصارف غیرانسانی و خوراک دام، مورداستفاده قرار گیرد (Zhu & Zhou, 2005).

مطالعه‌های اندکی درمورد آنتی‌اکسیدان‌های جوانهٔ گندم وجود دارد به‌علاوه راجع به ترکیبات فنولی در جوانهٔ گندم برحسب محتوی و سهم آنها از فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل جوانهٔ گندم کمتر بحث شده است. ترکیبات فنولی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی اصلی هستند و محتوای آنها به‌طور مستقیم متناسب با فعالیت آنتی‌اکسیدانی است (Gupta, Mann, Kumar, & Sangwan, 2009). در تحقیقی که هاشمی‌گهرویی، غیاثی، اسکندری و مجذوبی (۱۳۹۵) انجام دادند، مشخص گردید که فرایند حرارتی میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی جوانهٔ گندم را به‌عنوان یک مکمل غذایی فراسودمند کاهش داد، درحالی‌که فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. Nahla و Makarim (۲۰۱۸) نشان دادند که افزودن جوانهٔ گندم به پنیر نرم باعث افزایش ترکیبات فنولی در پنیر می‌گردد.

هدف از این مطالعه، تأثیر غلظت‌های مختلف عصارهٔ جوانهٔ گندم و پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن پاششی و انجمادی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر سفید فراپالایش طی ۳۰ روز دورهٔ نگهداری بود.

مواد و روش‌ها

جوانهٔ گندم از کارخانهٔ تولید آرد زرین‌خوشه در ایران خریداری شد. کنسانترهٔ پروتئین آب‌پنیر با ۸۰ درصد پروتئین و مالتودکسترین با درجهٔ هیدرولیز ۸/۵-۴/۵ از شرکت سیگما آلدریچ آلمان تهیه گردید. تمامی محلول‌های موردنیاز نیز از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

تهیهٔ عصارهٔ جوانهٔ گندم

۵۰ گرم جوانهٔ گندم با یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری ترکیبات موجود در عصارهٔ جوانهٔ گندم که در جدول (۱) ارائه شده است، با ۴۵۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر مخلوط گشت. سپس عمل حرارت‌دهی روی بن‌ماری (مدل WNB22-MEMMERT، ساخت آلمان) در دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه اعمال شد و با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ (یخچال‌دار، مدل Z36HK-HERML، ساخت آلمان) شد. محلول شناور در ظروف تیره جمع‌آوری و تا زمان انجام آزمایش‌ها و عمل ریزپوشانی در یخچال (مدل RR30&RZ30-SAMAUNG، ساخت کره‌جنوبی) در دمای ۱۸- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد (Mohamed, Seleet, Bayoumi, & Fathy, 2015).

ریزپوشانی عصارهٔ جوانهٔ گندم

ریزپوشانی عصارهٔ جوانهٔ گندم با خشک‌کن پاششی

باتوجه‌به نتایج پژوهش‌های پیشین، جهت آماده‌سازی دیواره از محلول‌های مالتودکسترین و کنسانترهٔ پروتئین آب‌پنیر در غلظت‌های ۲۰ درصد استفاده شد، سپس روی همزن مغناطیسی (L.T.108، V. 220، HZ.50، ساخت ایران) با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. برای تهیهٔ امولسیون پایدار و باتوجه‌به پیش‌تیمارها، مقدار مساوی مالتودکسترین و کنسانترهٔ پروتئین آب‌پنیر با نسبت‌های وزنی/وزنی ۱:۳، ۲:۲ و ۳:۱ برای رسیدن به حجم مواد جامد کل ۴۰ درصد وزنی/وزنی مخلوط شدند، عصارهٔ جوانهٔ گندم برای ایجاد هستهٔ مطلوب (نسبت هسته به دیواره ۱:۸) افزوده شد و روی همزن مغناطیسی با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه جهت مخلوط‌شدن قرار گرفت. نمونه‌ها به خشک‌کن پاششی (Buchi Laboratoriums-Technik، model,B 290، ساخت سوئیس) با دمای ورودی ۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد و دمای خروجی ۸۵ درجهٔ سانتی‌گراد و سرعت جریان هوا ۳۵ مترمکعب در ساعت انتقال یافت. نمونه‌های خشک‌شده در ظروف شیشه‌ای تیره جمع‌آوری و در یخچال نگهداری شد (Tan, Kha, Parks, Stathopoulos, & Roach, 2015).

جدول ۱- نوع و میزان ترکیبات موجود در عصارهٔ جوانهٔ گندم

رطوبت (درصد)	مادهٔ خشک (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	خاکستر (درصد)	فیبر (درصد)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)
۹۵/۸۳۰	۴/۱۷۰	۱/۷۰۲	۲/۵۲۱	۰/۱۲۹	۰	۱۴/۶۳۳

ریزپوشانی عصارهٔ جوانهٔ گندم با خشک‌کن انجمادی

محلول‌های مالتودکسترین و کنسانترهٔ پروتئین آب‌پنیر در غلظت ۲۰ درصد جهت آماده‌سازی دیواره تهیه شد و در بن‌ماری با دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد و روی همزن مغناطیسی با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. مالتودکسترین و کنسانترهٔ پروتئین آب‌پنیر با نسبت‌های وزنی/وزنی ۱:۳، ۲:۲ و ۳:۱ برای رسیدن به حجم مواد جامد کل ۴۰ درصد وزنی/وزنی جهت تشکیل امولسیون پایدار مخلوط شدند. عصارهٔ جوانهٔ گندم برای ایجاد هستهٔ مطلوب اضافه شد و جهت مخلوط‌شدن روی همزن مغناطیسی با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. نمونه‌ها به یخچال با دمای ۷۰- درجهٔ سانتی‌گراد انتقال یافت. سپس در خشک‌کن انجمادی (Operon FDB-5503، ساخت کره‌جنوبی) در دمای ۵۵- درجهٔ سانتی‌گراد و فشار ۰/۱۵ میلی‌متر جیوه برای ۴۸ ساعت قرار گرفت. پودر حاصله در ظروف شیشه‌ای تیره و در دمای یخچال تا زمان انجام آزمون نگهداری شد (Ezhilarasi, Indrani, Jena, & Anandharamakrishnan, 2013; Yazicioglu, Sahin, & Sumnu, 2015).

تهیهٔ پنیر سفید فراپالایش

شیر با کیفیت مطلوب و استاندارد از لحاظ میکروبی و فیزیکوشیمیایی ابتدا از فیلتر فلزی در مسیر عبور کرده و بعد از خنک‌شدن در مبدل حرارتی تا ۶ درجهٔ سانتی‌گراد وارد مخزن شیر خام گردید. هنگام تولید، شیر از این مخزن ابتدا وارد مبدل حرارتی صفحه‌ای (مدل M line-TS6، شرکت Alfa Laval، ساخت سوئد) شده و پس از گرم‌شدن تا ۵۵ درجهٔ سانتی‌گراد به دستگاه باکتریفیوژ (ساخت روسیه) هدایت شد و بالغ بر ۹۹ درصد از باکتری‌ها گرفته شد. سپس در دمای ۷۲ درجهٔ سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ تا ۱۶ ثانیه پاستوریزه شد و سپس وارد تانک ذخیره شد. سپس شیر جهت تغلیظ، ابتدا در مبدل حرارتی صفحه‌ای تا ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد حرارت مقدماتی دیده و پس از آن وارد فیلترهای فراپالایش شد. با عبور از این سیستم شیر به دو بخش پرمیت (دارای ۵/۸ درصد مادهٔ خشک، ۲ درصد پروتئین، ۴/۹ درصد لاکتوز، ۵ درصد املاح و صفر درصد چربی) و ناتراوه (دارای ۳۷ درصد مادهٔ خشک، ۱۵/۶ درصد پروتئین، ۳/۴ درصد لاکتوز، ۱/۷۵ درصد املاح و ۱۶/۴ درصد چربی) تبدیل شد. پس از آن ناتراوهٔ حاصل با غلظت‌های مختلف از عصارهٔ جوانهٔ گندم در سه غلظت (۲/۵، ۱۰ و ۲۰ درصد به‌ترتیب دارای کد T_1، T_2 و T_3)، پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده به روش خشک‌کن پاششی با بهترین ضریب ریزپوشانی در سه غلظت (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد به‌ترتیب دارای کد T_4، T_5 و T_6) و پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده به روش خشک‌کن انجمادی با بهترین ضریب ریزپوشانی در سه غلظت (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد به‌ترتیب دارای کد T_7، T_8 و T_9) فرموله شد (Mohamed *et al.*, 2015). نمونه‌های آماده‌شده درنهایت هموژن گردید و پس از افزودن استارتر و رنت، نمک‌زنی شده و بسته‌بندی حرارتی شد و برای مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۸ تا ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد گرم‌خانه‌گذاری گردید و پس از رسیدن pH به محدودهٔ ۴/۸ به سردخانه با دمای ۵ تا ۷ درجهٔ سانتی‌گراد منتقل شد. پس از تهیهٔ نمونه‌های پنیر فراپالایش، در روزهای ۱، ۱۵ و ۳۰ به‌منظور انجام آزمایش‌های مربوطه از هر تیمار (جدول ۲)، سه بار، نمونه‌برداری شد.

جدول ۲- نمونه‌های مختلف پنیر سفید فراپالایش

نمونه	غلظت (درصد)	کد تیمار
شاهد	۰	T_0
عصارهٔ جوانهٔ گندم	۲/۵	T_1
	۱۰	T_2
	۲۰	T_3
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط اسپری درایر	۰/۲	T_4
	۰/۴	T_5
	۰/۶	T_6
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط فریز درایر	۰/۲	T_7
	۰/۴	T_8
	۰/۶	T_9

آزمایش‌های پنیر

رطوبت

تعیین درصد رطوبت پنیر طبق روش ذکرشده در استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۷۵۳ انجام شد (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، ۱۳۸۱).

اسیدیتهٔ کل

درصد اسیدیتهٔ کل برحسب اسید لاکتیک و براساس روش ذکرشده در استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۲۸۵۲ انجام شد (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، ۱۳۸۵).

اندازه‌گیری pH

تعیین pH، بعد از کالیبره‌کردن دستگاه pHمتر توسط بافرهای ۴ و ۷ براساس روش ذکرشده در استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۲۸۵۲ انجام شد (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، ۱۳۸۵).

نمک

تعیین نمک به روش ولهارد[1]، براساس روش ذکرشده در استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۸۰۹ انجام شد (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، ۱۳۵۶).

پروتئین کل

تعیین پروتئین به روش کلدال، براساس روش ذکرشده در استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱-۹۱۸۸ انجام شد. برای تعیین پروتئین مقدار ازت در فاکتور ۶/۳۸ ضرب شد (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، ۱۳۹۴).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

به‌منظور بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی از روش مهارکنندگی رادیکال آزاد ۲و۲دی‌فنیل۱-پیکریل هیدرازیل[2] (DPPH) به روش اسپکتروفتومتری استفاده شد. ۲ میلی‌لیتر DPPH ۱۰۰ میکرومولار محلول در متانول با ۲ میلی‌لیتر از نمونه مخلوط شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. سپس میزان جذب در ۵۲۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (T80، PG Instruments، ساخت انگلستان) خوانده شد. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رابطهٔ (۱) محاسبه گردید (Tan *et al.*, 2015; Zhu, Lian, Guo, Peng, & Zhou, 2011).

رابطهٔ (۱)

درصد رادیکال آزاد = (AD-AS/AS) ×۱۰۰

در رابطهٔ (۱)، AS درصد جذب شاهد و AD درصد جذب نمونه در ۵۲۰ نانومتر می‌باشد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

کلیهٔ آزمایش‌ها با سه تکرار انجام شد. جهت بررسی نتایج و اختلاف داده‌های به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ بهره گرفته شد. همچنین جهت تعیین وجود تفاوت معنی‌دار، میانگین داده‌ها، با روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد موردمقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی زمان نگهداری

نتایج جدول (۳) نشان داد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی در طی زمان نگهداری در تمامی نمونه‌ها کاهش معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) را نشان می‌دهد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونهٔ شاهد در طول دورهٔ نگهداری کمتر از سایر نمونه‌ها بود. در طول زمان نگهداری، تغییراتی روی پروتئین‌ها بخصوص کازئین‌های پنیر رخ می‌دهد که این امر منجربه‌تولید پپتیدهایی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌گردد. بنابراین می‌توان گفت خاصیت آنتی‌اکسیدانی در پنیر ناشی از روند پروتئولیز در آن می‌باشد (Gupta *et al.*, 2009). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی متناسب با پیشرفت پروتئولیز نیست. طبق تحقیق‌های انجام‌گرفته توسط Ryhänen، Pihlanto-Leppälä و Pahkala (۲۰۰۱) فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنیر تا میزان مشخصی وابسته به میزان پروتئولیز است و می‌تواند تحت‌تأثیر نوع استارتر کالچر و فعالیت پروتئولیتیکی آنزیم‌های به‌کاررفته نیز قرار گیرد. اگر پروتئولیز از حد مشخصی بیشتر شود پپتیدهایی که در محدودهٔ وزنی مشخص، فعالیت آنتی‌اکسیدانی داشتند این خاصیت را از دست می‌دهند (Songisepp *et al.*, 2004).

[1] Volhard
[2] 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

جدول ۳- مقایسهٔ مقادیر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های مختلف پنیر طی دورهٔ نگهداری (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	کد تیمار	غلظت (درصد)	روز ۱	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	T_0	۰	۱۱/۷۰±۰/۸۳^{Aj}	۹/۵۲±۰/۸۴^{Bj}	۷/۷۳±۰/۵۲^{Cj}
عصاره	T_1	۲/۵	۳۰/۶۵±۰/۴۱^{Ai}	۲۶/۲۲±۰/۳۴^{Bi}	۱۹/۸۷±۰/۸۲^{Ci}
	T_2	۱۰	۳۷/۶۹±۰/۵۶^{Ah}	۳۲/۲۹±۰/۴۱^{Bh}	۲۶/۵۰±۰/۵۴^{Ch}
	T_3	۲۰	۴۵/۸۲±۰/۳۷^{Ae}	۳۷/۷۹±۰/۵۷^{Bg}	۳۱/۹۶±۰/۳۹^{Cg}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط اسپری درایر	T_4	۰/۲	۴۱/۷۴±۰/۲۵^{Ag}	۳۹/۴۶±۰/۳۷^{Bf}	۳۶/۹۳±۰/۶۵^{Cf}
	T_5	۰/۴	۵۴/۳۸±۰/۳۴^{Ad}	۵۲/۶۷±۰/۴۵^{Bd}	۵۰/۶۳±۰/۵۶^{Cd}
	T_6	۰/۶	۶۵/۳۳±۰/۵۸^{Ab}	۶۲/۴۸±۰/۹۲^{Bb}	۵۹/۲۹±۱/۰۶^{Cb}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط فریز درایر	T_7	۰/۲	۴۴/۴۱±۰/۵۳^{Af}	۴۲/۵۳±۰/۶۵^{Be}	۳۹/۵۷±۰/۳۶^{Ce}
	T_8	۰/۴	۵۸/۰۱±۰/۸۵^{Ac}	۵۶/۳۴±۰/۷۲^{Bc}	۵۳/۷۱±۰/۵۷^{Cc}
	T_9	۰/۶	۶۹/۴۴±۰/۸۸^{Aa}	۶۷/۴۸±۰/۶۵^{Ba}	۶۴/۴۷±۰/۶۰^{Ca}

* حروف متفاوت بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف می‌باشد (تغییرات هر تیمار طی زمان‌های مختلف).
* حروف متفاوت کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون می‌باشد (مقایسهٔ تیمارهای مختلف در یک روز ثابت).

پپتیدهای با وزن مولکولی کم که محلول در آب بودند، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی را نشان دادند (Martín-del-Campo *et al.*, 2019). بنابراین ضمن اینکه می‌توان با اضافه کردن غلظت مشخص و کنترل‌شده‌ای از عصارهٔ جوانهٔ گندم و پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن پاششی و انجمادی، به تسریع رسیدن پنیر کمک کرد، باید پروتئولیز را به‌گونه‌ای از لحاظ شرایط دمایی و محیطی هدایت کرد که طعم نامناسب و تلخی در پنیر ایجاد نشود و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنیر در اثر پروتئولیز بیش‌ازحد کاهش پیدا نکند (Virtanen, Pihlanto, Akkanen, & Korhonen, 2007). Silva و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که وزن مولکولی پپتیدهای فعال زیستی در نوعی پنیر محلی در برزیل که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند حدود ۸۰۰ تا ۳۵۰۰ دالتون است. کاهش ترکیبات فنولی و به تبع آن کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی دورهٔ نگهداری به‌واسطهٔ افزایش برهم‌کنش ترکیبات فنولی و پروتئین‌ها می‌باشد. همچنین این کاهش می‌تواند مربوط به فرایند تخمیر یا رسیدن باشد (Lee, Jeewanthi, Park, & Paik, 2016).

Lee و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنیر چدار شاهد و پنیر چدار غنی‌شده با عصارهٔ گل بریتینیکا[1]، در طول دورهٔ رسیدن کاهش معنی‌داری را نشان داد. همچنین میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنیر چدار شاهد طی دورهٔ رسیدن کمتر از پنیر چدار غنی‌شده با غلظت‌های مختلف عصارهٔ گل بریتینیکا بود که با نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق مطابقت داشت.

نتایج جدول (۳) نشان داد، کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونهٔ شاهد و بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونهٔ T_9 می‌باشد. پنیر حاوی مقادیر کمی از ترکیبات فنولی است که به‌دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی کم این ترکیبات، اثر آن محدود می‌گردد (Han *et al.*, 2011). این محدودیت به‌دلیل برهم‌کنش ترکیبات فنلی و پروتئین‌ها با pH، نسبت مولی و خصوصیات مولکولی ترکیبات فنولی می‌باشد (Gad & El-Salam, 2010).

با افزایش غلظت پودرهای حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده با روش خشک‌کن پاششی و انجمادی و عصارهٔ جوانهٔ گندم در پنیر، درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی ($P\leq$۰/۰۵) افزایش یافت. جوانهٔ گندم به علت دارا بودن میزان زیادی از ترکیبات فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گردد (Mahmoud, Mohdaly, & Elneairy, 2015). بنابراین استفاده از مقادیر بالای این ترکیبات می‌تواند موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شود. فرایند ریزپوشانی باعث پایداری بیشتر ترکیبات زیست‌فعال و ترکیبات فنولی می‌شود (Çam, İçyer, & Erdoğan, 2014). فرایندهای حرارتی نیز می‌توانند تا حدودی باعث کاهش ترکیبات فنولی در جوانهٔ گندم گردند (Wang, Qian, & Yao, 2011). بنابراین روش خشک‌کردن انجمادی به‌دلیل اعمال حرارت‌های پایین

[1] Britannica

باعث حفظ بیشتر ترکیبات فنولی و درنتیجه افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود. تحقیق‌های Salem، Hamad و Ashoush (۲۰۱۶) نشان داد، افزودن جوانهٔ گندم به بستنی باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌گردد. Nahla و Makarim (۲۰۱۸) نشان دادند که افزایش غلظت جوانهٔ گندم در پنیر نرم موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌گردد.

تغییرات رطوبت در طی زمان نگهداری

نتایج جدول (۴) مشخص نمود، درصد رطوبت در طی زمان نگهداری در نمونهٔ شاهد، T_1، T_3، T_4، T_5، T_6، T_8 و T_9 تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهند و با گذشت زمان طی دورهٔ نگهداری درصد رطوبت کاهش می‌یابد. درصد رطوبت نمونهٔ T_2، تا روز ۱۵ افزایش و سپس تا روز ۳۰ام کاهش یافت ولی تغییر درصد رطوبت طی زمان نگهداری از لحاظ آماری در سطح ($P\geq$۰/۰۵) معنی‌دار نبود. در نمونهٔ T_1 و T_7، درصد رطوبت تا روز ۱۵ کاهش و سپس تا روز ۳۰ام افزایش می‌یابد و تغییر درصد رطوبت طی زمان نگهداری از لحاظ آماری در سطح ($P\geq$۰/۰۵) اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. کاهش رطوبت طی دورهٔ نگهداری، به‌طور عمده ناشی از دو عامل می‌باشد: خروج رطوبت از دلمه، درنتیجه پدیدهٔ انتشار و انتقال نمک به داخل دلمه که در ۱۵-۱۰ روز اول طی دورهٔ نگهداری انجام می‌شود (Mistry, 2001). با کاهش درصد رطوبت، درصد مادهٔ خشک افزایش می‌یابد، علت این افزایش می‌تواند ازیک‌طرف به جذب نمک و ازسوی‌دیگر خارج‌شدن آب‌پنیر جهت حفظ فشار اسمزی مربوط باشد. در پنیرهای با فعالیت پروتئازی شدید که نقش مهمی در آزادسازی اسیدهای آمینه، پپتیدها، گروه‌های آمینی و کربوکسیل دارند، منجربه‌افزایش قابلیت حل‌شدن پروتئین‌ها می‌گردد و درنهایت درصد مادهٔ خشک افزایش و درصد رطوبت کاهش می‌یابد (Bergamini, Hynes, & Zalazar, 2006). در بررسی انجام‌شده توسط Miočinović و همکاران (۲۰۱۱) دررابطه‌با افزایش مادهٔ خشک پنیر اولترافیلتراسیون کم‌چرب تولیدشده با جایگزین چربی اینولین در نگهداری نیز با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مطابقت داشت. یکی از عوامل تأثیرگذار در تغییرات میزان مادهٔ خشک و رطوبت پنیر، جذب آب توسط پروتئین‌ها می‌باشد. با افزایش گروه‌های قطبی در شبکهٔ پروتئینی، میزان جذب آب نیز افزایش خواهد یافت، درنتیجه میزان مادهٔ خشک کاهش و درصد رطوبت افزایش می‌یابد (Fox, Guinee, Cogan, & Mcsweeny, 2000). در واقع کاهش انسجام در پنیر سنتی طی زمان رسیدن باعث خروج پروتئین و چربی به داخل آب‌پنیر می‌شود که منجربه‌کاهش مادهٔ خشک و افزایش رطوبت می‌گردد (قدوسی، ۱۳۸۳). براساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۴)، اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) بین میزان رطوبت نمونهٔ شاهد و نمونه‌های موردبررسی مشاهده شد. کمترین میزان رطوبت در نمونهٔ شاهد و بیشترین میزان رطوبت در نمونه‌های T_2، T_3 و T_4 می‌باشد. این سه نمونه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را ($P\geq$۰/۰۵) نشان ندادند. هنگام انعقاد آنزیمی، گلبول‌های درشت چربی لابه‌لای ماتریکس کازئینی می‌شود. ازسوی‌دیگر افزایش نسبی مقدار پروتئین به‌واسطهٔ افزودن عصارهٔ جوانهٔ گندم در ترکیب پنیر، ظرفیت جذب آب ماتریکس پروتئینی را افزایش می‌دهد و مقدار رطوبت پنیر نیز بیشتر می‌شود. این یافته منطبق با مشاهده‌های قبلی درمورد سایر انواع پنیر کم‌چرب است (Koca & Metin, 2004). همچنین به‌واسطهٔ وجود مالتودکسترین در عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده، ممکن است تشکیل ژل به هنگام هیدراته‌شدن مالتودکسترین افزایش یابد درنتیجه محبوس‌شده و در ساختمان دلمه شرکت می‌کنند. بخش کوچکی از چربی وارد آب‌پنیر می‌شود. افزایش مقدار چربی باعث افزایش چربی پنیر و درنتیجه مادهٔ خشک آن و کاهش رطوبت می‌شود (Colmenero, 1996). ازسوی‌دیگر افزایش نسبی مقدار پروتئین به‌واسطهٔ افزودن عصارهٔ جوانهٔ گندم در ترکیب پنیر، ظرفیت جذب آب ماتریکس پروتئینی را افزایش می‌دهد و مقدار رطوبت پنیر نیز بیشتر می‌شود. این یافته منطبق با مشاهده‌های قبلی درمورد سایر انواع پنیر کم‌چرب است (Volikakis, Biliaderis, Vamvakas, & Zerfiridis, 2004).

جدول ۴- مقایسهٔ مقادیر درصد رطوبت نمونه‌های مختلف پنیر طی دورهٔ نگهداری (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	کد تیمار	غلظت (درصد)	روز ۱	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	T_0	۰	۶۴/۲۲±۰/۱۰^{Ad}	۶۲/۹۰±۰/۲۶^{Bd}	۶۱/۶۱±۰/۷۳^{Ccd}
عصاره	T_1	۲/۵	۶۶/۱۴±۰/۶۸^{Aabc}	۶۱/۹۱±۰/۱۱^{Cc}	۶۲/۵۳±۰/۱۱^{Bb}
	T_2	۱۰	۶۵/۱۶±۰/۷۰^{Ab}	۶۵/۴۴±۱/۲۸^{Aab}	۶۴/۲۷±۱/۱۲^{Aa}
	T_3	۲۰	۶۶/۹۷±۰/۷۵^{Aa}	۶۵/۱۴±۰/۷۶^{Ba}	۶۲/۷۹±۰/۰۵^{Cb}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط اسپری درایر	T_4	۰/۲	۶۷/۵۲±۰/۷۳^{Aa}	۶۵/۰۲±۰/۸۶^{Ba}	۶۰/۸۶±۰/۴۰^{Cd}
	T_5	۰/۴	۶۶/۵۱±۰/۵۱^{Aa}	۶۳/۴۰±۰/۶۹^{Bcd}	۶۲/۵۴±۰/۶۶^{Babc}
	T_6	۰/۶	۶۴/۹۸±۰/۶۱^{Ac}	۶۳/۸۳±۰/۳۰^{Bbc}	۶۳/۴۲±۱/۱۵^{ABabc}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط فریز درایر	T_7	۰/۲	۶۷/۰۰±۰/۵۱^{Aa}	۶۱/۴۹±۰/۵۶^{Ce}	۶۲/۴۷±۰/۰۲^{Bb}
	T_8	۰/۴	۶۶/۹۳±۰/۹۰^{Aa}	۶۳/۶۵±۰/۶۹^{Bbcd}	۶۱/۷۲±۲/۴۶^{Babcd}
	T_9	۰/۶	۶۶/۴۵±۰/۶۱^{Aab}	۶۳/۱۹±۰/۰۳^{Bd}	۶۱/۰۹±۰/۰۸^{Cd}

* حروف متفاوت بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف می‌باشد (تغییرات هر تیمار طی زمان‌های مختلف).

* حروف متفاوت کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون می‌باشد (مقایسهٔ تیمارهای مختلف در یک روز ثابت).

تغییرات اسیدیته طی زمان نگهداری

نتایج جدول (۵) نشان داد، روند تغییرات اسیدیته در نمونه‌های مختلف پنیر طی دورهٔ نگهداری متفاوت می‌باشد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۵) مشخص گردید که درصد اسیدیته، در نمونه‌های T_2، T_4، T_5، T_6، T_7، T_8 و T_9 تفاوت معنی‌داری را در طی زمان نگهداری ($P\leq$۰/۰۵) نشان می‌دهند. درصد اسیدیتهٔ نمونهٔ شاهد، تا روز ۱۵ کاهش معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) نشان داد، سپس تا روز ۳۰ام درصد اسیدیته افزایش یافت ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. به‌طورکلی باتوجه‌به نتایج حاصل از جدول (۵) می‌توان چنین گفت که درصد اسیدیته در روز ۳۰ام نسبت به روزهای اول و ۱۵ در زمان نگهداری در تمامی نمونه‌ها به‌جزء نمونهٔ T_8 کاهش معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) نشان داد. عامل مهم در افزایش اسیدیته در نمونهٔ T_8، تولید اسید لاکتیک حاصل از تخمیر می‌باشد (Fox *et al.*, 2000). در حین رسیدن و یا نگهداری پنیر، باقی‌ماندهٔ لاکتوز تخمیرشده و اسیدیته افزایش می‌یابد. مواد معدنی متصل به میسل‌های کازئینی می‌توانند باعث افزایش ظرفیت بافری و تغییر در سینتیک اسیدیفیکاسیون باکتری‌های اسید لاکتیک گردند (V. Mistry & Maubois, 1993). همچنین در طول دورهٔ نگهداری، اسیدهای آمینهٔ آزادشده از واکنش‌های پروتئولیز موجب کاهش اندکی در اسیدیته می‌شوند. کاهش اسیدیته به‌احتمال زیاد بر اثر تجزیهٔ اسید لاکتیک یا تولید آمونیاک در پنیرها نیز می‌باشد (Shakeel Ur, Waldron, & Fox, 2004). واکنش لیپولیز منجربه‌تولید هیدروژن آزاد بیشتر و افزایش اسیدیته می‌شود. در پنیر فراپالایش به‌دلیل حضور پروتئین‌های آب‌پنیر، افزایش اسیدیته کمتر رخ می‌دهد. با مهار پروتئین‌های آب‌پنیر و تشدید فعالیت لیپولیتیکی می‌توان موجب افزایش بیشتر اسیدیته شد (Omar, El-Zayat, & Ashour, 1986). نمونه‌های حاوی عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده به علت دارا بودن کنسانترهٔ پروتئین‌های آب‌پنیر به‌عنوان مادهٔ دیواره و خروج تدریجی آنزیم لیپاز، موجب کاهش اسیدیته می‌گردند. کاهش درصد اسیدیته در روز ۳۰ام، در نمونه‌های T_1 و T_3 در مقایسه با سایر نمونه‌ها کمتر بود. ممکن است ترکیبات موجود در این دو نمونه که حاوی عصارهٔ جوانهٔ گندم است تا حدودی باعث مهار پروتئین‌های آب‌پنیر گردیده یا موجب شدت‌یافتن فعالیت لیپولیتیکی می‌شوند. علت افزایش درصد اسیدیته در روز ۳۰ام در نمونهٔ T_8 را می‌توان چنین بیان نمود که به‌احتمال آلودگی ثانویه و درنتیجه فعالیت میکروبی و به‌دنبال آن فعالیت هیدرولیزی آنزیم‌های میکروبی افزایش پیدا کرده و باعث افزایش درصد اسیدیته شده است (Rahimi, Khosrowshahi, Madadlou, & Aziznia, 2007). براساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۵) کمترین درصد اسیدیته مربوط به نمونهٔ T_5 و بیشترین درصد اسیدیته مربوط به نمونهٔ T_3 در روز ۳۰ام می‌باشد. نتایج تحقیق‌های Rodríguez (۱۹۹۸) نشان داد رطوبت بالا در پنیرهای کم‌چرب بر فعالیت متابولیکی استارترها تأثیرگذار است. بنابراین درنتیجهٔ فعالیت استارترها و به‌دنبال آن افزایش هیدرولیز، افزایش درصد اسیدیته مشاهده می‌گردد (Rahimi *et al.*, 2007). طبق نتایج به‌دست‌آمده درصد رطوبت و درصد اسیدیتهٔ نمونهٔ T_3 نیز بیشتر از سایر نمونه‌ها می‌باشد و با نتایج تحقیق‌های قبلی مطابقت دارد. Karami، Ehsani، Mousavi، Rezaei و Safari (۲۰۰۹) گزارش کردند که کاهش اسیدیته می‌تواند به‌دلیل آزادشدن اسیدهای آمینه طی فرایند پروتئولیز مربوط باشد.

جدول ۵- مقایسهٔ مقادیر اسیدیته (درصد اسید لاکتیک) نمونه‌های مختلف پنیر طی دورهٔ نگهداری (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	کد تیمار	غلظت (درصد)	روز ۱	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	T_0	۰	۰/۱۰۳±۰/۰۰۱^{Ac}	۰/۰۷۳±۰/۰۰۲^{Bh}	۰/۰۷۷±۰/۰۰۲^{Bef}
عصاره	T_1	۲/۵	۰/۱۱۱±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۱۱۳±۰/۰۰۱^{Ab}	۰/۱۰۴±۰/۰۰۱^{Bb}
	T_2	۱۰	۰/۰۹۹±۰/۰۰۱^{Bd}	۰/۱۲۸±۰/۰۰۰^{Aa}	۰/۰۸۳±۰/۰۰۰^{Cc}
	T_3	۲۰	۰/۱۰۶±۰/۰۰۳^{Babc}	۰/۱۱۶±۰/۰۰۲^{Ab}	۰/۱۱۲±۰/۰۰۳^{Aa}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط اسپری درایر	T_4	۰/۲	۰/۱۰۳±۰/۰۰۱^{Bc}	۰/۱۰۸±۰/۰۰۰^{Ac}	۰/۰۷۸±۰/۰۰۱^{Ce}
	T_5	۰/۴	۰/۱۰۶±۰/۰۰۱^{Ab}	۰/۰۷۶±۰/۰۰۱^{Bgh}	۰/۰۷۲±۰/۰۰۱^{Cg}
	T_6	۰/۶	۰/۱۰۸±۰/۰۰۱^{Aab}	۰/۱۰۲±۰/۰۰۱^{Be}	۰/۰۸۱±/۰۰۱^{Cd}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط فریز درایر	T_7	۰/۲	۰/۰۹۵±۰/۰۰۲^{Be}	۰/۱۰۶±۰/۰۰۰^{Ad}	۰/۰۷۶±۰/۰۰۰^{Cf}
	T_8	۰/۴	۰/۰۹۱±۰/۰۰۱^{Af}	۰/۰۷۸±۰/۰۰۱^{Cg}	۰/۰۸۵±۰/۰۰۲^{Bc}
	T_9	۰/۶	۰/۱۰۷±۰/۰۰۲^{Aab}	۰/۰۸۸±۰/۰۰۱^{Bf}	۰/۰۷۹±۰/۰۰۲^{Cde}

*حروف متفاوت بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف می‌باشد (تغییرات هر تیمار طی زمان‌های مختلف).

*حروف متفاوت کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون می‌باشد (مقایسهٔ تیمارهای مختلف در یک روز ثابت).

تغییرات pH طی زمان نگهداری

نتایج جدول (۶) نشان داد، میزان pH، در تمامی نمونه‌ها افزایش معنی‌داری را در طی زمان نگهداری ($P\leq$۰/۰۵) نشان می‌دهد. نوع و غلظت عصارهٔ جوانهٔ گندم (عصاره و پودر حاصل از عصارهٔ ریزپوشانی‌شده) افزوده‌شده به پنیر، به‌دلیل دارا بودن آنزیم و پروتئین، میزان اسید آمینهٔ آزاد در پنیر را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. اسید آمینهٔ آزاد، محصول نهایی پروتئولیز است و آزادسازی آنها از کازئین به‌دلیل هیدرولیز کازئین موجب حضور آنها در پنیر در مرحلهٔ نگهداری می‌شود. افزایش میزان pH پنیرها در انتهای رسیدن به‌دلیل تجزیهٔ اسید لاکتیک، تشکیل محصولات تجزیه‌ای غیراسیدی و تشکیل محصولات قلیایی مثل آمونیاک در طول هیدرولیز پروتئین می‌باشد (McSweeney & Fox, 1993). Soltani، Sahingil، Gokce و Hayaloglu (۲۰۱۹) گزارش کردند که میزان pH پنیر سفید ایرانی اولترافیلترشده که دارای رنت میکروبی و کیموزین شتر می‌باشد در طول دورهٔ نگهداری افزایش یافته است. براساس نتایج حاصل از جدول (۶) اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) بین نمونهٔ شاهد و سایر نمونه‌های موردبررسی مشاهده می‌شود. کمترین میزان pH مربوط به نمونهٔ T_3 و بیشترین میزان pH مربوط به نمونهٔ شاهد در روز ۳۰ام می‌باشد. میزان pH سایر نمونه‌ها کمتر از نمونهٔ شاهد بود که از لحاظ آماری معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) می‌باشد. پودرهای حاصل از ریزپوشانی عصارهٔ جوانهٔ گندم با خشک‌کن پاششی و انجمادی، به علت فعالیت پروتئولیتیکی بیشتر، باعث تجزیهٔ بیشتر پروتئین و تجمع اسید آمینهٔ آزاد در پنیر می‌شوند و میزان pH را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌دهند. علاوه‌بر نوع پودر، غلظت مورداستفاده نیز بر میزان فعالیت پروتئولیتیکی تأثیرگذار می‌باشد. افزایش غلظت پودر باعث کاهش در میزان pH شد.

جدول ۶- مقایسهٔ مقادیر pH نمونه‌های مختلف پنیر طی دورهٔ نگهداری (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	کد تیمار	غلظت (درصد)	روز ۱	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	T_0	۰	۴/۱۷±۰/۰۱^{Cf}	۴/۴۳±۰/۰۰^{Bc}	۴/۷۴±۰/۰۲^{Aa}
عصاره	T_1	۲/۵	۴/۲۱±۰/۰۱^{Ce}	۴/۳۹±۰/۰۰^{Be}	۴/۵۲±۰/۰۱^{Ad}
	T_2	۱۰	۴/۲۶±۰/۰۱^{Cc}	۴/۴۶±۰/۰۱^{Bb}	۴/۴۸±۰/۰۰^{Ae}
	T_3	۲۰	۴/۲۵±۰/۰۲^{Ccd}	۴/۳۹±۰/۰۱^{Be}	۴/۴۴±۰/۰۱^{Af}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط اسپری درایر	T_4	۰/۲	۴/۲۸±۰/۰۰^{Cb}	۴/۵۲±۰/۰۲^{Ba}	۴/۶۸±۰/۰۳^{Ab}
	T_5	۰/۴	۴/۲۲±۰/۰۱^{Cde}	۴/۴۲±۰/۰۰^{Bd}	۴/۶۰±۰/۰۳^{Ac}
	T_6	۰/۶	۴/۲۲±۰/۰۱^{Cde}	۴/۴۳±۰/۰۰^{Bc}	۴/۶۱±۰/۰۲^{Ac}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط فریز درایر	T_7	۰/۲	۴/۳۰±۰/۰۰^{Ca}	۴/۵۲±۰/۰۱^{Ba}	۴/۶۷±۰/۰۱^{Ab}
	T_8	۰/۴	۴/۲۳±۰/۰۰^{Cd}	۴/۴۴±۰/۰۱^{Bbc}	۴/۶۲±۰/۰۲^{Ac}
	T_9	۰/۶	۴/۲۰±۰/۰۱^{Ce}	۴/۴۵±۰/۰۰^{Bb}	۴/۶۰±۰/۰۱^{Ac}

*حروف متفاوت بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف می‌باشد (تغییرات هر تیمار طی زمان‌های مختلف).

*حروف متفاوت کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون می‌باشد (مقایسهٔ تیمارهای مختلف در یک روز ثابت).

جدول ۷- مقایسهٔ مقادیر درصد نمک نمونه‌های مختلف پنیر طی دورهٔ نگهداری (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	کد تیمار	غلظت (درصد)	روز ۱	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	T_0	۰	۰/۰۳۹±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۴۰±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۳۹±۰/۰۰۰^{Aa}
عصاره	T_1	۲/۵	۰/۰۳۹±۰/۰۰۰^{Aa}	۰/۰۳۹±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۳۹±۰/۰۰۱^{Aa}
	T_2	۱۰	۰/۰۳۹±۰/۰۰۰^{Aa}	۰/۰۴۰±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۴۱±۰/۰۰۲^{Aa}
	T_3	۲۰	۰/۰۳۹±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۳۹±۰/۰۰۰^{Aa}	۰/۰۳۴±۰/۰۰۹^{Aa}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط اسپری درایر	T_4	۰/۲	۰/۰۳۸±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۴۰±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۳۹±۰/۰۰۱^{Aa}
	T_5	۰/۴	۰/۰۴۱±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۴۱±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۴۰±۰/۰۰۱^{Aa}
	T_6	۰/۶	۰/۰۴۰±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۴۰±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۳۹±۰/۰۰۱^{Aa}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط فریز درایر	T_7	۰/۲	۰/۰۴۰±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۴۰±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۳۹±۰/۰۰۱^{Aa}
	T_8	۰/۴	۰/۰۳۹±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۴۰±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۴۰±۰/۰۰۱^{Aa}
	T_9	۰/۶	۰/۰۴۰±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۳۹±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۳۹±۰/۰۰۱^{Aa}

*حروف متفاوت بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف می‌باشد (تغییرات هر تیمار طی زمان‌های مختلف).

*حروف متفاوت کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون می‌باشد (مقایسهٔ تیمارهای مختلف در یک روز ثابت).

تغییرات نمک طی زمان نگهداری

براساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۷) مشخص گردید که درصد نمک، در تمامی نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در طی زمان نگهداری ($P\geq$۰/۰۵) نشان نمی‌دهد. نمک به‌عنوان جزئی از فرمولاسیون، پیش از تشکیل لخته، به ناتراوه افزوده شد، عدم تغییر میزان نمک نمونه‌های پنیر طی دورهٔ انبارمانی، به‌طور کامل قابل پیش‌بینی بود. Karami و همکاران (۲۰۰۹) نیز، عدم تغییر معنی‌دار میزان نمک نمونه‌های پنیر فتای تولیدشده به شیوهٔ فراپالایش را طی دو ماه دورهٔ انبارمانی گزارش کردند.

تغییرات پروتئین کل طی زمان نگهداری

براساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۸) مشخص گردید درصد پروتئین در نمونه‌های شاهد، T_1، T_3، T_8 و T_9 تفاوت معنی‌داری را در طی زمان نگهداری ($P\geq$۰/۰۵) نشان نمی‌دهند. کمترین درصد پروتئین در روز اول و ۱۵ مربوط به نمونهٔ T_8 و در روز ۳۰ام مربوط به نمونهٔ T_7 می‌باشد. بیشترین درصد پروتئین در روزهای اول، ۱۵ و ۳۰ام مربوط به تیمار T_3 است. در یک بررسی که توسط Ur Rehman، Farkye، Considine، Schaffner و Drake (۲۰۰۳) انجام گرفت، مشخص گردید که با اضافه‌کردن کنسانترهٔ پروتئین شیر در پنیر موزارلا، میزان پروتئین تغییر معنی‌داری را نشان نداد. نوع و غلظت مواد منعقدکننده، میزان پروتئین کل را می‌تواند تحت‌تأثیر قرار دهد (Al-Otaibi & Wilbey, 2004). استفاده از درصدهای مختلف پودرهای تولیدی از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن پاششی و انجمادی و همچنین عصارهٔ جوانهٔ گندم در پنیرهای تولیدی، موجب تفاوت کم‌وبیش در میزان پروتئین کل پنیرها شد. ازطرف‌دیگر نوسان‌های مشاهده‌شده در میزان پروتئین کل پنیر در طول نگهداری ممکن است تحت‌تأثیر پروتئولیز، انتشار نیتروژن محلول در آب در آب‌نمک و ویژگی‌های نگهداری آب برخی از ترکیبات تشکیل‌شده در طول دورهٔ نگهداری باشد (Guven, Yerlikaya, & Hayaloglu, 2006). به‌طورکلی کاهش در میزان پروتئین کل مربوط به تجزیهٔ پروتئین‌های پنیر و ورود اندکی از آنها به آب‌پنیر می‌باشد. افزایش مقدار پروتئین نیز به علت آب‌انداختن پنیر و همگام با افزایش کل مواد جامد می‌باشد (Metwalli, Shalabi, Zahran, & El-Demerdash, 1982). Soltani و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که غلظت‌های مختلف کیموزین شتر و رنت میکروبی باعث تفاوت کم‌وبیش در میزان پروتئین کل در پنیر سفید ایرانی تولیدشده با روش فراپالایش می‌شود. نتایج جدول (۸) اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) بین نمونهٔ شاهد و نمونه‌های موردبررسی به‌جز نمونهٔ T_9 را نشان داد. تیمارهای (T_1 و T_2)، (T_4 و T_5) و (T_6 و T_9) تفاوت معنی‌داری را نسبت به هم نشان ندادند. بیشترین میزان درصد پروتئین مربوط به نمونهٔ T_3 و کمترین میزان درصد پروتئین مربوط به نمونهٔ T_7 در روز ۳۰ام می‌باشد. نمونهٔ T_3 به علت استفاده از ۲۰ درصد عصارهٔ جوانهٔ گندم، پروتئین بیشتری را نسبت به سایر نمونه‌ها نشان داده است که این افزایش ممکن است به‌دلیل وجود میزان بیشتر پروتئین‌های گندم در آن باشد. استفاده از کمترین میزان پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن انجمادی (۰/۲ درصد) باعث کاهش میزان درصد پروتئین در نمونهٔ T_7 نسبت به سایر نمونه‌ها گردید. Seleet، Assem، Abd El-Gawad، Dabiza و Abd El-Salam (۲۰۱۶) نشان دادند که استفاده از مقادیر بالاتر جوانهٔ گندم در محصولات تخمیری مانند ماست باعث افزایش میزان درصد پروتئین کل در آن می‌گردد.

جدول ۸- مقایسهٔ مقادیر درصد پروتئین کل نمونه‌های مختلف پنیر طی دورهٔ نگهداری (میانگین±انحراف معیار)

نمونه	کد تیمار	غلظت (درصد)	روز ۱	روز ۱۵	روز ۳۰
شاهد	T_0	۰	۳۴/۳۳±۰/۰۱^{Ae}	۳۴/۳۳±۰/۰۳^{Ad}	۳۴/۳۳±۰/۰۱^{Ac}
عصاره	T_1	۲/۵	۳۶/۵۶±۰/۰۱^{Ac}	۳۶/۵۵±۰/۰۱^{Ab}	۳۶/۵۸±۰/۰۲^{Ab}
	T_2	۱۰	۳۶/۷۵±۰/۰۱^{Ab}	۳۶/۲۶±۰/۷۰^{ABb}	۳۶/۵۷±۰/۰۶^{Bb}
	T_3	۲۰	۳۷/۶۹±۰/۰۱^{Aa}	۳۷/۶۷±۰/۰۱^{Aa}	۳۷/۶۶±۰/۰۲^{Aa}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط اسپری درایر	T_4	۰/۲	۳۴/۳۵±۰/۰۱^{Ae}	۳۴/۳۴±۰/۰۱^{Ad}	۳۳/۵۶±۰/۰۳^{Bg}
	T_5	۰/۴	۳۴/۳۵±۰/۰۱^{Ae}	۳۴/۳۵±۰/۰۰^{Ad}	۳۳/۷۲±۰/۴^{Bf}
	T_6	۰/۶	۳۴/۶۷±۰/۰۱^{Ad}	۳۴/۵۳±۰/۰۱^{Bc}	۳۴/۰۹±۰/۱۰^{Ce}
عصارهٔ ریزپوشانی‌شده توسط فریز درایر	T_7	۰/۲	۳۴/۳۴±۰/۰۰^{Ae}	۳۴/۳۴±۰/۰۱^{Ad}	۳۳/۲۳±۰/۰۱^{Bh}
	T_8	۰/۴	۳۴/۲۴±۰/۰۱^{Af}	۳۴/۲۱±۰/۰۲^{Ae}	۳۴/۲۲±۰/۰۲^{Ad}
	T_9	۰/۶	۳۴/۳۵±۰/۰۱^{Ae}	۳۴/۳۴±۰/۰۱^{Ad}	۳۴/۳۹±۰/۰۵^{Ac}

*حروف متفاوت بزرگ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ردیف می‌باشد (تغییرات هر تیمار طی زمان‌های مختلف).

*حروف متفاوت کوچک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر ستون می‌باشد (مقایسهٔ تیمارهای مختلف در یک روز ثابت).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که در تمامی نمونه‌های موردبررسی، میزان رطوبت، اسیدیته، پروتئین کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش معنی‌داری را طی زمان نگهداری، نشان دادند. میزان pH طی زمان نگهداری افزایش و درصد نمک بدون تغییر باقی ماند. نمونهٔ شاهد کمترین میزان رطوبت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به سایر نمونه‌ها نشان داد. کمترین میزان pH در نمونه‌های حاوی ۲۰ درصد عصارهٔ جوانهٔ گندم، کمترین میزان اسیدیته در نمونهٔ حاوی ۰/۴ درصد پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن پاششی و کمترین میزان پروتئین در نمونهٔ حاوی ۰/۲ درصد پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن انجمادی مشاهده شد. بیشترین میزان رطوبت در نمونه‌های حاوی ۱۰ و ۲۰ درصد عصارهٔ جوانهٔ گندم و نمونهٔ حاوی ۰/۲ درصد پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن پاششی، اسیدیته در نمونهٔ حاوی ۲۰ درصد عصارهٔ جوانهٔ گندم، فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونهٔ حاوی ۰/۶ درصد پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن انجمادی، pH در نمونهٔ شاهد و پروتئین در نمونهٔ حاوی ۲۰ درصد عصارهٔ جوانهٔ گندم مشاهده شد. نتایج نشان داد، افزایش غلظت عصاره و پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده با هر دو روش خشک‌کردن، باعث افزایش در فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنیر می‌گردد. با ارزیابی پنیر سفید فراپالایش حاوی پودر حاصل از عصارهٔ جوانهٔ گندم ریزپوشانی‌شده با خشک‌کن پاششی و انجمادی، به‌عنوان محصول فراسودمند در راستای حفظ سلامت جامعه، مشخص شد، اگرچه در تمامی نمونه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت اما این فراورده به‌خوبی توانست فعالیت آنتی‌اکسیدانی مناسبی را نسبت به نمونهٔ شاهد در طی زمان نگهداری از خود نشان دهد. همچنین ریزپوشانی عصارهٔ جوانهٔ گندم با خشک‌کن انجمادی به‌دلیل حفظ بیشتر ترکیبات فنولی موجود در عصارهٔ جوانهٔ گندم توانست روش بهتری برای افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به روش خشک‌کن پاششی باشد. بنابراین استفاده از محصولات جانبی ارزان‌قیمت باارزش تغذیه‌ای بالا مثل جوانهٔ گندم، می‌تواند پلی به‌سوی تولید محصولات منحصربه‌فرد در صنعت غذا و ایجاد جامعهٔ مدرن باشد.

منابع

سازمان ملی استاندارد ایران (۱۳۵۶) تعیین مقدار کلرور پنیر (روش مرجع). (استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۸۰۹، چاپ اول)، برگرفته از http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=13925

سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۸۱). پنیر و پنیرهای فرآیندشده- تعیین مقدار ماده خشک کل (روش مرجع)-روش آزمون. (استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۷۵۳، چاپ اول)، برگرفته از http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=8430

سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۸۵). شیر و فرآورده‌های آن-تعیین اسیدیته و-pH روش آزمون. (استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۲۸۵۲، چاپ اول)، برگرفته از http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=34479

سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۹۴). شیر و فرآورده‌های آن-تعیین مقدار نیتروژن قسمت۱- محاسبه مقدار پروتئین خام به روش کلدال. (استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۹۱۸۸-۱، تجدیدنظر اول)، برگرفته از http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=45422

قدوسی، ح. (۱۳۸۳). تولید پنیر فتا به روش صنعتی و سنتی (ترجمه‌شده، چاپ دوم)، انتشارات دانشگاه فردسی مشهد.

هاشمی‌گهرویی، ه.، غیاثی، ف.، اسکندری، م.، و مجذوبی، م. (۱۳۹۵). بررسی تاثیر فرآیند حرارتی خشک بر ویژگی های تغذیه ای و فیزیکی شیمیایی جوانه گندم به عنوان یک مکمل غذایی فراسودمند. *پژوهش‌های صنایع غذایی*، ۲۶(۱)، ۳۷-۴۷ .

Al-Otaibi, M. M., & Wilbey, R. A. (2004). Effect of temperature and salt on the maturation of white-salted cheese. *International Journal of Dairy Technology, 57*(1), 57-63. doi:https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00123.x

Bergamini, C., Hynes, E., & Zalazar, C. (2006). Influence of probiotic bacteria on the proteolysis profile of a semi-hard cheese. *International Dairy Journal, 16*(8), 856-866. doi:https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.09.004

Çam, M., İçyer, N. C., & Erdoğan, F. (2014). Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. *LWT-Food Science and Technology, 55*(1), 117-123. doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.011

Colmenero, F. J. (1996). Technologies for developing low-fat meat products. *Trends in Food Science & Technology, 7*(2), 41-48. doi:https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)81327-6

Ezhilarasi, P., Indrani, D., Jena, B. S., & Anandharamakrishnan, C. (2013). Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality. *Journal of Food Engineering, 117*(4), 513-520. doi:https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.009

Fox, P. (1993). Exogenous enzymes in dairy technology-A review 1. *Journal of food biochemistry, 17*(3), 173-199. doi:https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.1993.tb00466.x

Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., & Mcsweeny, L. (2000). *Fundamentals of cheese science*: Springer.

Gad, A. S., & El-Salam, M. H. A. (2010). The antioxidant properties of skim milk supplemented with rosemary and green tea extracts in response to pasteurisation, homogenisation and the addition of salts. *International Journal of Dairy Technology, 63*(3), 349-355. doi:https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00585.x

Ghoddusi, B. H. (2004). *Feta and related cheeses* (Translated, Vol. 2): Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)

Gupta, A., Mann, B., Kumar, R., & Sangwan, R. B. (2009). Antioxidant activity of Cheddar cheeses at different stages of ripening. *International Journal of Dairy Technology, 62*(3), 339-347. doi:https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00509.x

Guven, M., Yerlikaya, S., & Hayaloglu, A. A. (2006). Influence of salt concentration on the characteristics of Beyaz cheese, a Turkish white-brined cheese. *Le Lait, 86*(1), 73-81. doi:https://doi.org/10.1051/lait:2005043

Han, J., Britten, M., St-Gelais, D., Champagne, C. P., Fustier, P., Salmieri, S., & Lacroix, M. (2011). Effect of polyphenolic ingredients on physical characteristics of cheese. *Food research international, 44*(1), 494-497. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.026

Hannon, J., Deutsch, S.-M., Madec, M.-N., Gassi, J.-Y., Chapot-Chartier, M.-P., & Lortal, S. (2006). Lysis of starters in UF cheeses: behaviour of mesophilic lactococci and thermophilic lactobacilli. *International Dairy Journal, 16*(4), 324-334. doi:https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.04.003

Hashemi Gahruie, H., Ghiasi, F., Eskandari, M., & Majzoobi, M. (2016). Evaluation of oven drying effects on physicochemical and nutritional properties of wheat germ as a functional food supplements. *Journal of Food Research, 26*(1), 37-47. (in Persian)

Iranian National Standardization Organization [ISIRI]. (1977). Determination of cheese chloride (Referenc methode). (ISIRI Standard No 1809, 1st. Edition). Retrieved from http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=13925 (in Persian)

Iranian National Standardization Organization [ISIRI]. (2002). Cheese and processed cheese – determination of total solids, (Reference method)- Test method. (ISIRI Standard No 1753, 1st. Revision). Retrieved from http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=8430 (in Persian)

Iranian National Standardization Organization [ISIRI]. (2006). Milk and milk products-Determination of titrable acidity and value pH-Test method. ISIRI Standard No 2852, 1st. Edition. Retrieved from http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=34479 (in Persian)

Iranian National Standardization Organization [ISIRI]. (2015). Milk and milk products -Determination of nitrogen content -Part 1: Kjeldahl principle and crude protein calculation. (ISIRI Standard No 9188-1, 1st. Revision). Retrieved from http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=45422 (in Persian)

Karami, M., Ehsani, M., Mousavi, S., Rezaei, K., & Safari, M. (2009). Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. *Food Chemistry, 112*(3), 539-544. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.003

Koca, N., & Metin, M. (2004). Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal, 14*(4), 365-373. doi:https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.006

Lee, N.-K., Jeewanthi, R., Park, E.-H., & Paik, H.-D. (2016). Physicochemical and antioxidant properties of Cheddar-type cheese fortified with Inula britannica extract. *Journal of dairy science, 99*(1), 83-88. doi:https://doi.org/10.3168/jds.2015-9935

Mahmoud, A. A., Mohdaly, A. A., & Elneairy, N. A. (2015). Wheat germ: an overview on nutritional value, antioxidant potential and antibacterial characteristics. *Food and Nutrition Sciences, 6*(02), 265-277. doi:https://dx.doi.org/10.4236/fns.2015.62027

Martín-del-Campo, S. T., Martínez-Basilio, P. C., Sepúlveda-Álvarez, J. C., Gutiérrez-Melchor, S. E., Galindo-Peña, K. D., Lara-Domínguez, A. K., & Cardador-Martínez, A. (2019). Production of antioxidant and ACEI peptides from cheese whey discarded from Mexican white cheese production. *Antioxidants, 8*(6), 158. doi:https://doi.org/10.3390/antiox8060158

McSweeney, P. L., & Fox, P. F. (1993). *Cheese: methods of chemical analysis*: Springer, Boston, MA.

Metwalli, N., Shalabi, S., Zahran, A., & El-Demerdash, O. (1982). The use of soybean milk in soft cheese making: II. Organoleptic and chemical properties of Domiati cheese made from a mixture of soybean milk and whole milk. *International Journal of Food Science & Technology, 17*(3), 297-305. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb00186.x

Miočinović, J., Puđa, P., Radulović, Z., Pavlović, V., Miloradović, Z., Radovanović, M., & Paunović, D. (2011). Development of low fat UF cheese technology. *Mljekarstvo, 61*(1), 33-44.

Mistry, V., & Maubois, J.-L. (1993). Application of membrane separation technology to cheese production *Cheese: Chemistry, physics and microbiology* (pp. 493-522): Springer.

Mistry, V. V. (2001). Low fat cheese technology. *International Dairy Journal, 11*(4-7), 413-422. doi:https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00077-2

Mohamed, S. H., Seleet, F. L., Bayoumi, A., & Fathy, F. A. (2015). Effect of wheat germ extract on the viability of probiotic bacteria and properties of Labneh cheese. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 6*(4), 674-682.

Nahla, T., & Makarim, A. (2018). Effect of wheat germ on chemical, sensory and technological properties of Soft cheese. *International Journal of Dairy Science, 13*, 40-45. doi:https://doi.org/10.3923/ijds.2018.40.45

Omar, M., El-Zayat, A., & Ashour, M. (1986). Flavor enhancement, by lipase addition, of Ras cheese made from reconstituted milk. *Food Chemistry, 19*(4), 277-286. doi:https://doi.org/10.1016/0308-8146(86)90051-8

Ou, B., Huang, D., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. A., & Deemer, E. K. (2002). Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of agricultural and food chemistry, 50*(11), 3122-3128. doi:https://doi.org/10.1021/jf0116606

Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Aziznia, S. (2007). Texture of low-fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. *Journal of dairy science, 90*(9), 4058-4070. doi:https://doi.org/10.3168/jds.2007-0121

Rodríguez, J. (1998). Recent advances in the development of low-fat cheeses. *Trends in Food Science & Technology, 9*(6), 249-254. doi:https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00046-6

Ryhänen, E.-L., Pihlanto-Leppälä, A., & Pahkala, E. (2001). A new type of ripened, low-fat cheese with bioactive properties. *International Dairy Journal, 11*(4-7), 441-447. doi:https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00079-6

Salem, S. A., Hamad, E. M., & Ashoush, I. S. (2016). Effect of partial fat replacement by whey protein, oat, wheat germ and modified starch on sensory properties, viscosity and antioxidant activity of reduced fat ice cream. *Food and Nutrition Sciences, 7*(6), 397-404. doi:https://doi.org/10.4236/fns.2016.76041

Seleet, F. L., Assem, F. M., Abd El-Gawad, M. A., Dabiza, N. M., & Abd El-Salam, M. H. (2016). Development of a novel milk-based fermented product fortified with wheat germ. *International Journal of Dairy Technology, 69*(2), 217-224. doi:https://doi.org/10.1111/1471-0307.12241

Shakeel Ur, R., Waldron, D., & Fox, P. F. (2004). Effect of modifying lactose concentration in cheese curd on proteolysis and in quality of Cheddar cheese. *International Dairy Journal, 14*(7), 591-597. doi:https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.11.008

Silva, R., Lima, M., Viana, J., Bezerra, V., Pimentel, M., Porto, A., . . . Lima Filho, J. (2012). Can artisanal "Coalho" cheese from Northeastern Brazil be used as a functional food? *Food Chemistry, 135*(3), 1533-1538. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.058

Soltani, M., Sahingil, D., Gokce, Y., & Hayaloglu, A. A. (2019). Effect of blends of camel chymosin and microbial rennet (Rhizomucor miehei) on chemical composition, proteolysis and residual coagulant activity in Iranian Ultrafiltered White cheese. *Journal of food science and technology, 56*(2), 589-598. doi:https://doi.org/10.1007/s13197-018-3513-3

Songisepp, E., Kullisaar, T., Hütt, P., Elias, P., Brilene, T., Zilmer, M., & Mikelsaar, M. (2004). A new probiotic cheese with antioxidative and antimicrobial activity. *Journal of dairy science, 87*(7), 2017-2023. doi:https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70019-3

Tan, S. P., Kha, T. C., Parks, S., Stathopoulos, C., & Roach, P. D. (2015). Optimising the encapsulation of an aqueous bitter melon extract by spray-drying. *Foods, 4*(3), 400-419. doi:https://doi.org/10.3390/foods4030400

Ur Rehman, S., Farkye, N. Y., Considine, T., Schaffner, A., & Drake, M. A. (2003). Effects of Standardization of Whole Milk with Dry Milk Protein Concentrate on the Yield and Ripening of Reduced-Fat Cheddar Cheese. *Journal of dairy science, 86*(5), 1608-1615. doi:https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73746-1

Virtanen, T., Pihlanto, A., Akkanen, S., & Korhonen, H. (2007). Development of antioxidant activity in milk whey during fermentation with lactic acid bacteria. *Journal of applied microbiology, 102*(1), 106-115. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03072.x

Volikakis, P., Biliaderis, C. G., Vamvakas, C., & Zerfiridis, G. K. (2004). Effects of a commercial oat-β-glucan concentrate on the chemical, physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. *Food research international, 37*(1), 83-94. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodres.2003.07.007

Wang, H.-Y., Qian, H., & Yao, W.-R. (2011). Melanoidins produced by the Maillard reaction: Structure and biological activity. *Food Chemistry, 128*(3), 573-584. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.075

Yazicioglu, B., Sahin, S., & Sumnu, G. (2015). Microencapsulation of wheat germ oil. *Journal of food science and technology, 52*(6), 3590-3597. doi:https://doi.org/10.1007/s13197-014-1428-1

Zhu, K.-X., Lian, C.-X., Guo, X.-N., Peng, W., & Zhou, H.-M. (2011). Antioxidant activities and total phenolic contents of various extracts from defatted wheat germ. *Food Chemistry, 126*(3), 1122-1126. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.144

Zhu, K., & Zhou, H. (2005). Purification and characterization of a novel glycoprotein from wheat germ water-soluble extracts. *Process Biochemistry, 40*, 1469-1474.

Physicochemical and Antioxidant Properties of Ultrafiltrated White Cheese Fortified with Microencapsulated of Wheat Germ Extract by Spray and Freeze Dryers

Fahimeh Jamdar[1], Seyed Ali Mortazavi[2*], Mohammad Reza Saeedi Asl[3], Akram Sharifi[3]

1- PhD. Student, Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
2- Professor, Department of Food Science & Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
* Corresponding author (morteza1937@yahoo.com)
3- Associate Professor, Department of Food Science & Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
4- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

Abstract

In this study, wheat germ extract at different concentrations (2.5, 10 and 20%) and wheat germ extract powder produced by spray and freeze drying process method at three concentrations (0.2, 0.4 and 0.6%) was added to the ultrafiltrated white cheese and physicochemical properties of that were evaluated in thirty days during retention time. Moisture, acidity, total protein contents and antioxidant activity decreased in all samples during retention time and pH value increased during retention time. The results showed that freeze drying is a better method for preserving antioxidant compounds in wheat germ extract. Also, increasing the concentration of the wheat germ extract and powder of the wheat germ extract by both spray and freeze drying methods increased the antioxidant activity of the cheese compared to the control. Therefore, it is possible to use powdered wheat germ extract powder with freeze dryer as a functional ingredient in Ultrafiltrated White Cheese.

Keywords: Antioxidant activity, Freeze dryer, Spray dryer, Ultrafiltrated white cheese, Wheat germ