

بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی و فیزیکوشیمیایی نوشیدنی تخمیری آب پنیر-پسته با استفاده از استارتر کفیر

زهره محمدی یگانه^۱، فرامرز خدائیان^{۲*}، سید سعید حسینی^۳، محمد صفری^۴، کرامت اله رضایی^۴، سید محمد موسوی^۴

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲. دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴. استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: 94/6/1، تاریخ پذیرش: 94/8/13)

چکیده

پسته به دلیل ترکیبات فراسودمند خود نظیر اسیدهای چرب و ترکیبات فنلی نقش مهمی در کاهش بیماری‌های قلبی و عروقی دارد. خواص سودمند این محصول، می‌تواند با استفاده از فرایند تخمیر به‌وسیله دانه کفیر افزایش یابد. لذا، هدف از این تحقیق، بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی (محتوای فنل کل، خاصیت کاهش رادیکال‌های آزاد و قدرت احیاکنندگی)، فیزیکوشیمیایی (pH، غلظت کفیران، ویسکوزیته) و میکروبی (باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمرها) یک نوشیدنی تخمیری جدید از شیر پسته با استفاده از دانه کفیر است. برای این منظور به جای آب، از آب پنیر در شیر پسته استفاده شد و اثر سطوح مختلف، لاکتوز آب پنیر (5% w/v و 2/5%)، مقدار پسته (8% و 4% w/v) و میزان تلقیح دانه کفیر (8% w/v، 5% و 2%) در دمای 25 °C به مدت 48 ساعت مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بالاترین محتوای فنل کل، 130/91±1/29 mg gallic acid/L، خاصیت کاهش رادیکال‌های آزاد (EC₅₀) برابر با 0/10 ± 0/03 mL/mL، قدرت احیاکنندگی (0/80 ± 0/02)، غلظت کفیران (91/80 ± 2/67 g glucose/L) و ویسکوزیته (2/20 ± 0/03 mPa.s) در شیر پسته حاوی 5% w/v لاکتوز و 8% w/v پسته و مقدار تلقیح 8% w/v دانه کفیر به دست آمد. به علاوه کم‌ترین مقدار pH (3/20 ± 0/02) و بیش‌ترین تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمرها نیز در شرایط مذکور مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: پسته، فنل کل، خواص آنتی‌اکسیدانی، کفیران.

1- مقدمه

دور ریخته می‌شود، که نه تنها به علت اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD) بالا سبب تخریب محیط زیست شده، بلکه به معنی از دست رفتن یک ماده غنی از پروتئین نیز می‌باشد. پروتئین‌های آب پنیر ارزش بیولوژیکی استثنایی داشته که از این لحاظ، حتی شرایط بهتری را نسبت به پروتئین‌های تخم مرغ دارا می‌باشند [13]. این پروتئین‌ها منبع غنی از اسید آمینه‌های ضروری و هم‌چنین اسید آمینه‌های شاخه‌دار (لوسین، ایزولوسین و والین) بوده، که این اسید آمینه‌ها نقش مهمی در عملکرد تنظیم‌کننده‌های پروتئین، تعادل گلوکز و متابولیسم پروتئین‌ها دارند [14]. پروتئین‌های آب پنیر هم‌چنین شامل مقادیر زیادی از اسید آمینه‌های سولفوردار (متیونین و سیستئین) بوده که نقشی بحرانی به‌عنوان آنتی‌اکسیدان دارند [15]. لذا استفاده از این فراورده جانبی نه تنها باعث کاهش آلودگی محیط زیست شده، بلکه یک ماده ارزشمند تغذیه‌ای را وارد چرخه غذایی بشر می‌کند.

در میان خشکبار، اکثر مطالعات بر روی گردو و بادام بوده و کم‌تر به سایر مغزها از جمله پسته پرداخته شده است. پسته منبع مناسبی از مواد مغذی و اسیدهای چرب غیراشباع و هم‌چنین غنی از انواع آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله، گاما توکوفرول، بتا کاروتن و لوتئین می‌باشد [16]. مطالعات نشان داده که پسته غنی‌ترین منبع فیتو استرول در میان تمام مغزها است [17] و این نشان از قدرت آنتی‌اکسیدانی بالای آن دارد. بنابراین استفاده از پسته در این نوشیدنی باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای و هم‌چنین خواص آنتی‌اکسیدانی این محصول می‌شود.

اکسیداسیون در بدن انسان و هم‌چنین در مواد غذایی اهمیت زیادی داشته، به طوری که سلول‌ها برای زنده ماندن خود نیاز به متابولیسم اکسیداتیو دارند. اما یکی از جنبه‌های این اکسیداتیو، تولید رادیکال‌های آزاد بوده که چنین رادیکال‌هایی اگر بیش از اندازه تولید شوند، آنزیم‌های محافظتی بدن از جمله سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز را تخریب کرده و با اکسیداسیون لیپیدهای غشایی، پروتئین‌های سلولی، DNA و آنزیم‌ها، اثرات مخرب و مهلکی را ایجاد می‌کنند [18]. لذا یکی از راه‌کارهای مناسب برای کاهش این مشکلات، مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی و یا غذاهای حاوی آنتی‌اکسیدان می‌باشد [19]. با توجه به این که مصرف آنتی‌اکسیدان‌های

طی سالیان اخیر مصرف نوشیدنی‌های تخمیری، به علت اثرات سلامت بخش آن افزایش یافته است [1]. شواهد باستان شناسی نشان می‌دهد، این فراورده‌ها به طور تصادفی طی هزاران سال کشف شده‌اند. این محصولات به دلیل pH پایین و برخی ترکیبات ضد میکروبی، زمان ماندگاری بالایی دارند [2]. کفیر یک نوشیدنی تخمیری تولید شده از شیر می‌باشد که از کوه‌های قفقاز شمالی سرچشمه گرفته است. این فراورده تخمیری لبنی، ویسکوز، اسیدی و به مقدار ناچیزی کربناته است و ممکن است حاوی مقدار کمی الکل نیز باشد. در کفیر اسیده‌های آلی مختلفی تولید می‌شود که بیش‌ترین مقدار مربوط به (+)L اسید لاکتیک است. در میان اسیده‌های آمینه آلانین، آسپارتیک اسید، والین، لوسین، لایزین و سرین در طی فرایند تخمیر افزایش می‌یابد [3] عطر و طعم، ویسکوزیته و ترکیبات میکروبی-شیمیایی کفیر تابع عوامل مختلفی چون مقدار تلقیح شیر، هم‌زدن، دمای تخمیر، مدت سرد سازی و مرحله رسیدن است. کفیر علاوه بر خواص تغذیه‌ای مناسب دارای اثرات سلامت بخشی چون، خاصیت ضد باکتریایی و ضد قارچی [4]، ضدتوموری و ضدسرطانی [5-6]، کاهش کلسترول خون [7] و هضم غذا [8] نیز می‌باشد. استارتر کفیر شامل مجموعه‌ای از باکتری‌ها و مخمرها می‌باشد که به همراه پروتئین و لیپیدها توسط پلی ساکارید کفیران در کنار هم قرار می‌گیرند و تشکیل دانه‌هایی شبیه گلچه کوچک کلم با طول یک تا سه سانتی‌متر را می‌دهند [9]. این آگزوپولی ساکارید توسط یکی از باکتری‌های پروبیوتیک دانه کفیر به نام لاکتوباسیلوس کفیرانوفاسینس¹ تولید می‌شود [10] و شامل نسبت مساوی از دو قند D-گلوکز و D-گالاکتوز بوده و در آن واحدهای 3 گلوکزی و 3 گالاکتوزی تکرار می‌شوند. بررسی ساختار آن به وسیله رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (NMR)، نشان می‌دهد که این پلیمر از 6 یا 7 ساکارید انشعاب‌دار تشکیل شده است [11]. آب پنیر مایعی رقیق و آبکی است که رنگ زرد مایل به سبز و گاهی اوقات مایل به آبی کم‌رنگ (بسته به کیفیت و نوع شیر اولیه) دارد [12]. این مایع ارزشمند که حجم عظیمی از فراورده‌های جانبی صنعت پنیر سازی و تولید کازئین را تشکیل می‌دهد، عمدتاً به‌عنوان ضایعات

1. *Lactobacillus kefirifaciens*

ابتدا، مقدار 200 میکرولیتر نمونه رقیق شده را با مقدار 0/1 میلی‌لیتر معرف فولین-سیوکالتیو مخلوط کرده و 8 دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. سپس 0/8 میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم (7/5 درصد) به مخلوط فوق اضافه و پس از 30 دقیقه نگهداری در دمای محیط، مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج 765 نانومتر خوانده شد. غلظت معادل، با قرار دادن میزان جذب در منحنی استاندارد به دست آمد. نتایج به صورت معادل اسید گالیک در 100 میلی‌لیتر نمونه گزارش گردید (میلی‌گرم گالیک اسید/لیتر (mg GA/L)). برای رسم منحنی استاندارد گالیک اسید، غلظت‌های 8-80 میلی‌گرم در لیتر از گالیک اسید تهیه شده و طبق روش آزمایش، مقدار جذب آن‌ها در طول موج 760 نانومتر خوانده شد. سپس منحنی غلظت گالیک اسید در برابر جذب رسم گردید.

2-2-3- اندازه‌گیری خاصیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رادیکال‌های آزاد¹

در این مطالعه، جهت اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها از روش کام و همکاران (2009) با اندکی تغییر استفاده شد [21]. ابتدا، نمونه‌ها به نسبت‌های مختلف با آب مقطر رقیق شده و سه رقت مختلف از نمونه‌ها تهیه گردید. سپس محلول متانولی DPPH با غلظت 0/06 میلی‌مولار تهیه شده (به دلیل حساسیت محلول DPPH به نور، اطراف بالن ژوژه با فویل آلومینیوم پوشانده شد) و با متانول به حجم رسید و به خوبی مخلوط گردید. 1 میلی‌لیتر از رقت‌های مختلف هر کدام از نمونه‌ها داخل لوله آزمایش ریخته و 3 میلی‌لیتر از محلول DPPH به آن اضافه شد و بلافاصله درب لوله‌ها توسط فویل پوشانده و به خوبی مخلوط گردید و پس از قرار دادن در تاریکی به مدت 30 دقیقه (به منظور رسیدن به جذب پایدار) جذب نمونه در طول موج 515 نانومتر خوانده شد. پس از خواندن جذب نمونه‌ها و محاسبه غلظت آن‌ها از روی معادله و منحنی استاندارد DPPH، طبق فرمول زیر مقدار DPPH باقی‌مانده محاسبه و نمودار آن در برابر غلظت نمونه‌ها رسم گردید. با قرار دادن مقدار عددی 0/5 در معادله می‌توان مقدار EC_{50} را به دست آورد. هر چه مقدار EC_{50} کم‌تر باشد، یعنی نمونه فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیش‌تری دارد.

1. 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)

مصنوعی و سنتزی عوارض جانبی بالایی دارند، در بسیاری از کشورها محدود و یا ممنوع شده‌اند [18]. محققان در پی وارد کردن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در رژیم غذایی انسان‌ها می‌باشند. از این رو تولید یک محصول تخمیری با خواص آنتی‌اکسیدانی مناسب بسیار حائز اهمیت بوده، لذا هدف از این تحقیق، بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی و فیزیکوشیمیایی یک نوشیدنی تخمیری فراسودمند با استفاده از پسته، آب پنیر و استارتر کفیر است.

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

در این تحقیق از مغز پسته واریته اکبری استفاده شد. دانه‌های کفیر و آب پنیر به ترتیب از بانک میکروبی و کارگاه لبنیات گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تهران تهیه گردید. 1,1-دی فنیل-2-پیکریل هیدرازیل (DPPH) و فنل از شرکت سیگما (امریکا) و متانول، گالیک اسید، معرف فولین-سیوکالتیو¹، کربنات سدیم، کلرید آهن، پتاسیم فری سیانید، کلرو استیک اسید، اسید سولفوریک غلیظ، از شرکت مرک (آلمان) خریداری شدند.

2-2- روش‌ها

2-2-1- تهیه شیر پسته

برای تهیه شیر پسته ابتدا مغزهای پسته به مدت یک شب در آب خیس‌انده تا پوست سطح آن‌ها جدا شود، مغزهای پوست‌گیری شده با نسبت‌های 4 و 8 به همراه 100 میلی‌لیتر آب پنیر (به دو نسبت 5 و 2/5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز) در یک مخلوط کن آسیاب و دوغاب حاصل توسط دو لایه پارچه متقال فیلتر شد. سپس شیر پسته حاصل به داخل ظروف شیشه‌ای درب‌دار منتقل و در بن ماری مدرج در دمای 70°C به مدت 20 دقیقه پاستوریزه شد. پس از سرد شدن تا دمای محیط، ظروف حاوی شیر پسته توسط 2، 5 و یا 8 درصد دانه کفیر تلقیح و پس از تخمیر در دمای 25°C به مدت 48 ساعت، دانه‌های کفیر توسط آب کش پلاستیکی جدا شده و آنالیزهای بعدی روی نوشیدنی‌ها انجام شد.

2-2-2- اندازه‌گیری مقدار فنل کل

در این تحقیق، برای اندازه‌گیری مقدار فنل کل از روش سینگلتن و راسی (1965) با کمی تغییر استفاده شد [20].

1. Folin- ciocalteo

10000 g و دمای 4°C ، به مدت 10 دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از ته نشینی کفیران، ته نشست را دوباره در آب مقطر حل کرده و به منظور حذف هر گونه ماده نامحلول باقی مانده، با همان شرایط فوق سانتریفیوژ گردید. در مرحله بعد، دوباره ته نشست در آب مقطر حل شد. برای اندازه گیری غلظت کفیران تولید شده ابتدا، به هر نمونه 1 میلی لیتر فنل 5 درصد افزوده شده، سپس 5 میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه گردید و پس از نیم ساعت نگهداری در دمای اتاق جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج 485 نانومتر خوانده شد، و پس از مقایسه با منحنی استاندارد گلوکز، غلظت کفیران در نمونه مورد نظر به دست آمد.

7-2-2- اندازه گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته نمونه‌ها در دمای اتاق با یک ویسکومتر چرخان قابل برنامه‌ریزی دارای مخزن 20 میلی لیتری مجهز به اسپیندل شماره 60 با سرعت چرخش 42 دور در دقیقه اندازه‌گیری و بر حسب میلی پاسکال ثانیه گزارش گردید.

8-2-2- شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمرها

تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک از طریق کشت پورپلیت رقت مناسب در محیط کشت MRS در دمای 30°C به مدت 72 ساعت و تعداد مخمرها از طریق کشت سطحی رقت مناسب در محیط کشت PDA در دمای 25°C به مدت 48 ساعت، اندازه‌گیری و نتایج به صورت تعداد کلنی حاصل از هر میلی لیتر شیر پسته (تعداد کلنی در هر میلی لیتر) گزارش شد.

9-2-2- آنالیز آماری

اختلاف بین تیمارهای مختلف بر اساس طرح آماری فاکتوریل کاملاً تصادفی با استفاده از تحلیل واریانس (ANOVA) در سطح اطمینان 5 درصد تعیین شد. مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 1,9 در سطح اطمینان 5 درصد انجام گرفت.

3- نتایج و بحث

3-1- اثر تخمیر بر فنل کل

مقایسه مقدار فنل کل در نمونه تخمیر نشده و تخمیری

باقیمانده DPPH $Y/Y_0 \% =$

(1)

$Y =$ غلظت DPPH در نمونه

$Y_0 =$ غلظت DPPH در نمونه کنترل (حاوی 100 میکرولیتر متانول و 3/9 میلی لیتر محلول DPPH)

برای رسم منحنی استاندارد DPPH، از محلول DPPH رقت‌های مختلف در متانول تهیه کرده (25، 10 و 5 میلی گرم در لیتر)، و جذب هر یک از آن‌ها در طول موج 515 نانومتر خوانده شد. سپس نمودار غلظت در برابر جذب رسم گردید.

4-2-2- اندازه گیری خاصیت احیاکنندگی

برای اندازه‌گیری این پارامتر از روش ایازو (1986) با اندکی تغییر استفاده شد [22]. ابتدا 2/5 میلی لیتر از نمونه با 2/5 میلی لیتر فسفات بافر (0/2 مولار و $\text{pH} = 6/6$) و 2/5 میلی لیتر پتاسیم فری سیانید 1 درصد به خوبی مخلوط و در دمای 50°C به مدت 20 دقیقه گرمخانه‌گذاری شد. بعد از طی شدن زمان گرمخانه‌گذاری 2/5 میلی لیتر تری کلرو استیک اسید 1 درصد به مخلوط فوق اضافه و مخلوط حاصل در 1400 g به مدت 10 دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس 5 میلی لیتر از لایه فوقانی با 5 میلی لیتر آب مقطر مخلوط و 1 میلی لیتر کلرید آهن III به آن افزوده و خوب مخلوط گردید. در ادامه جذب مخلوط حاصل در طول موج 700 نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر خوانده شد. جذب بالاتر نشان دهنده قدرت احیاکنندگی بیش‌تر است.

5-2-2- اندازه گیری pH

این پارامتر با pH متر الکترونیک اندازه‌گیری شد. نخست pH متر توسط بافرهای 4 و 7 کالیبره شده و الکتروود آن پس از شسته شدن با آب مقطر و خشک کردن درون نمونه مورد نظر قرار داده شد و pH یادداشت گردید.

6-2-2- اندازه گیری غلظت کفیران

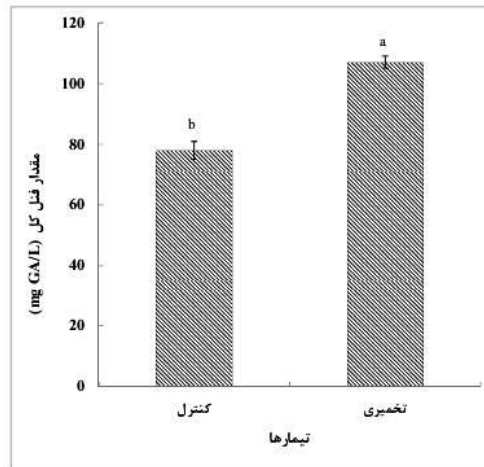
برای اندازه‌گیری غلظت کفیران از روش دوبایس و همکاران (1956) با اندکی اصلاح استفاده شد [23]، بدین منظور هم حجم نمونه اتانول سرد (20°C) به نمونه افزوده و به مدت یک شب در دمای 20°C نگهداری شد. سپس مخلوط حاصل، در

نشان می‌دهد که مقدار فنل کل در نمونه تخمیری (mg GA/L) $108 \pm 2/2$ به‌طور معنی‌داری ($P < 0/05$) بیش‌تر از نمونه غیر تخمیری ($78 \pm 3/4$ mg GA/L) می‌باشد (شکل 1).

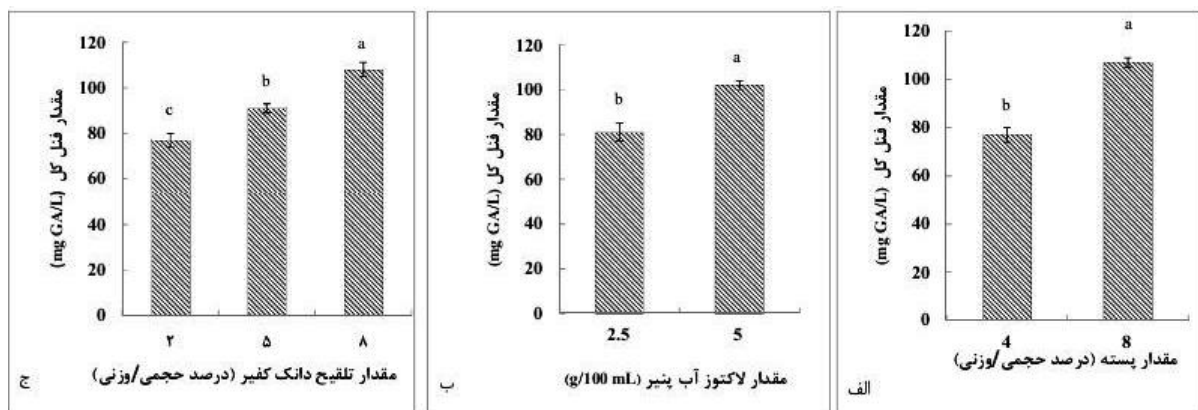
برای رسیدن به حداکثر میزان فنل کل در شرایط تخمیری، تاثیر مقدار پسته، لاکتوز آب پنیر و مقدار تلقیح دانک کفیر بر روی مقدار فنل کل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار فنل کل در نمونه با 8 درصد حجمی/وزنی پسته، به میزان 29 mg GA/L بیش‌تر از نمونه حاوی 4 درصد حجمی/وزنی پسته می‌باشد. همچنین مقدار فنل کل در نمونه تهیه شده با آب پنیر حاوی 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز به میزان 19/6 درصد بیش‌تر از نمونه تهیه شده با آب پنیر حاوی 2/5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز می‌باشد. از طرفی میزان فنل کل

رابطه مستقیم با مقدار تلقیح دانک کفیر دارد به‌طوری که با افزایش سطح تلقیح به 8 درصد حجمی/وزنی، میزان فنل کل به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (شکل 2).

هم‌چنین برهمکنش و تحلیل آماری این سه فاکتور برای رسیدن به بالاترین میزان تولید فنل کل نشان داد، که در نمونه تخمیری تولید شده با آب پنیر حاوی 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز، 8 درصد حجمی/وزنی پسته و میزان 8 درصد حجمی/وزنی تلقیح دانک کفیر، مقدار فنل کل به‌طور معنی‌داری ($P < 0/05$) بیش‌تر از سایر نمونه‌ها بوده و برابر با mg GA/L $130/91 \pm 1/29$ می‌باشد (جدول 1). در نتیجه مقدار فنل کل در نمونه مذکور به میزان 39/69 درصد بیش‌تر از نمونه کنترل است.



شکل 1) اثر تخمیر بر مقدار فنل کل (ستون‌هایی با حروف متفاوت در آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) دارند)



شکل 2) اثر، الف- مقدار پسته، ب- مقدار لاکتوز آب پنیر و ج- مقدار تلقیح دانک کفیر بر افزایش مقدار فنل کل (ستون‌هایی با حروف متفاوت در آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) دارند).

را دارد مخلوط می‌شود، احیا شده که این پدیده با از دست رفتن رنگ بنفش آن همراه است. این نتیجه را می‌توان با پارامتر غلظت موثر یا EC_{50} (به معنی غلظتی از ماده که 50 درصد از فعالیت رادیکال‌های DPPH را خنثی می‌کند) نشان داد. اگر فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا باشد، مقدار این پارامتر پایین است. شکل 3 نشان می‌دهد، فرایند تخمیر مقدار EC_{50} را به‌طور معنی‌داری به میزان 33 درصد کاهش می‌دهد. در نتیجه می‌توان دریافت که تخمیر توانایی کاهش مقدار EC_{50} و افزایش خاصیت آنتی‌رادیکالی را دارد.

در بررسی اثر فاکتورهای مختلف بر EC_{50} مشخص شد که مقدار این پارامتر در نمونه حاوی 8 درصد پسته، 19 درصد کم‌تر از نمونه با 4 درصد پسته است. همچنین این پارامتر در نمونه حاوی آب پنیر با 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز به میزان حدود 0/1 mL/1mL کم‌تر از نمونه حاوی آب پنیر با 2/5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز می‌باشد. از طرفی میزان EC_{50} رابطه عکس با مقدار تلقیح دانک کفیر دارد به‌طوری که کم‌ترین مقدار EC_{50} مربوط به تلقیح دانک کفیر به مقدار 8 درصد می‌باشد (شکل 4).

نتایج برهمکنش این سه فاکتور نشان می‌دهد، مقدار EC_{50} در تیمار 8 که تهیه شده از آب پنیر حاوی 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز، 8 درصد حجمی/وزنی پسته و میزان 8 درصد حجمی/وزنی تلقیح دانک کفیر می‌باشد، از سایر تیمارها کم‌تر

افزایش فنل کل در فراورده‌های تخمیری و در نتیجه بهبود خاصیت آنتی‌اکسیدانی توسط بسیاری از پژوهشگران به اثبات رسیده است [24-25] و علت آن، به هیدرولیز ترکیبات فنولی گلیکوزیل و ایجاد فنل آزاد نسبت داده شده است. آن چه که مسلم است، دانک کفیر در طی فرایند تخمیر توانایی افزایش مقدار فنل را دارد. میکروارگانیسم‌های دانک کفیر برای فعالیت خود نیاز به لاکتوز دارند و چون در آب پنیر حاوی درصد حجمی/وزنی 5٪ لاکتوز میزان لاکتوز کل بیش‌تر است، در نتیجه محیط برای فعالیت این میکروارگانیسم‌ها مساعدتر بوده و میزان تولید فنل کل بیش‌تر خواهد بود. ویوانگ و همکاران (2006)، در تحقیقی به نتایج مشابه با تحقیق حاضر دست یافتند. این محققین بیان داشتند که محتوای فنل کل آب زغال اخته، انگور و توت فرنگی بعد از تخمیر با سراتیا واکسینی¹ افزایش معنی‌داری داشته، که به‌طور مثال پس از تخمیر توت فرنگی به مدت 5 روز مقدار فنل کل از 385 به 771 میلی‌گرم گالیک اسید به ازای هر لیتر رسیده است [27].

3-2- اثر تخمیر بر کاهش رادیکال آزاد DPPH

DPPH یک مولکول آزاد پایدار بنفش رنگ بوده، که در طول موج 520 نانومتر دارای جذب نوری می‌باشد [28]. زمانی که محلولی از DPPH با ماده‌ای که توانایی اهدای اتم هیدروژن

1. *Serrtia vaccinia*

جدول (1) اثر متقابل سه فاکتور مقدار پسته، لاکتوز آب پنیر و مقدار تلقیح دانک کفیر بر مقدار فنل کل

تیمارها	مقدار لاکتوز آب پنیر (g/100ml)	مقدار تلقیح دانک کفیر (درصد حجمی/وزنی)	مقدار پسته (درصد حجمی/وزنی)	مقدار فنل کل mg GA/L
1	2/5	5	4	61/64 ± 2/43 ^h
2	5	5	4	85/66 ± 3/06 ^f
3	2/5	8	4	76/77 ± 1/93 ^g
4	5	8	4	94/27 ± 1/12 ^e
5	2/5	5	8	100/87 ± 2/04 ^d
6	5	5	8	115/77 ± 1/79 ^e
7	2/5	8	8	123/24 ± 1/25 ^b
8	5	8	8	130/91 ± 1/29 ^a

*هر عد میانگین سه تکرار (Mean±SD) است.

**حروف مختلف نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0/05).

می‌باشد، لذا این تیمار دارای بالاترین خاصیت ضد رادیکالی و بالطبع بالاترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی است (جدول 2)، و میزان EC_{50} آن به مقدار 75/60 درصد کم‌تر از نمونه کنترل می‌باشد.

این‌که پس از تخمیر با دانک کفیر، قدرت احیاکنندگی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($P < 0/05$) افزایش می‌یابد به‌وسیله بسیاری از محققین اثبات شده است. لیو و همکاران (2005)، نتیجه مشابهی را در شیر سویای تخمیر شده با دانک کفیر به‌دست آورده‌اند و مشاهده کردند که قدرت احیاکنندگی شیر سویای تخمیری نسبت به نوع غیر تخمیری بیش‌تر است [31]. گزارش شده است که شیر حاوی آنتی‌اکسیدان‌هایی هم‌چون لاکتوفیرین، آسکوربیک اسید، آلفا توکوفرول و کاروتنوئید می‌باشد [32]. از طرف دیگر بعضی از پروتئین‌ها و پپتیدهای حاضر در شیر هم ممکن است دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی باشند [33-34]. به احتمال زیاد این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در آب پنیر هم حضور دارند که می‌توان قدرت احیاکنندگی را به آن‌ها ربط داد. برخی محققین ترکیبات سولفوردار و هم‌چنین پروتئین‌ها و پپتیدهای حاوی گروه هیدروکسیل آزاد را عامل فعالیت احیاکنندگی پیشنهاد کرده‌اند. ترکیب دیگری که می‌توان فعالیت احیاکنندگی نمونه‌ها را به آن ربط داد ترکیبات فنلی موجود در پسته می‌باشند. شکستن این ترکیبات در طول تخمیر احتمالاً سبب آزاد شدن بخش‌های سولفیدریلی و هیدروکسیلی می‌شود، که این بخش‌ها نیز می‌توانند فعالیت احیاکنندگی نمونه را توجیه کنند.

3-4- اثر تخمیر بر pH

مقایسه pH در نمونه تخمیری و غیر تخمیری نشان می‌دهد طی فرایند تخمیر pH به‌طور معنی‌داری ($P < 0/05$) به میزان 46/2٪ کاهش می‌یابد (شکل 7). بررسی اثر فاکتورهای مختلف بر pH نشان داده است، این فاکتور در نمونه تخمیری حاوی 4 درصد حجمی/وزنی پسته به میزان 8/1 درصد کم‌تر از نمونه تخمیری حاوی 8 درصد حجمی/وزنی پسته می‌باشد. و هم‌چنین pH در نمونه تخمیری حاوی 2/5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز، به‌طور معنی‌داری ($P < 0/05$) کم‌تر از نمونه حاوی 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز

می‌باشد، لذا این تیمار دارای بالاترین خاصیت ضد رادیکالی و بالطبع بالاترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی است (جدول 2)، و میزان EC_{50} آن به مقدار 75/60 درصد کم‌تر از نمونه کنترل می‌باشد.

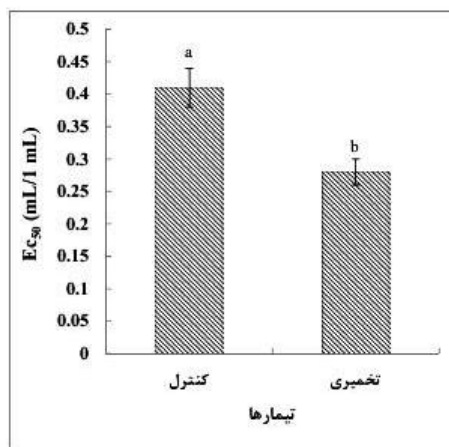
خاصیت جذب رادیکال‌های آزاد را می‌توان به فرایند تخمیر و مواد اولیه موجود در ساختار این نوشیدنی ربط داد، که این موضوع توسط بسیاری از محققین تایید شده است. نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد، از جمله عوامل موثر در کاهش مقدار EC_{50} ، ترکیبات فنلی موجود در پسته [29]، نوع اسید آمینه‌ها و پروتئین‌های موجود در ساختار آب پنیر [30]، افزایش محتوای فنل آزاد طی فرایند تخمیر [27] و فعالیت آنزیم‌های ترشح شده توسط میکروارگانیسم‌های دانک کفیر [26] می‌باشند.

3-3- اثر تخمیر بر قدرت احیاکنندگی

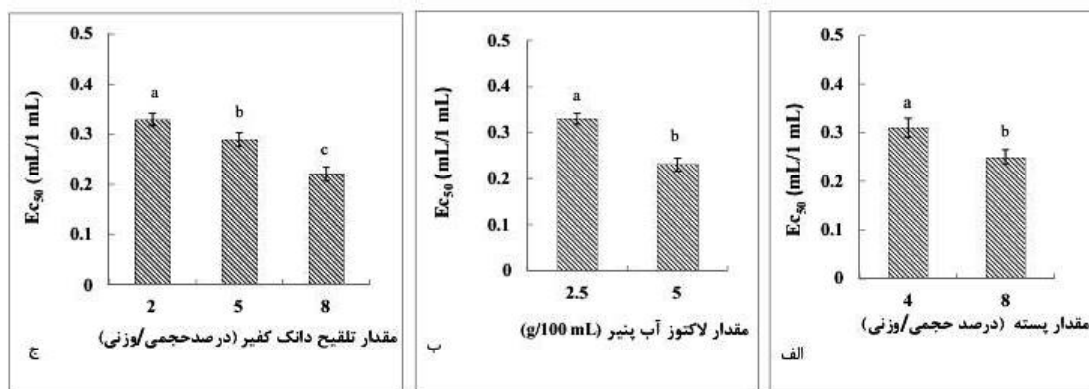
قدرت احیاکنندگی یکی دیگر از پارامترهایی است که می‌تواند به خاصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها مرتبط باشد. به‌طوری که، قدرت احیاکنندگی بالاتر نشان‌دهنده خاصیت آنتی‌اکسیدانی بیش‌تر است. در شکل 5، تفاوت بین نمونه تخمیری و کنترل، از نظر قدرت احیاکنندگی بررسی شده است. مشاهده می‌شود که قدرت احیاکنندگی در نمونه تخمیری به‌طور معنی‌داری به میزان 62 درصد بیش‌تر از نمونه کنترل می‌باشد.

بررسی اثر فاکتورهای مختلف برای رسیدن به بالاترین خاصیت احیاکنندگی نشان می‌دهد، قدرت احیاکنندگی در نمونه تخمیری حاوی 8 درصد حجمی/وزنی پسته، به میزان 23 درصد بیش‌تر از نمونه حاوی 4 درصد حجمی/وزنی پسته می‌باشد. این پارامتر در نمونه حاوی آب پنیر با 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز، به میزان 25 درصد بیش‌تر از نمونه تهیه شده با آب پنیر حاوی 2/5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز است. هم‌چنین در نمونه‌ای که میزان تلقیح دانک کفیر برابر با 8 درصد حجمی/وزنی است، قدرت احیاکنندگی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از نمونه‌ها با میزان تلقیح کم‌تر می‌باشد (شکل 6).

نتیجه برهمکنش فاکتورهای مختلف و تحلیل آماری آن نشان می‌دهد، تیمار 8 که با آب پنیر حاوی 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز و 8 درصد حجمی/وزنی پسته تهیه شده

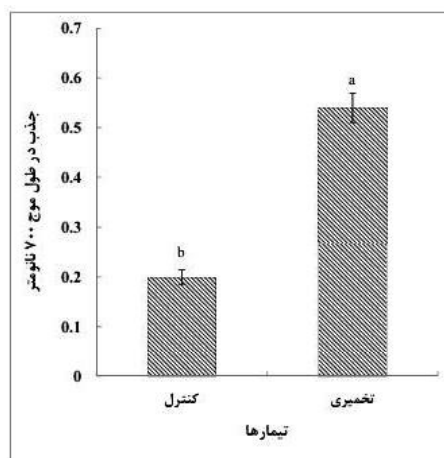


شکل (3) اثر تخمیر بر مقدار EC₅₀ (ستون‌هایی با حروف متفاوت در آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار (P<0/05) دارند)

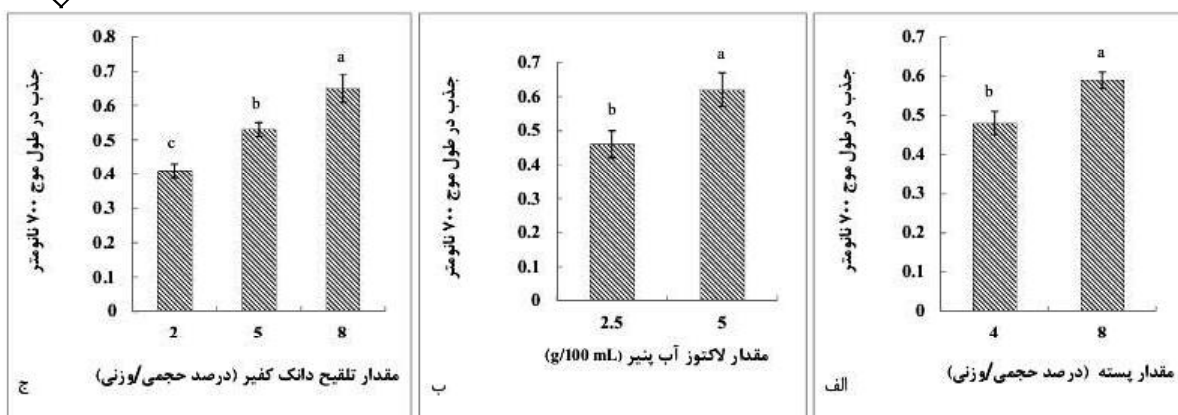


شکل (4) اثر، الف- مقدار پسته، ب- مقدار لاکتوز آب پنیر و ج- مقدار تلقیح دانک کفیر بر کاهش مقدار EC₅₀

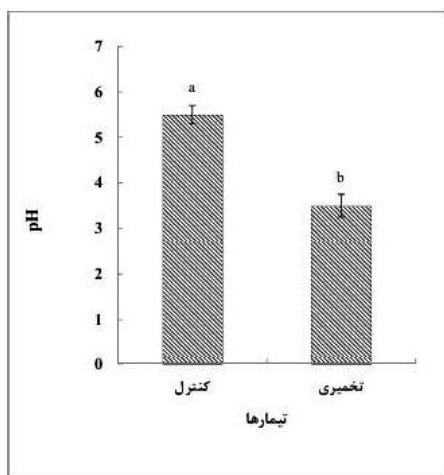
(ستون‌هایی با حروف متفاوت در آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار (P<0/05) دارند)



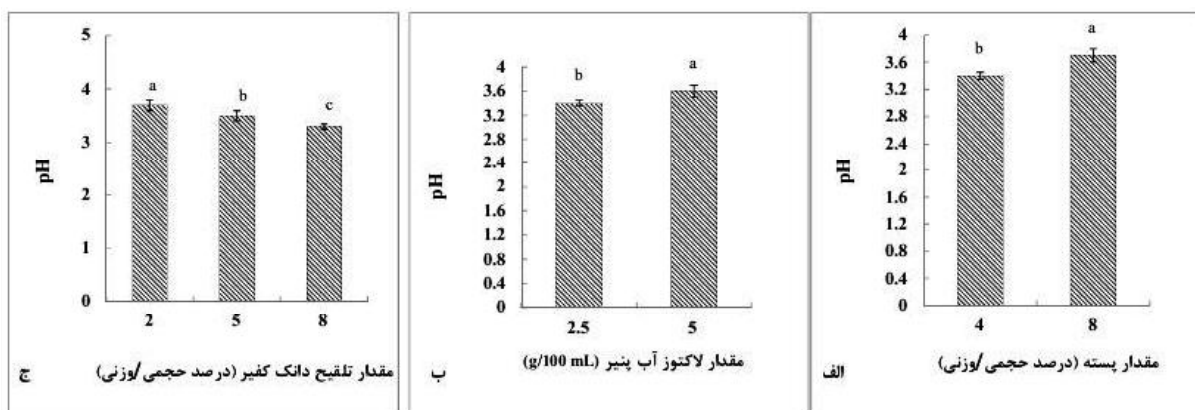
شکل (5) اثر تخمیر بر قدرت احیاکنندگی (ستون‌هایی با حروف متفاوت در آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار (P<0/05) دارند)



شکل (6) اثر، الف- مقدار پسته، ب- مقدار لاکتوز آب پنیر و ج- مقدار تلقیح دانک کفیر بر افزایش قدرت احیاکنندگی (ستون‌هایی با حروف متفاوت در آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) دارند)



شکل (7) اثر تخمیر بر مقدار pH (ستون‌هایی با حروف متفاوت در آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) دارند).



شکل (8) اثر، الف- مقدار پسته، ب- مقدار لاکتوز آب پنیر و ج- مقدار تلقیح دانک کفیر بر pH (ستون‌هایی با حروف متفاوت در آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) دارند)

جدول (2) اثر متقابل سه فاکتور مقدار پسته، لاکتوز آب پنیر و مقدار تلقیح کفیر بر EC₅₀

EC ₅₀ mL/1 mL	مقدار پسته (درصد حجمی/وزنی)	مقدار تلقیح دانک کفیر (درصد حجمی/وزنی)	مقدار لاکتوز آب پنیر (g/100ml)	تیمارها
0/3 ± 0/03 ^a	4	5	5/2	1
0/29 ± 0/02 ^{bc}	4	5	5	2
0/30 ± 0/02 ^b	4	8	5/2	3
0/22 ± 0/03 ^e	4	8	5	4
0/32 ± 0/03 ^{ab}	8	5	5/2	5
0/23 ± 0/02 ^{de}	8	5	5	6
0/26 ± 0/02 ^{cd}	8	8	5/2	7
0/10 ± 0/03 ^f	8	8	5	8

*هر عد میانگین سه تکرار (Mean±SD) است.

**حروف مختلف نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0/05).

جدول (3) اثر متقابل سه فاکتور مقدار پسته، لاکتوز آب پنیر و مقدار تلقیح دانک کفیر بر قدرت احیاکنندگی

جذب در طول موج 700 نانومتر	مقدار پسته (درصد حجمی/وزنی)	مقدار تلقیح دانک کفیر (درصد حجمی/وزنی)	مقدار لاکتوز آب پنیر (g/100ml)	تیمارها
0/37 ± 0/03 ^e	4	5	5/2	1
0/62 ± 0/02 ^{bc}	4	5	5	2
0/43 ± 0/01 ^d	4	8	5/2	3
0/71 ± 0/02 ^b	4	8	5	4
0/51 ± 0/03 ^c	8	5	5/2	5
0/65 ± 0/03 ^{bc}	8	5	5	6
0/69 ± 0/02 ^b	8	8	5/2	7
0/80 ± 0/02 ^a	8	8	5	8

*هر عد میانگین سه تکرار (Mean±SD) است.

**حروف مختلف نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0/05).

مشاهده می‌شود که pH تمامی نمونه‌ها پس از تخمیر کاهش معنی‌داری یافته است. این نتیجه توسط بسیاری از محققین به اثبات رسیده است [35-36]. کاهش pH در طول تخمیر را می‌توان به تولید اسیدهای آلی در دوره رشد لگاریتمی باکتری‌های لاکتیکی موجود در دانک کفیر نسبت داد. بنسبیرا و جیانگ (2011)، در تحقیقی pH شیر بادام زمینی تخمیری با کفیر را حدود 4 گزارش کردند. این محققان کاهش pH در طی تخمیر شیر بادام زمینی را به مصرف لاکتوز توسط میکروارگانیسم‌های دانک کفیر و افزایش مقدار اسید لاکتیک

آب پنیر می‌باشد. از طرفی میزان تلقیح دانک کفیر با pH رابطه عکس دارد و هر چه میزان تلقیح افزایش یابد مقدار این فاکتور کاهش می‌یابد (شکل 8). بررسی برهمکنش بین فاکتورهای مختلف نشان می‌دهد، تیمار 8 که حاوی 8 درصد حجمی/وزنی پسته، 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز آب پنیر و تلقیح دانک کفیر به میزان 8 درصد حجمی/وزنی می‌باشد، دارای کم‌ترین مقدار pH است. مقدار این فاکتور در این تیمار به میزان 50/8 درصد کم‌تر از نمونه کنترل می‌باشد (جدول 4).

جدول (4) اثر متقابل سه فاکتور مقدار پسته، لاکتوز آب پنیر و مقدار تلقیح دانک کفیر بر pH

تیماها	مقدار لاکتوز آب پنیر (g/100ml)	مقدار تلقیح دانک کفیر (درصد حجمی/وزنی)	مقدار پسته (درصد حجمی/وزنی)	pH
1	5/2	5	4	a03/0± 62/3
2	5	5	4	c02/0± 41/3
3	5/2	8	4	b04/0± 52/3
4	5	8	4	b01/0± 30/3
5	5/2	5	8	e03/0± 53/3
6	5	5	8	c01/0± 41/3
7	5/2	8	8	d02/0± 34/3
8	5	8	4	f02/0± 20/3

*هر عد میانگین سه تکرار (Mean±SD) است.

**حروف مختلف نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0/05).

در طول تخمیر نسبت داده‌اند [37].

لاکتوز ماده ضروری برای فعالیت میکروارگانیسم‌های دانک کفیر است. زمانی که آب پنیر با مقدار لاکتوز بیشتر، برای تهیه نوشیدنی استفاده می‌شود به علت فعالیت بهتر میکروارگانیسم‌های دانک کفیر، که تولیدکننده کفیران می‌باشند، غلظت کفیران بیشتر می‌شود. از طرفی با بالاتر رفتن مقدار تلقیح دانک کفیر، غلظت کفیران نیز افزایش می‌یابد، که این امر به علت مسئول بودن میکروارگانیسم‌ها در تولید کفیران می‌باشد.

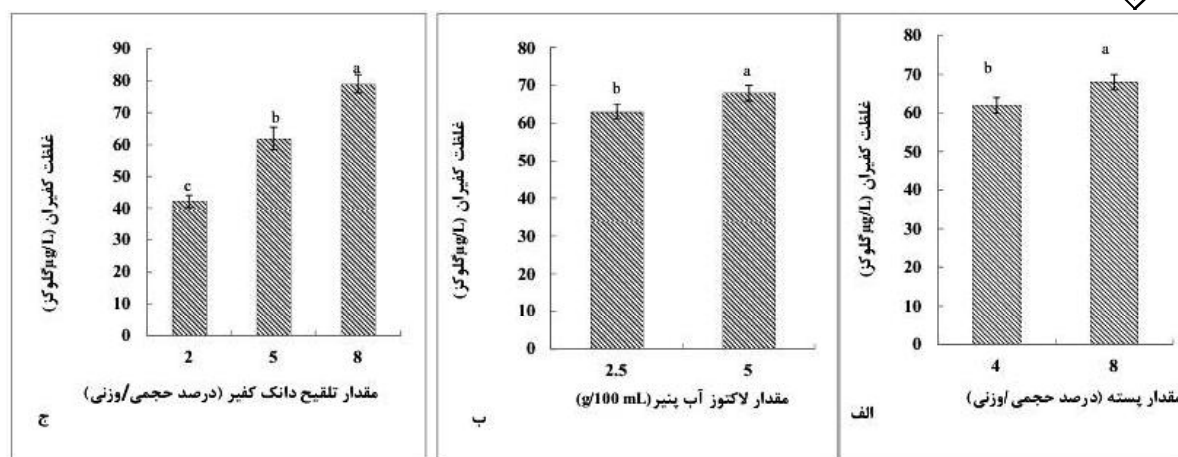
3-5- اندازه‌گیری غلظت کفیران

مطالعه اولیه روی ساختار دانه‌های کفیر نشان داد که بعضی از باکتری‌ها به وسیله یک پلی‌ساکارید به نام کفیران کپسوله شده‌اند. کفیران علاوه بر فرم کپسوله که اطراف دانه‌ها را احاطه کرده است، در داخل خود نوشیدنی تهیه شده با دانک کفیر هم حضور دارد، که این نوع کفیران را خارج سلولی¹ می‌نامند. بررسی اثر فاکتورهای مختلف نشان داد، در نمونه حاوی 8 درصد حجمی/وزنی پسته، غلظت کفیران به طور معنی داری بیش تر از نمونه حاوی 4 درصد حجمی/وزنی پسته می‌باشد و هم‌چنین در نمونه حاوی 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز غلظت کفیران به طور معنی داری به میزان 7/4 درصد بیش تر از نمونه با 2/5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز آب پنیر می‌باشد. مقدار تلقیح دانک کفیر با غلظت کفیران رابطه مستقیم دارد، به طوری که با افزایش تلقیح، غلظت کفیران به طور معنی داری افزایش می‌یابد (شکل 9).

3-6- ویسکوزیته

یکی از فاکتورهای مهم و موثر بر خصوصیات ارگانولپتیکی و بازار پسندی نوشیدنی‌ها، ویسکوزیته آن‌ها است. جدول 6 نشان می‌دهد که تیمار 8 با سطح تلقیح، مقدار پسته و لاکتوز آب پنیر به ترتیب برابر با 8، 8 و 5 درصد حجمی/وزنی دارای بیش ترین مقدار ویسکوزیته می‌باشد. طی فرایند تخمیر توسط میکروارگانیسم‌های دانک کفیر، متابولیت‌های مختلفی هم چون اگزوپلی ساکارید کفیران، اسیدهای آلی و غیره تولید و وارد محصول می‌شوند، این ترکیبات و اثر متقابل آن‌ها می‌تواند باعث تغییر در ویسکوزیته نوشیدنی‌ها شود [38]. در این میان کفیران به عنوان یک هیدروکلوئید آب‌دوست و غلیظ‌کننده نقش مهمی به عهده دارد [39]. نتایج فوق در خصوص تولید کفیران نشان می‌دهد که بالاترین غلظت کفیران در تیمار

نتایج برهمکنش میان فاکتورها و آنالیز آماری آن نشان می‌دهد، تیمار 8 با 8 درصد حجمی/وزنی پسته و 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز آب پنیر که میزان تلقیح دانک کفیر در آن برابر با 8 درصد حجمی/وزنی بوده، دارای بیش ترین غلظت کفیران می‌باشد (جدول 5).



شکل (9) اثر، الف- مقدار پسته، ب- مقدار لاکتوز آب پنیر و ج- مقدار تلقیح دانک کفیر بر غلظت کفیران (ستون‌هایی با حروف متفاوت در آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) دارند)

جدول (5) اثر متقابل سه فاکتور مقدار پسته، لاکتوز آب پنیر و مقدار تلقیح دانک کفیر بر غلظت کفیران

غلظت کفیران ($\mu\text{g/L}$)	مقدار پسته (درصد حجمی/وزنی)	مقدار تلقیح دانک کفیر (درصد حجمی/وزنی)	مقدار لاکتوز آب پنیر (g/100ml)	تیمارها
$64/74 \pm 2/01^h$	4	5	2/5	1
$73/50 \pm 1/98^e$	4	5	5	2
$67/43 \pm 2/50^g$	4	8	2/5	3
$87/05 \pm 3/00^b$	4	8	5	4
$71/23 \pm 1/05^f$	8	5	2/5	5
$85/01 \pm 2/59^c$	8	5	5	6
$83/07 \pm 2/31^d$	8	8	2/5	7
$91/80 \pm 2/67^a$	8	8	5	8

*هر عد میانگین سه تکرار (Mean \pm SD) است.

**حروف مختلف نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($P < 0/05$).

لاکتوز در محیط بیش‌تر باشد، جمعیت باکتری‌ها و مخمرها نیز بیش‌تر خواهد بود. از طرفی چون دانک کفیر عامل انتقال میکروارگانسیم‌ها به داخل نوشیدنی می‌باشد، در نتیجه افزایش جمعیت میکروارگانسیم‌ها با افزایش سطح تلقیح دانک امری طبیعی است. این نتایج مشابه نتایج گزارش شده توسط برخی از محققین می‌باشد [41-42].

4- نتیجه گیری

با توجه به اهمیت غذاهای تخمیری و اثرات سلامت بخش آن،

شماره هشت دیده می‌شود.

3-7- شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمرها

وجود تعداد فراوانی از باکتری‌های اسید لاکتیک پروبیوتیک در دانه کفیر توسط بسیاری از محققان تایید شده است [40]. نتایج نشان می‌دهد، جمعیت باکتری‌ها و مخمرها در نوشیدنی تخمیری مربوط به تیمار 8 بیش‌تر از سایر تیمارها می‌باشد (جدول 6). با توجه به این‌که لاکتوز ماده ضروری برای رشد میکروارگانسیم‌های دانک کفیر است، لذا زمانی که

جدول (6) اثر متقابل سه فاکتور مقدار پسته، لاکتوز آب پنیر و مقدار تلقیح دانک کفیر بر ویسکوزیته، تعداد باکتری‌ها و مخمرها

تیماها	1	2	3	4	5	6	7	8
مقدار لاکتوز آب پنیر (g/100ml)	2/5	5	2/5	5	2/5	5	2/5	5
مقدار تلقیح دانک کفیر (درصد حجمی/وزنی)	5	5	8	8	5	5	8	8
مقدار پسته (درصد حجمی/وزنی)	4	4	4	4	8	8	8	8
ویسکوزیته (mPa.s)	۱۳۱ ± ۰/۰۴ ^g	۲ ± ۰/۰۲ ^{de}	۱۶۹ ± ۰/۰۲ ^f	۲۰۸ ± ۰/۰۵ ^c	۱۹۵ ± ۰/۰۲ ^e	۲۱۴ ± ۰/۰۲ ^b	۲۰۲ ± ۰/۰۲ ^{cd}	۲۲۰ ± ۰/۰۳ ^a
تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک (تعداد کلنی در هر میلی لیتر (× 10 ⁸))	۳/۰۶ ± ۰/۰۱ ^e	۳/۵۳ ± ۰/۰۳ ^f	۴/۴۷ ± ۰/۰۳ ^c	۵/۱۹ ± ۰/۰۴ ^a	۳/۸۳ ± ۰/۰۲ ^d	۳/۱۷ ± ۰/۰۶ ^e	۴/۸۰ ± ۰/۰۳ ^b	۵/۴۰ ± ۰/۰۳ ^a
تعداد مخمرها (تعداد کلنی در هر میلی لیتر (× 10 ⁸))	۲/۰۲ ± ۰/۰۱ ^g	۲/۴۰ ± ۰/۰۱ ^f	۲/۵۷ ± ۰/۰۲ ^{bf}	۳/۰۶ ± ۰/۰۱ ^{cd}	۲/۸۰ ± ۰/۰۱ ^g	۳/۲۰ ± ۰/۰۱ ^f	۳/۴۰ ± ۰/۰۴ ^{bf}	۳/۷۰ ± ۰/۰۲ ^{cd}

* هر عد میانگین سه تکرار (Mean±SD) است.

** حروف مختلف نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0/05).

نوشیدنی تخمیری جدیدی از آب پنیر و پسته با استارتر کفیر تولید شد. بررسی‌ها نشان داد استفاده از مقادیر مختلف از

5- تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب طرح شماره 7314872/1/04 با اعتبارات دانشگاه تهران اجرا شده است.

لاکتوز آب پنیر، پسته و دانک کفیر باعث تغییرات قابل توجهی در خواص آنتی‌اکسیدانی و فیزیوشیمیایی این فرآورده شده به طوری که بیش‌ترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونه حاوی 8 درصد حجمی/وزنی پسته، 8 درصد حجمی/وزنی دانک کفیر و 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز آب پنیر می‌باشد. لذا محتوای فنل کل، و قدرت احیاکنندگی در این نمونه، به ترتیب به میزان 39/69 و 75 درصد بیش‌تر و قدرت کاهش رادیکال‌های آزاد بر حسب EC₅₀ به میزان 75/60 درصد کم‌تر از نمونه کنترل است. هم‌چنین غلظت کفیران، مقدار ویسکوزیته و تعداد اسید لاکتیک باکتری‌ها و مخمرها نیز در نمونه مذکور بیش‌تر از سایر نمونه‌ها بوده است. کم‌ترین مقدار pH مربوط به نمونه حاوی 4 درصد حجمی/وزنی پسته، 8 درصد حجمی/وزنی دانک کفیر و 5 درصد حجمی/وزنی لاکتوز آب پنیر

- production by *Lactobacillus kefiranofaciens* in mixed cultures with yeasts. *New Biotechnol.*, 28(6), 574–580.
- [11] Kooiman, P. (1968). The chemical structure of kefiran, the water-soluble polysaccharide of the kefir grain. *Carbohyd. Res.*, 7(2), 200–211.
- [12] Smithers, G.W. (2008). Whey and whey proteins— from “gutter-to-gold.” *Int. Dairy J.*, 18(7), 695–704.
- [13] Ha, E., Zemel, M.B. (2003). Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people (review). *J. Nutr. Biochem.*, 14(5), 251–258.
- [14] Zemel, M. B. (2004). Role of calcium and dairy products in energy partitioning and weight management. *Am. J. Clin. Nutr.*, 79(5), 907–912.
- [15] Shoveller, A.K., Stoll, B., Ball, R.O., Burrin, D.G. (2005). Nutritional and functional importance of intestinal sulfur amino acid metabolism. *J. Nutr.*, 135(7), 1609–1612.
- [16] Tokusoglu, O., Unal, M.K., Yemis, F. (2005). Determination of the phytoalexin resveratrol (3, 5, 4' trihydroxystilbene) in peanuts and pistachios by high-performance liquid chromatographic diode array (HPLC-DAD) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *J. Agr. Food Chem.*, 53(12), 5003–5009.
- [17] Phillips, K.M., Ruggio, D.M., Ashraf-Khorassani, M. (2005). Phytosterol composition of nuts and seeds commonly consumed in the United States. *J. Agr. Food Chem.*, 53(24), 9436–9445.
- [18] Pihlanto, A. (2006). Antioxidative peptides derived from milk proteins. *Int. Dairy J.*, 16(11), 1306–1314.
- [19] Wang, Y.C., Yu, R.C., Chou, C.C. (2006). Antioxidative activities of soymilk fermented with lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Food Microbiol.*, 23(2), 128–35.
- [20] Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of
- [1] Ozer, B.H., Kirmaci, H.A. (2010). Functional milks and dairy beverages. *Int. J. Dairy Technol.*, 63(1), 1–15.
- [2] Farnworth, E. R. (2006). Kefir—a complex probiotic. *Food Sci. Technol. Bull.: Fu*, 2(1), 1–17.
- [3] Alm, L. (1982). Effect of fermentation on B-vitamin content of milk in Sweden. *J. Dairy Sci.*, 65(3), 353–359.
- [4] Jamuna, M., Jeevaratnam, K. (2004). Isolation and characterization of lactobacilli from some traditional fermented foods and evaluation of the bacteriocins. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 50(2), 79–90.
- [5] Kubo, M., Odani, T., Nakamura, S., Tokumaru, S., Matsuda, H. (1992). Pharmacological study on kefir—a fermented milk product in Caucasus. I. On antitumor activity (1). *Yakugaku Zasshi.*, 112(7), 489–495.
- [6] Shiomi, M., Sasaki, K., Murofushi, M., Aibara, K. (1982). Antitumor activity in mice of orally administered polysaccharide from Kefir grain. *Jpn. J. Med. Sci. Biol.*, 35(2), 75–80.
- [7] Vujicic, I.F., Vulic, M., Konyves, T. (1992). Assimilation of cholesterol in milk by kefir cultures. *Biotechnol. Lett.*, 14(9), 847–850.
- [8] Lee, Y.K., Salminen, S. (1995). The coming of age of probiotics. *Trends Food Sci. Tech.*, 6(7), 241–245.
- [9] Macedo, R.F., Freitas, R. J.S., Pandey, A., Soccol, C.R. (1999). Production and shelf life studies of low cost beverage with soymilk, buffalo cheese whey and cow milk fermented by mixed cultures of *Lactobacillus casei* ssp. *shirota* and *Bifidobacterium adolescentis*. *J. Basic Microb.*, 39(4), 243–251.
- [10] Cheirsilp, B., Radchabut, S. (2011). Use of whey lactose from dairy industry for economical kefiran

- cal scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chem.*, 68(1), 81–85.
- [30] Meucci, E., Mordente, A., Martorana, G.E. (1991). Metal-catalyzed oxidation of human serum albumin: conformational and functional changes. Implications in protein aging. *J. Biol. Chem.*, 266(8), 4692–4699.
- [31] Liu, J. R., Chen, M. J., Lin, C. W. (2005). Antimutagenic and antioxidant properties of milk-kefir and soymilk-kefir. *J. Agr. Food. Chem.*, 53(7), 2467–2474.
- [32] Lindmark-Mansson, H., Akesson, B. (2000). Antioxidative factors in milk. *Brit. J. Nutr.*, 84(S1), 103–110.
- [33] Pena-Ramos, E. A., Xiong, Y. L. (2001). Antioxidative activity of whey protein hydrolysates in a liposomal system. *J. Dairy Sci.*, 84(12), 2577–2583.
- [34] Ye, X.Y., Ng, T.B. (2000). Purification and characterization of glycolactin, a novel glycoprotein from bovine milk. *Life Sci.*, 66(13), 1177–1186.
- [35] Athanasiadis, I., Paraskevopoulou, A., Blekas, G., Kiosseoglou, V. (2004). Development of a novel whey beverage by fermentation with kefir granules. Effect of various treatments. *Biotechnol. Progr.*, 20(4), 1091–1095.
- [36] Magalhaes, K.T., Dragone, G., de Melo Pereira, G.V., Oliveira, J.M., Domingues, L., Teixeira, J.A., Schwan, R. F. (2011). Comparative study of the biochemical changes and volatile compound formations during the production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir. *Food Chem.*, 126(1), 249–253.
- [37] Bensmira, M., Jiang, B. (2011). Organic acids formation during the production of a novel peanut-milk kefir beverage. *Brit. J. Dairy Sci.*, 2(1), 18–22.
- [38] Garrote, G. L., Abraham, A.G., De-Antoni, G. L. (1998). Characteristics of kefir prepared with different grain: milk ratios. *J. Dairy Res.*, 65, 149–154.
- total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.*, 16(3), 144–158.
- [21] Cam, M., Hışıl, Y., Durmaz, G. (2009). Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. *Food Chem.*, 112(3), 721–726.
- [22] Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction--antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn. J. Nutr.*, 44(6), 307-315.
- [23] Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J. K., Rebers, Pa., Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28(3), 350–356.
- [24] Chu, S.C., Chen, C. (2006). Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of kombucha. *Food Chem.*, 98(3), 502–507.
- [25] Dordevic, T.M., Siler-Marinkovic, S.S., Dimitrijevic-Brankovic, S.I. (2010). Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals. *Food Chem.*, 119(3), 957–963.
- [26] Katina, K., Liukkonen, K.H., Kaukovirta-Norja, A., Adlercreutz, H., Heinonen, S.M., Lampi, A. M., Poutanen, K. (2007). Fermentation-induced changes in the nutritional value of native or germinated rye. *J. Cereal Sci.*, 46(3), 348–355.
- [27] Vuong, T., Martin, L., Matar, C. (2006). Antioxidant activity of fermented berry juices and their effects on nitric oxide and tumor necrosis factor alpha production in macrophages 264.7 gamma no (-) cell line. *J. Food Biochem.*, 30(3), 249–268.
- [28] Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarın J. Sci. Technol.*, 26(2), 211–219.
- [29] Lu, Y., Yeap Foo, L. (2000). Antioxidant and radi-

- [39] Zolfi, M., Khodaiyan, F., Mousavi, M., Hashemi, M. (2014). Development and characterization of the kefiran-whey protein isolate-TiO₂ nanocomposite films. *Int. J. Biol. Macromol.*, 65, 340–5.
- [40] Garrote, G.L., Abraham, A.G., De-Antoni, G.L. (2000). Inhibitory power of kefir: The role of organic acids. *J. Food Prot.*, 63, 364–369.
- [41] Mazaheri Assadi, M., Abdolmaleki, F., Mokarame, R.R. (2008). Application of whey in fermented beverage production using kefir starter culture. *Nutr. Food Sci.*, 38(2), 121–127.
- [42] Irigoyen, A., Arana, I., Castiella, M., Torre, P., Ibanez, F.C. (2005). Microbiological, physicochemical, and sensory characteristics of kefir during storage. *Food Chem.*, 90, 613–620.