Archive of SID

تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۸/ شماره ٦٦/بهار و تابستان ۱۳۹۸/ص ١٦-١

بهینه‌سازی برخی ویژگی‌های کاربردی، فیزیکی و حسی پنیر لاکتیکی کزمیک

حامد اردشیر[1*]، یحیی مقصودلو[2]، مرتضی خمیری[3]، علیرضا صادقی ماهونک[3] و مهدی کاشانی‌نژاد[2]

۱، ۲ و ۳ - به ترتیب دانش آموخته دکتری، استاد و دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۹؛ تاریخ پذیرش:۹۷/۸/۱۶

چکیده

هدف از این پژوهش یافتن شرایط بهینه برای تولید پنیر لاکتیکی کزمیک به کمک آغازگرها و با استفاده از سه متغیر مستقل میزان افزودن میکروارگانیسم آغازگر، دمای پخت لخته، و pH لخته در هنگام برش است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد عبارت خطی pH بیشترین اثر را بر ویژگی‌های راندمان پنیر و میزان کلسیم و عبارت نمای دوم دمای پخت لخته، بیشترین اثر را بر ویژگی‌های بافت و پذیرش کلی پنیر لاکتیکی داشته است. عبارت نمای دوم دمای پخت لخته بیشترین اثر را بر فعالیت‌های ممانعت کنندگی از فعالیت آنزیم مبدل آنژیوتانسین (ACE) و آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های رنگ و طعم پنیر لاکتیکی داشته است. آغازگرهای مورد استفاده در پنیر لاکتیکی تولید شده باعث بهبود ویژگی‌های کاربردی، فیزیکی و حسی پنیر شده‌اند. نتایج این پژوهش بیانگر کارایی مفید روش سطح پاسخ در بهینه‌سازی فرمولاسیون پنیر لاکتیکی است و تیمار حاوی ۱/۷۵ درصد آغازگر، دمای پخت لخته ٤٢ درجه سلسیوس، و pH برابر ٤/٧ به‌هنگام برش لخته تیمار بهینه برای تولید پنیر لاکتیکی انتخاب شد. در این شرایط مقادیر راندمان تولید پنیر ۱۹/۵ درصد، فعالیت ممانعت کنندگی ACE (IC_{50}) ۰/١٦٠ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ٣٦ درصد، میزان کلسیم ۰/٤٢ درصد، مطلوبیت بافت ۳/۹، مطلوبیت رنگ ٤، مطلوبیت طعم ٤/٢، و پذیرش کلی پنیر ۳/۹ بود.

واژه‌های کلیدی

فرمولاسیون، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فعالیت ممانعت‌کنندگی ACE

مقدمه

در کشور ایران حجم مصرف پنیر لاکتیکی به‌ویژه در بین گروه‌های سنی کودک و نوجوان قابل توجه است و با توجه به اینکه این قشر از جامعه در حال رشد هستند، سلامت و تندرستی آنها اهمیت بسزایی دارد. از این رو پرداختن به هر گروه از مواد غذایی، ازجمله پنیر لاکتیکی که بیشتر به این گروه از جامعه مربوط است، می‌تواند جایگاهی قابل توجه داشته باشد (Fathi-Achachlouei *et al.*, 2015). در تولید پنیرهای لخته اسیدی، از دمای بالا و افزودن اسید آلی یا معدنی استفاده می‌شود که می‌تواند دناتوراسیون (واسرشتی) شدیدی در پروتئین‌های شیر ایجاد کند و در عین حال خروج کلسیم و پروتئین‌های آب‌پنیر را به دنبال دارد. شکستن پروتئین‌ها به‌صورت کاملاً اتفاقی و غیر قابل کنترل صورت می‌گیرد که به دنبال خود آزادسازی پپتیدهای زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که ارزش تغذیه‌ای بالایی دارند (Edalatian *et al.*, 2012). باکتری‌های اسیدلاکتیک که به‌عنوان کشت آغازگر به شیر اضافه می‌شوند به‌صورت ذاتی و طبیعی در شیر وجود دارند که نقشی مهم در طعم و عطر پنیر بازی می‌کنند. از سوی دیگر، برخی باکتری‌های اسیدلاکتیک مانند انتروکوکوس‌ها، به دلیل تولید باکتریوسین، می‌توانند از رشد باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری کنند. به همین دلیل این باکتری‌ها از دیدگاه تکنولوژیکی با اهمیت هستند (Navidghasemizad *et al.*, 2009). ازنظر صنعتی، کاربرد کشت‌های آغازگر ویژه باعث ایجاد کیفیت ثابت در محصول می‌گردد ولی محصولی با محدودیت طعم ایجاد

* نگارنده مسئول: Email:h.ardeshir123@gmail.com

http://doi: 10.22092/fooder.2018.121452.1135

www.SID.ir

Archive of SID

می‌کند. از سوی دیگر، مصرف‌کنندگان معمولاً فرآورده‌های لبنی با طعم طبیعی و اصلی را ترجیح می‌دهند. به همین دلیل، جستجو و کاوش سویه‌های وحشی موجود در طبیعت و نیز در محصولات تخمیری سنتی برای تولید فرآورده‌های لبنی جدید با طعم اصیل و طبیعی مورد توجه بسیار است. پنیرهای حاصل از شیر خام که به‌صورت سنتی تولید می‌شوند، پتانسیل جداسازی نژادهای جدید را برای بهره‌برداری در صنعت لبنیات دارند (Navidghasemizad *et al.*, 2009). حرارت و pH دو عامل مؤثر بر ویژگی‌های پنیر لخته اسیدی هستند. گرما در پنیر کاتیج منجر به کاهش سینرسیس[1] (آب انداختن، دوفاز شدن) می‌شود اما می‌تواند منجر به نقص بافت، نرمی، و شکنندگی لختهٔ پنیر شود. گرما پیوند بین پروتئین‌های آب‌پنیر و کازئین را ایجاد می‌کند که نتیجهٔ آن حفظ پروتئین‌های آب‌پنیر و به دنبال آن افزایش راندمان پنیر است (Mulvihill & Grufferty, 1995). گزارش‌ها نشان می‌دهد که استحکام و گرانروی لختهٔ اسیدی با میزان دناتوراسیون (واسرشتی) پروتئین‌های آب‌پنیر به‌هنگام عمل‌آوری حرارتی ارتباط دارد (Dannenberg & Kessler, 1988). در لختهٔ پیش حرارت‌دهی شده، تشکیل لخته در pH بالاتری آغاز می‌شود؛ به‌طور مثال، در پنیر کاتیج pH تشکیل لخته در شیر حرارت دیده ۵/۴ – ۵/۲ و در شیر حرارت ندیده ۵ است. pH بالاتر شروع تشکیل لخته می‌تواند به pH ایزوالکتریک بالاتر (۵/۲) پروتئین‌های اصلی آب‌پنیر (بتالاکتوگلبولین) نسبت داده شود که موجبات تراکم یا ته‌نشینی ایزوالکتریک کازئین‌هایی را فراهم آورد که pH ایزوالکتریک برابر ۴/۶ دارند (Lucey *et al.*, 1998). در لختهٔ تولید شده از شیر حرارت دیده، حل شدن فسفات کلسیم کلوئید[2] ناشی از کاهش pH در ذرات کازئین که بخشی از شبکه لخته است می‌تواند منجر به سست شدن ساختار لخته و در نتیجه سینرسیس محصول شود.

در pH پایین‌تر، دفع الکترواستاتیک ضعیف‌تر می‌شود اما واکنش‌های آب‌گریز بیشتری را تسهیل می‌کند در نتیجه ژل دوباره محکم‌تر می‌شود و سینرسیس کمتری اتفاق می‌افتد (Van Vliet, 1988). در هنگام برش لخته، pH بالاتر احتمالاً منجر به حفظ بیشتر کلسیم به‌صورت فسفات کلسیم کلوئیدی در میسل‌های کازئین می‌شود دفع الکترواستاتیک بین مولکول‌های کازئین با حل شدن فسفات کلسیم کلوئید افزایش می‌یابد (Home, 1998). همان گونه که پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد، حرارت و pH تأثیر به‌سزایی بر کیفیت بافتی و تغذیه‌ای پنیر دارند. پنیر لاکتیکی، مانند پنیر ریکوتا و کاتیج، از پنیرهای لخته اسیدی است یعنی هم از دمای پخت بالاتر از ۹۰ درجه سلسیوس ممکن است استفاده شود و هم از اسیدهای مختلف، که می‌تواند به نوبهٔ خود آلودگی‌های شیمیایی را به دنبال داشته باشد. از این رو، علاوه بر انتخاب دما و pH مناسب برای تولید پنیرها، کاهش استفاده از این اسیدهای شیمیایی در تولید این گونه پنیرها اهمیت دارد. هدف از این پژوهش یافتن شرایط بهینه برای تولید پنیر لاکتیکی به کمک آغازگرها (آغازگرها) و با استفاده از سه متغیر مستقل میزان افزودن میکروارگانیسم آغازگر، دمای پخت لخته، و pH لخته در هنگام برش است.

مواد و روش‌ها

تهیهٔ پنیر

شیر تازهٔ گاو از دامداری صنعتی مه دشت واقع در شهرستان ساری تهیه شد. پس از تنظیم میزان چربی شیر (۳ درصد)، و پیش از پاستوریزاسیون، ۲ گرم کلرید کلسیم به ازای هر کیلوگرم شیر به آن اضافه گردید (به‌منظور ایجاد بافتی فشرده‌تر). پس از پاستوریزاسیون، شیر تا دمای ۳۲ درجه سلسیوس برای گرم‌خانه گذاری خنک شد. پس از آن، شیر به داخل وت برای تزریق آغازگر و گرم‌خانه گذاری ارسال گردید، شیر در داخل وت به مدت ۱۲-۱۴ ساعت نگهداری شد تا به pH مناسب برای برش لخته برسد. لخته با سیم مشبک برش داده شد. پس از

1- Syneresis
2- Colloid calcium phosphate

www.SID.ir

Archive of SID

برش دادن، به‌منظور جداسازی بهتر آب‌پنیر و ایجاد تغییرات فیزیکوشیمیایی مناسب، لخته به مدت ۲۰ دقیقه در دماهای مختلف به‌صورت کاملاً آرام هم زده شد. سپس لخته همراه با آب به داخل ترولی‌هایی فرستاده شد که بر آن تنظیف قرار دارد. قالب‌های پنیر پس از برش زدن در ظرف‌های ۴۰۰ گرمی پلی‌پروپیلن همراه با آب‌نمک (۱۲ درصد) بسته‌بندی و در سردخانه در دمای ۵-۴ درجه سلسیوس به مدت ۲ ماه نگهداری گردید (Madadlou *et al.*, 2006). آغازگرهای مورد استفاده جزء خانواده پنیر کاتیج تحت عنوان Fresco و شامل باکتری‌های *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*، *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* و *Streptococcus thermophilus* بود.

اندازه‌گیری میزان پپتید زیستی با استفاده از روش ممانعت کنندگی از فعالیت آنزیم مبدل آنژیوتانسین (ACE[1])

۱۲۵ میلی‌لیتر معرف ACE (۰/۵ میلی‌مول /لیتر N-۲-۳ فوریل آکریلیل L-فنیل‌آلانین-گلاسیل گلایسین همراه با استابیلایزر و بافر در pH برابر ۸/۲) همراه با ۱۲۵ میلی‌لیتر نمونه کاملاً ترکیب و در ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲ دقیقه پیش گرم‌خانه گذاری شد، سپس ۲۵ میکرولیتر معرف ACE دوباره به آن اضافه و این ترکیب به مدت ۵ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سلسیوس گرم‌خانه گذاری گردید و در طول موج ۳۴۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل نمونهٔ کنترل با فاصله زمانی ۱۰ دقیقه ارزیابی گردید و به‌صورت IC50 گزارش شد (Vermeirssen *et al.*, 2002).

تخمین فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی با بررسی فعالیت مهار کنندگی رادیکال آزاد (DPPH) ارزیابی شد. ماده ۲ و ۲ دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل یا (DPPH) یک ترکیب رادیکالی پایدار با رنگ بنفش است که با احیا شدن توسط عناصر دهندهٔ الکترون یا هیدروژن (ترکیبات آنتی‌اکسیدانی) به دی فنیل پیکریل هیدرازیل زردرنگ تبدیل می‌شود. توانایی دادن اتم هیدروژن یا الکترون توسط ترکیبات مختلف در این تست با میزان بی‌رنگ کردن یا کاهش میزان جذب نوری محلول بنفش (DPPH) در متانول سنجش شد. در این روش، به‌عنوان ترکیب رادیکالی پایدار از ماده (DPPH) به‌عنوان معرف استفاده شد.

بدین‌ترتیب که ۵۰ میکرولیتر از هر نمونه در متانول به‌طور جداگانه هریک به ۲ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۰۴ درصد (DPPH) اضافه گردید. بعد از ۹۰ دقیقه گرم‌خانه گذاری در دمای اتاق، جذب نوری نمونه در طول موج ۵۱۷ نانومتر در مقابل شاهد قرائت شد. درصد مهار رادیکال‌های آزاد (DPPH) با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه گردید (Pritchard *et al.*, 2010).

$$I\% = (A_{Blank} \div A_{Blank}) \times A_{Sample}۱۰۰ \qquad (۱)$$

اندازه‌گیری کلسیم

اندازه‌گیری کلسیم به روش اسپکترومتری جذب اتمی انجام شد این روش تائید شده ISO /IDF در سال ۱۹۹۲ است.

اصول کلی آن بدین صورت است که نمونه پنیر پس از وزن کردن در داخل کوره ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و پس از سوختن مواد آلی، مواد معدنی آن توسط اسید نیتریک حل گردید سپس با آب مقطر رقیق شده و محلول‌های استاندارد آن تهیه و با استفاده از شعله اسپکترومتر جذب اتمی، اتمیزه و جذب عنصر کلسیم با استفاده از طول موج مناسب اندازه‌گیری شد (Mekmene & Gaucheron, 2011).

راندمان پنیر

راندمان پنیر بر اساس وزن پنیر قبل از آب‌نمک گذاری تقسیم بر کل شیر به‌دست آمد (پس از ۱۹ تا ۲۰ ساعت از زمان ذخیره‌سازی در دمای ۲۳ تا ۲۵ درجه سلسیوس) (Buritti *et al.*, 2005).

1- Angiotensin- converting enzyme

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون حسی

در این پژوهش، ۱۰ نفر داور انتخاب شدند. پس از بیان هدف از آزمون حسی و نیز تعریف ویژگی‌های مورد ارزیابی و نواقص احتمالی هر یک از ویژگی‌ها، نمونه‌های موردنظر در چند نوبت به آنها داده شد؛ ۸ نفر از ۱۰ داور که بیشترین دقت در ارزیابی را داشتند برای آزمون نهایی انتخاب شدند. نمونه‌های پنیر تولیدی بر اساس الگوی آماری مورد استفاده در ارزیابی در اختیار داوران قرار داده شد. برای افزایش دقت آزمون، از هر نمونه پنیر تولیدی ۳ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. داوران در این آزمون به روش هدونیک ۵ امتیازی، نمره‌ای بین ۰ تا ۵ به هر یک از ویژگی‌های طعم، بافت، رنگ، و پذیرش کلی پنیرهای تولید شده اختصاص دادند. هر یک از پارامترهای فوق به‌طور جداگانه ارزیابی شد (Di Pierro *et al.*, 2011).

طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش اثر متغیرهای مستقل شامل pH لخته در هنگام برش، دمای پخت لخته، و میزان میکروارگانیسم آغازگر هر یک در سه سطح ارزیابی شد. در جدول ۱ متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آنها نشان داده شده است. مدل مورد استفاده در روش سطح پاسخ (RSM) معمولاً معادلهٔ درجه دوم است. در روش RSM ، برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف‌شده که آثار اصلی و متقابل عوامل را بر هر متغیر جداگانه بیان می‌کند. مدل چند متغیره به‌صورت زیر است (Khuri & Mukhopadhyay, 2010).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad (۲)$$

جدول ۱- متغیرهای مستقل و مقادیر آنها

متغیر مستقل	نماد ریاضی	سطوح متغیر		
		+۱	۰	-۱
pH	X_1	۴/۹۰	۴/۶۵	۴/۶۰
دمای پخت لخته (درصد)	X_2	۶۰	۴۴	۲۴
میزان آغازگر (درصد)	X_3	۳	۱/۷۵	۰/۵

در این معادله: Y پاسخ پیش‌بینی شده، β_0 ضریب ثابت و β_1، β_2، β_3، β_4 اثرهای خطی، β_{11}، β_{22}، β_{33}، β_{44} اثر مربعات و β_{12}، β_{13}، β_{14}،β_{23}، β_{24}، β_{34} اثرهای متقابل‌اند. از نرم‌افزار Minitab 17 برای تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده و نمودارها به روش سطح پاسخ رسم شد. چهار مدل خطی، خطی- مربعی، خطی-برهم‌کنش، و درجه دوم کامل بر نتایج به‌دست آمده اعمال و مدل‌های مختلف بر اساس R^2، R^2 اصلاح شده، R^2 پیش‌بینی شونده مقایسه شد به‌صورتی که مدل دارای بیشترین مقادیر این سه عامل دارای قدرت پیش‌بینی بالا و دقت بیشتری خواهد بود (Khuri & Mukhopadhyay, 2010).

پس از انتخاب مدل مناسب، به کمک جدول آنالیز واریانس معنی‌دار بودن عبارات مختلف، در سطح ۰/۰۵ درصد، بررسی گردید. مرحلهٔ آخر، بهینه‌سازی شرایط است؛ هدف از این بهینه‌سازی بهبود ویژگی‌های کاربردی، فیزیکی، و حسی پنیر لاکتیکی است. با مقدار مطلوبیت، بین ۰ تا ۱، اعتبار شرایط بهینه سنجیده شد.

نتایج و بحث

گزینش مدل مناسب و تجزیهٔ مدل برازش یافته

نتایج حاصل از تیمارها در جدول ۲ قابل مشاهده است. در این جدول دیده می‌شود بیشترین راندمان پنیر، فعالیت ممانعت کنندگی ACE، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان کلسیم و امتیاز حاصل از ارزیابی حسی به ترتیب مربوط به فرمولاسیون‌های ۲، ۷، ۷، ۲ و ۱۴ بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تیمارهای هر یک از فرمولاسیون‌های پنیر لاکتیکی تولیدشده

تیمار	X_1	X_2	X_3	راندمان پنیر (گرم)	فعالیت ممانعت کنندگی ACE (IC_{50})	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)	کلسیم (درصد)	بافت	رنگ	طعم	پذیرش کلی
۱	۴/۷۵	۶۰	۳/۰۰	۱۹/۷۵	۰/۳۱	۲۰/۳	۰/۴۰	۲/۶	۲/۵	۲/۵	۲/۸
۲	۴/۹۰	۶۰	۱/۷۵	۲۲/۸۰	۰/۲۸	۲۴/۰	۰/۷۰	۲/۵	۲/۳	۲/۸	۲/۳
۳	۴/۶۰	۲۸	۱/۷۵	۱۷/۹۵	۰/۲۳	۳۰/۲	۰/۱۶	۴/۳	۴/۵	۳/۵	۴/۵
۴	۴/۹۰	۴۴	۰/۵۰	۲۰/۹۸	۰/۳۰	۲۱/۵	۰/۵۵	۳/۹	۳/۳	۲/۸	۳/۱
۵	۴/۹۰	۲۸	۱/۷۵	۱۸/۹۵	۰/۲۴	۳۰/۰	۰/۳۰	۳/۴	۳/۵	۲/۸	۳/۰
۶	۴/۷۵	۴۴	۱/۷۵	۲۰/۲۵	۰/۱۳	۳۹/۰	۰/۴۸	۴/۴	۳/۶	۴/۶	۴/۵
۷	۴/۶۰	۴۴	۳/۰۰	۱۸/۱۸	۰/۱۲	۴۱/۵	۰/۱۹	۴/۲	۴/۳	۴/۵	۴/۴
۸	۴/۶۰	۴۴	۰/۵۰	۱۸/۶۱	۰/۲۱	۳۳/۰	۰/۲۵	۳/۷	۴/۲	۳/۹	۳/۸
۹	۴/۷۵	۳۰	۰/۵۰	۲۰/۲۸	۰/۳۴	۱۸/۵	۰/۴۸	۲/۶	۲/۸	۳/۱	۲/۷
۱۰	۴/۷۵	۴۴	۱/۷۵	۲۰/۲۱	۰/۱۶	۳۷/۸	۰/۴۶	۳/۹	۴/۵	۴/۷	۴/۲
۱۱	۴/۶۰	۳۰	۱/۷۵	۱۸/۸۸	۰/۲۸	۲۵/۷	۰/۲۹	۲/۶	۳/۲	۳/۶	۲/۹
۱۲	۴/۷۵	۲۸	۰/۵۰	۱۹/۱۰	۰/۲۷	۲۶/۸	۰/۳۲	۴/۰	۴/۴	۳/۰	۳/۸
۱۳	۴/۹۰	۴۴	۳/۰۰	۲۱/۲۰	۰/۲۴	۲۹/۰	۰/۵۷	۲/۸	۳/۱	۳/۶	۳/۳
۱۴	۴/۷۵	۲۸	۳/۰۰	۱۸/۴۰	۰/۲۰	۳۲/۵	۰/۲۱	۴/۶	۴/۵	۴/۲	۴/۸
۱۵	۴/۷۵	۴۴	۱/۷۵	۱۹/۹۰	۰/۱۷	۳۷/۶	۰/۴۳	۳/۵	۴/۱	۴/۶	۴/۱

پس از مقایسه R^2های مدل‌های مختلف که در جدول ۳ مشخص شده است، مدل خطی-برهمکنش برای پاسخ‌های راندمان پنیر و میزان کلسیم، مدل خطی-مربعی برای پاسخ‌های فعالیت ممانعت کنندگی ACE، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، طعم، و رنگ و مدل درجه دوم کامل برای پاسخ‌های بافت و پذیرش کلی به‌عنوان مدل‌های مناسب انتخاب شدند. جدول ۴، مدل‌های انتخاب شده را برای هر یک از پاسخ‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسهٔ ضریب تعیین مدل‌های مختلف برای هر یک از پاسخ‌ها

مدل		پاسخ							
		راندمان پنیر	فعالیت ممانعت کنندگی ACE	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	کلسیم	بافت	رنگ	طعم	پذیرش کلی
	R^2 درصد	۸۴/۳۶	۳۷/۰۳	۳۸/۴۰	۸۴/۸۹	۶۶/۶۰	۸۱/۴۸	۲۸/۱۷	۶۸/۷۹
خطی	تصحیح شده R^2 درصد	۷۸/۷۳	۱۹/۸۸	۲۱/۸۸	۸۰/۷۹	۵۷/۴۷	۷۶/۴۲	۸/۵۴	۶۰/۳۰
	پیش‌بینی شده R^2 درصد	۶۶/۷۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۷۲/۳۲	۳۹/۸۰	۷۱/۵۰	۰/۰۰	۴۸/۷۷
	R^2 درصد	۸۷/۲۰	۸۷/۳۶	۸۷/۵۵	۹۱/۲۰	۷۹/۶۵	۹۲/۳۱	۸۴/۲۷	۹۲/۷۳
خطی- مربعی	تصحیح شده R^2 درصد	۷۷/۶۱	۷۷/۸۸	۷۸/۲۶	۸۴/۶۳	۶۴/۳۸	۸۶/۵۴	۷۲/۳۰	۸۷/۲۵
	پیش‌بینی شده R^2 درصد	۴۹/۳۳	۵۱/۸۹	۵۰/۶۰	۶۵/۴۶	۲۷/۸۶	۷۸/۰۷	۵۰/۸۱	۷۲/۶۵
	R^2 درصد	۹۲/۵۴	۳۸/۰۸	۳۹/۰۵	۹۰/۷۱	۷۸/۱۱	۸۲/۲۳	۳۸/۱۵	۷۳/۹۰
خطی-برهمکنش	تصحیح‌شده R^2 درصد	۸۷/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۸۳/۷۵	۶۱/۷۲	۶۸/۹۷	۰/۰۰	۵۴/۳۳
	پیش‌بینی‌شده R^2 درصد	۷۰/۷۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۷۴/۲۷	۳۱/۷۷	۵۲/۵۴	۰/۰۰	۲۶/۵۵
	R^2 درصد	۹۶/۴۴	۸۸/۶۴	۸۸/۷۵	۹۷/۳۲	۹۱/۲۵	۹۳/۰۸	۹۴/۱۷	۹۷/۷۹
درجه دوم کامل	تصحیح‌شده R^2 درصد	۹۰/۰۱	۶۷/۶۸	۶۷/۶۳	۹۱/۸۱	۷۵/۴۶	۸۰/۷۲	۸۳/۶۷	۹۳/۹۲
	پیش‌بینی‌شده R^2 درصد	۴۷/۴۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۵۷/۵۲	۶۲/۴۳	۵۸/۰۹	۷/۷۳	۷۸/۹۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مدل‌های انتخاب شده برای هر یک از ویژگی‌های پنیر

ویژگی	مدل
راندمان پنیر (گرم)	4756 - 631 pH - 139.1 temp (C) - 435 Starter dosage (%) + 30.42 pH*temp (C) + 87 pH*Starter dosage (%) + 0.21 temp (C)*Starter dosage (%)
فعالیت ممانعت کنندگی ACE (IC_{50})	20.8 - 8.61 pH - 0.02654 temp (C) - 0.1221 Starter dosage (%) + 0.926 pH*pH + 0.000326 temp (C)*temp (C) + 0.0277 Starter dosage (%) *Starter dosage (%)
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)	-1900 + 809 pH + 2.746 temp (C) + 13.36 Starter dosage (%) - 87.4 pH*pH - 0.03395 temp (C)*temp (C) - 3.15 Starter dosage (%) *Starter dosage (%)
رنگ	-240 + 105.7 pH + 0.1013 temp (C) + 0.157 Starter dosage (%) - 11.48 pH*pH - 0.001693 temp (C)*temp (C) - 0.0533 Starter dosage (%)*Starter dosage (%)
کلسیم (درصد)	2.05 - 0.399 pH - 0.1274 temp (C) - 0.546 Starter dosage (%) + 0.0281 pH*temp (C) + 0.107 pH*Starter dosage (%) + 0.00037 temp (C)*Starter dosage (%)
طعم	-470 + 199.4 pH + 0.3249 temp (C) + 1.217 Starter dosage (%) - 21.30 pH*pH - 0.003825 temp (C)*temp (C) - 0.291 Starter dosage (%)*Starter dosage (%)
بافت	-257 + 110.8 pH - 0.269 temp (C) + 10.50 Starter dosage (%) - 11.85 pH*pH - 0.001823 temp (C)*temp (C) - 0.011 Starter dosage (%)*Starter dosage (%) + 0.0833 pH*temp (C) - 2.133 pH*Starter dosage (%) - 0.00750 temp (C) *Starter dosage (%)
پذیرش کلی	-454 + 197.6 pH - 0.259 temp (C) + 3.52 Starter dosage (%) - 21.48 pH*pH - 0.002376 temp (C)*temp (C) - 0.0853 Starter dosage (%) *Starter dosage (%) + 0.0938 pH*temp (C) - 0.533 pH*Starter dosage (%) - 0.01125 temp (C)*Starter dosage (%)

از جدول آنالیز واریانس برای ارزیابی معنی‌داری عبارت‌ها استفاده شد. برای هر یک از عبارت‌های مدل یک مقدار F و یک مقدار P مشخص شده که هرچه میزان F بیشتر و میزان P کمتر باشد عبارت مورد نظر تأثیر بیشتری در میزان پاسخ و درواقع میزان معنی‌داری بیشتری خواهد داشت (Yolmeh & Jafari, 2017). از این رو، عبارت خطی pH بیشترین اثر را بر ویژگی‌های راندمان پنیر و میزان کلسیم و عبارت خطی دوم دمای پخت لخته بیشترین اثر را بر ویژگی‌های بافت و پذیرش کلی پنیر لاکتیکی دارد. عبارت نمای دوم دمای پخت لخته بیشترین اثر را بر فعالیت‌های ممانعت‌کنندگی ACE و آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های رنگ و طعم پنیر لاکتیکی دارد (جدول ۵). با توجه به جدول آنالیز واریانس مدل برای راندمان پنیر (جدول ۴) عبارت‌های خطی pH و دمای پخت لخته و برهمکنش بین آنها اثر معنی‌داری بر راندمان پنیر لاکتیکی تولیدی دارد ($p<۰/۰۵$). همهٔ عبارت‌های خطی و عبارت‌های نمای دوم دمای پخت و میزان آغازگر اثر معنی‌داری بر فعالیت‌های ممانعت کنندگی ACE و آنتی‌اکسیدانی پنیر لاکتیکی تولیدی دارند ($p<۰/۰۵$). تنها عبارت خطی دمای پخت اثر معنی‌داری بر مطلوبیت بافت پنیر لاکتیکی تولیدی دارد ($p<۰/۰۵$). عبارت خطی pH و عبارت‌های نمای دوم pH و دمای پخت لخته اثر معنی‌داری بر مطلوبیت طعم پنیر لاکتیکی تولیدی دارند ($p<۰/۰۵$). عبارت خطی pH و عبارت‌های نمای دوم دمای پخت اثر معنی‌داری بر مطلوبیت رنگ پنیر لاکتیکی تولیدی دارند ($p<۰/۰۵$).

کلیهٔ عبارت‌های خطی و عبارت‌های نمای دوم دمای پخت و میزان آغازگر اثر معنی‌داری بر پذیرش کلی پنیر لاکتیکی تولیدی دارند ($p<۰/۰۵$). عدم برازش مدل‌های انتخاب شده برای همهٔ پاسخ‌ها معنی‌دار نیست ($p>۰/۰۵$) که نشان دهندهٔ دقت مناسب مدل‌هایی است که انتخاب شده‌اند (جدول ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- نتایج آنالیز واریانس برای هر یک از پاسخ‌ها

منبع	راندمان پنیر				فعالیت ممانعت کنندگی ACE				فعالیت آنتی‌اکسیدانی				کلسیم				بافت			
	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات (MS)	F	P	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P
رگرسیون	۶	۳۷۴۵۰	۱۶/۵۰	۰/۰۰۰	۶	۰/۰۰۹	۹/۲۲	۰/۰۰۳	۶	۱۰۳/۷	۹/۴۰	۰/۰۰۳	۶	۰/۰۵۲	۱۳/۰۳	۰/۰۰۱	۹	۰/۷۷۸	۵/۷۹	۰/۰۳۴
خطی	۳	۶۷۴۱۹	۲۹/۷۱	۰/۰۰۰	۳	۰/۰۰۷	۷/۸۱	۰/۰۰۹	۳	۹۱/۰	۸/۲۴	۰/۰۰۸	۳	۰/۰۹۷	۲۴/۳۹	۰/۰۰۰	۳	۱/۷۰۱	۱۲/۶۷	۰/۰۰۹
(X_1) pH	۱	۱۳۲۸۷۰	۵۸/۵۵	۰/۰۰۰	۱	۰/۰۰۶	۶/۱۷	۰/۰۳۸	۱	۸۳/۸	۷/۵۹	۰/۰۲۵	۱	۰/۱۸۹	۴۷/۳۰	۰/۰۰۰	۱	۰/۶۰۵	۴/۵۰	۰/۰۸۷
(X_2) دمای پخت	۱	۶۶۷۹۵	۲۹/۴۴	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۹	۹/۳۰	۰/۰۱۷	۱	۱۲۰/۱	۱۰/۸۸	۰/۰۱۱	۱	۰/۰۹۷	۲۴/۲۱	۰/۰۰۱	۱	۴/۵۰۰	۳۳/۵۰	۰/۰۰۲
(X_3) میزان آغازگر	۱	۲۵۹۲	۱/۱۴	۰/۳۱۶	۱	۰/۰۰۷	۷/۹۸	۰/۰۲۲	۱	۶۹/۰	۶/۲۵	۰/۰۳۷	۱	۰/۰۰۶	۱/۶۵	۰/۲۳۴	۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰۰
نمای دوم	-	-	-	-	۳	۰/۰۱۰	۱۰/۶۲	۰/۰۰۴	۳	۱۱۶/۵	۱۰/۵۵	۰/۰۰۴	-	-	-	-	۳	۰/۲۶۲	۲/۵۰	۰/۱۷۴
X_1^2	-	-	-	-	۱	۰/۰۰۲	۱/۶۳	۰/۲۳۷	۱	۱۴/۳	۱/۲۹	۰/۲۸۸	-	-	-	-	۱	۰/۸۰۴	۱/۹۵	۰/۲۲۱
X_2^2	-	-	-	-	۱	۰/۰۲۵	۲۶/۱۳	۰/۰۰۱	۱	۲۷۹/۱	۲۵/۲۶	۰/۰۰۱	-	-	-	-	۱	۰/۰۰۱	۵/۹۹	۰/۰۵۸
X_3^2	-	-	-	-	۱	۰/۰۰۷	۷/۰۷	۰/۰۲۷	۱	۸۹/۲	۸/۰۸	۰/۰۲۴	-	-	-	-	۱	۰/۲۹۶	۰/۰۱	۰/۹۳۴
برهمکنش	۳	۷۴۸۱	۳/۳۰	۰/۰۷۹	-	-	-	-	-	-	-	-	۳	۰/۰۰۶	۱/۶۷	۰/۲۴۹	۳	۰/۱۶۰	۲/۲۱	۰/۲۰۵
$X_1 X_2$	۱	۲۱۳۱۶	۹/۳۹	۰/۰۱۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	۰/۰۱۸	۴/۵۶	۰/۰۶۸	۱	۰/۶۴۰	۱/۱۹	۰/۳۲۵
$X_1 X_3$	۱	۱۰۵۶	۰/۴۷	۰/۵۱۴	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	۰/۰۰۲	۰/۴۰	۰/۵۴۳	۱	۰/۰۹۰	۴/۷۶	۰/۰۸۱
$X_2 X_3$	۱	۷۲	۰/۰۳	۰/۸۶۳		-	-	-	-	-	-	-	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۶	۰/۸۱۲	۱	۰/۱۳۴	۰/۶۷	۰/۴۵۰
خطای باقیمانده	۸	۲۲۶۹	-	-	۸	۰/۰۰۱	-	-	۱۶	۱۱/۱	-	-	۱۳	۰/۰۰۴	-	-	۵	۰/۰۸۸	-	-
عدم برازش	۶	۲۹۰۳	۷/۹۱	۰/۱۱۶	۶	۰/۰۰۱	۲/۶۸	۰/۲۹۳	۱۱	۱۴/۵	۲۵/۲۷	۰/۰۵۸	۸	۰/۰۰۵	۸/۰۸	۰/۱۱۴	۳	۰/۰۸۸	۰/۴۳	۰/۷۵۲
خطای خالص	۲	۳۶۷	-	-	۲	۰/۰۰۰	-	-	۵	۰/۵۷	-	-	۵	۰/۰۰۱	-	-	۲	۰/۲۰۳	-	-

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- نتایج آنالیز واریانس برای هر یک از پاسخ‌ها (ادامه)

منبع	رنگ				طعم				پذیرش کلی			
	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P
رگرسیون	۶	۱/۱۵۲	۷/۰۸	۰/۰۰۷	۶	۱/۱۵۲	۷/۰۸	۰/۰۰۷	۹	۰/۹۴۷	۲۵/۰۵	۰/۰۰۱
خطی	۳	۰/۷۷۰	۴/۷۴	۰/۰۳۵	۳	۰/۷۷۱	۴/۷۴	۰/۰۳۵	۳	۱/۹۹۹	۵۲/۸۴	۰/۰۰۰
(X1) pH	۱	۱/۵۳۱	۹/۴۱	۰/۰۱۵	۱	۱/۵۳۱	۹/۴۱	۰/۰۱۵	۱	۱/۹۰۱	۵۰/۲۵	۰/۰۰۱
(X2)دمای پخت	۱	۰/۲۸۱	۱/۷۳	۰/۲۲۵	۱	۰/۲۸۱	۱/۷۳	۰/۲۲۵	۱	۳/۶۴۵	۹۶/۳۴	۰/۰۰۰
(X3)میزان آغازگر	۱	۰/۵۰۰	۳/۰۷	۰/۱۱۸	۱	۰/۵۰۰	۳/۰۷	۰/۱۱۸	۱	۰/۴۵۱	۱۱/۹۳	۰/۰۱۸
نمای دوم	۳	۱/۵۳۴	۹/۴۳	۰/۰۰۵	۳	۱/۵۳۴	۹/۴۳	۰/۰۰۵	۳	۰/۶۹۵	۱۸/۳۸	۰/۰۰۴
X_1^2	۱	۰/۸۴۷	۵/۲۱	۰/۰۵۲	۱	۰/۸۴۷	۵/۲۱	۰/۰۵۰	۱	۰/۸۶۴	۲۲/۸۰	۰/۰۰۵
X_2^2	۱	۳/۵۴۰	۲۱/۷۵	۰/۰۰۲	۱	۳/۵۴۰	۲۱/۷۶	۰/۰۰۲	۱	۱/۳۳۶	۳۶/۱۲	۰/۰۰۲
X_3^2	۱	۰/۷۶۱	۴/۶۸	۰/۰۶۲	۱	۰/۷۶۱	۴/۶۸	۰/۰۶۲	۱	۰/۰۶۵	۱/۷۴	۰/۲۴۵
برهمکنش	-	-	-	-	-	-	-	-	۳	۰/۱۴۸	۳/۹۲	۰/۰۸۸
$X_1 X_2$	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	۰/۲۰۲	۵/۳۵	۰/۰۶۹
$X_1 X_3$	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	۰/۰۴۰	۱/۰۶	۰/۳۵۱
$X_2 X_3$	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	۰/۲۰۲	۵/۳۵	۰/۰۶۹
خطای باقیمانده	۸	۰/۱۶۳	-	-	۱۶	۰/۱۶۳	-	-	۵	۰/۰۳۸	-	-
عدم برازش	۶	۰/۲۱۶	۳/۱۴	۰/۱۱۲	۱۱	۰/۲۱۶	۴/۸۴	۰/۰۶۵	۳	۰/۰۳۴	۰/۷۹	۰/۶۰۱
خطای خالص	۲	۰/۰۰۳	-	-	۵	۰/۰۰۳	-	-	۲	۰/۰۴۳	-	-

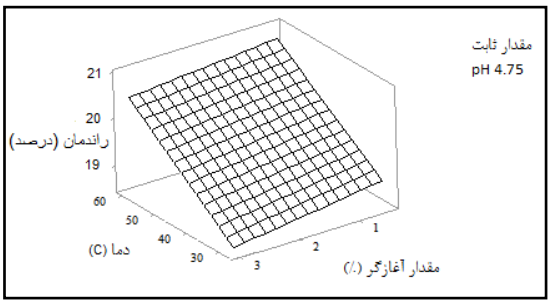
www.SID.ir

Archive of SID

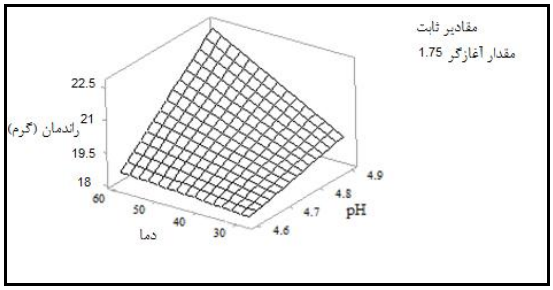
اثر متغیرهای مستقل بر میزان ویژگی‌های پنیر لاکتیکی تولید شده

راندمان پنیر

شکل ۱ (آ) اثر بر همکنش دما و میزان آغازگر را بر میزان راندمان پنیر لاکتیکی نشان می‌دهد. در این شکل دیده می‌شود که میزان راندمان با افزایش دمای پخت لخته به‌طور محسوسی افزایش یافته که می‌تواند به دلیل باقی ماندن بیشتر کلسیم در لخته باشد. گزارش شده است که با افزایش دمای پخت لخته میزان از دست رفتن کلسیم از لخته به آب‌پنیر کاهش می‌یابد. اعتقاد بر این است میزان کلسیم اثر مستقیمی بر تشکیل لختهٔ پنیر و در واقع راندمان پنیر دارد (Wolfschoon-Pombo, 1997).



شکل ۱ (آ)- اثر متقابل مقدار آغازگر و دمای پخت بر راندمان پنیر لاکتیکی



شکل ۱ (ب)- اثر متقابل میزان pH و دمای پخت بر راندمان پنیر لاکتیکی

از سوی دیگر با افزایش میزان آغازگر، راندمان تولید پنیر به‌آرامی کاهش می‌یابد که احتمالاً به علت کاهش زیاد pH ناشی از بالا بودن میزان آغازگر است که با مشاهدات بوریتی و همکاران (Buriti *et al.*, 2005) در خصوص راندمان پنیر میناس در مقادیر بالای آغازگر مطابقت دارد. اصولاً pH لخته از عوامل مهم تأثیرگذار بر میزان حضور کلسیم در لخته است (Gunasekaran & AK, 2002). بوریتی و همکاران (Buriti *et al.*, 2005) گزارش داده‌اند که راندمان پنیر میناس که با افزودن مستقیم اسیدلاکتیک تولید می‌شود، نسبت به این پنیر که به کمک آغازگر *Lactobacillus paracasei* تولید می‌شود، بیشتر است و دلیل آن متفاوت بودن فرایند تولید اسید در این دو نوع پنیر است. همان‌طور که در شکل ۱ (ب) مشخص است با کاهش pH راندمان پنیر لاکتیکی کاهش یافته است که با پایین بودن کلسیم در لخته به علت انحلال زیاد آن در آب‌پنیر در این شرایط (pH پایین) مرتبط است.

فعالیت ممانعت کنندگی ACE

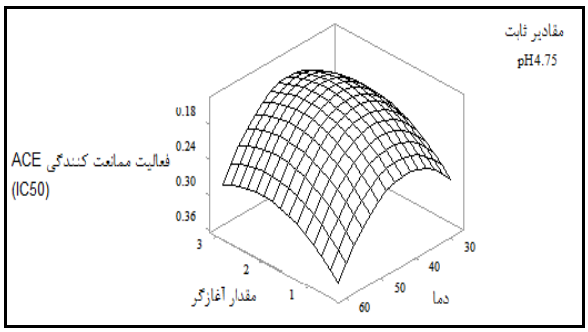
ACE با برش انتهای کربوکسیل، آنژیوتانسین I را به آنژیوتانسین II تبدیل می‌کند و می‌تواند از این طریق در افزایش فشار خون نقش داشته باشد. پپتیدهای ضد فشارخون با مهار این آنزیم از افزایش فشارخون جلوگیری می‌کنند. اکثر پپتیدهای ضد فشارخون شناخته‌شده از کازئین شیر گاو جداشده‌اند. تحقیقات نشان می‌دهد اجزای

www.SID.ir

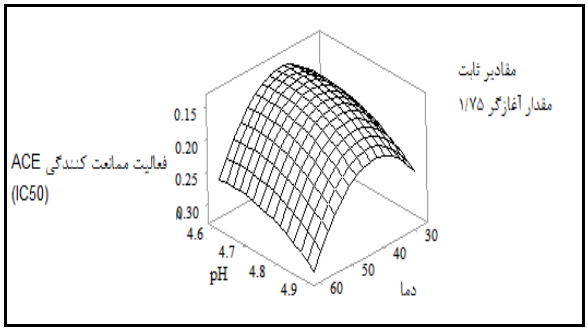
Archive of SID

پپتیدی کوچک‌تر از ۳ و ۵-۳ کیلودالتون حاصل از هیدرولیز پروتئین‌های مخمر *کلاوروماییسس مارکسیانوس* به‌وسیلهٔ آنزیم‌های تریپسین و کیموتریپسین دارای بیشترین فعالیت بازدارندگی ACE هستند. گرچه اطلاعات دقیقی در مورد ارتباط ساختار و عملکرد این گروه از پپتیدها در دسترس نیست، اما پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد اتصال پپتیدها به آنزیم تبدیل‌کننده آنژیوتانسین وابسته به انتهای کربوکسیل پپتید است و پپتیدهای دارای اسیدآمینه‌های آب‌گریز در این بخش مهارکننده‌های قوی‌تری هستند. این اسیدآمینه‌ها در حقیقت با جایگاه فعال آنزیم برهمکنش می‌دهند. شکل ۲ (آ) اثر متقابل مقدار آغازگر و دمای پخت را بر فعالیت ممانعت‌کنندگی ACE پنیر لاکتیکی تولیدشده نشان می‌دهد. در این شکل مشخص است با افزایش دمای پخت لخته، میزان فعالیت ممانعت‌کنندگی ACE پنیر لاکتیکی ابتدا افزایش ولی در ادامه به‌طور محسوس کاهش می‌یابد که احتمالاً به علت نامساعد شدن شرایط برای تخمیر در دماهای بالا و درنتیجه کاهش تولید پپتیدهای زیست‌فعال باشد. شه و اونگ (Ong & Shah, 2008) گزارش داده‌اند که در شرایط نامناسب دمایی (دمای بالا)، فعالیت ممانعت‌کنندگی ACE پنیر چدار پروبیوتیکی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، با افزایش مقدار آغازگر، فعالیت ممانعت‌کنندگی ACE افزایش ولی در مقادیر بالای آغازگر میزان فعالیت ممانعت‌کنندگی ACE کاهش می‌یابد که احتمالاً به علت پایین بودن pH ناشی از تخمیر اضافی (وجود مقادیر بالای آغازگر) است.

مطابق شکل ۲ (ب)، با کاهش pH از ۴/۹ تا حدود ۴/۷، میزان فعالیت ممانعت‌کنندگی ACE پنیر لاکتیکی تولیدشده افزایش می‌یابد ولی در ادامه در pHهای پایین‌تر به علت نامناسب بودن شرایط برای تخمیر توسط آغازگرها میزان فعالیت ممانعت‌کنندگی ACE به‌آرامی کاهش می‌یابد. گزارش‌شده است که pH مناسب برای فعالیت این باکتری‌ها حدود ۴/۷ است (Guinee & O'Callaghan, 2010).



شکل ۲ (آ)- اثر متقابل مقدار آغازگر و دمای پخت بر فعالیت ممانعت کنندگی ACE (IC_{50}) پنیر لاکتیکی



شکل ۲ (ب)- اثر متقابل pH و دمای پخت بر فعالیت ممانعت کنندگی ACE (IC_{50}) پنیر لاکتیکی

www.SID.ir

Archive of SID

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

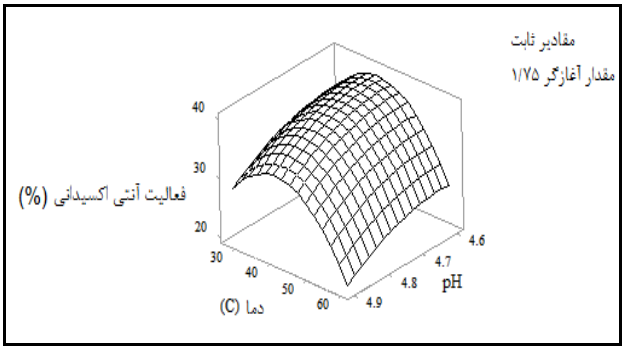
شکل ۳ (آ) اثر متقابل pH و دمای پخت بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنیر لاکتیکی را نشان می‌دهد.

در این شکل مشخص است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش دما تا حدود ۴۰ درجه سلسیوس، ابتدا افزایش ولی در دماهای بالاتر از ۴۰ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد که دلیل آن نامساعد بودن شرایط برای رشد آغازگرها است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی با کاهش pH افزایش می‌یابد.

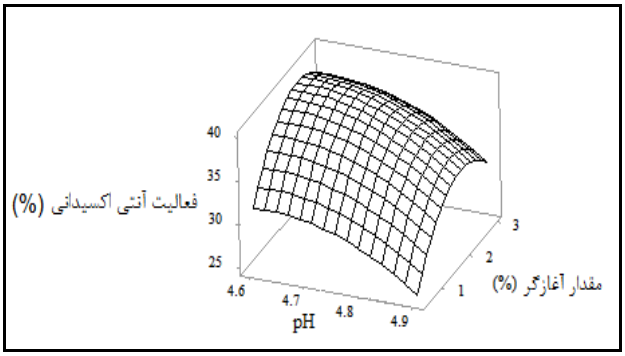
مطابق شکل ۳ (ب) فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنیر لاکتیکی با افزایش میزان آغازگر ابتدا افزایش ولی در مقادیر بالای آغازگر کاهش می‌یابد که می‌تواند به علت کاهش تولید پپتید در مقادیر بالای آغازگر باشد که در قسمت فعالیت ممانعت کنندگی ACE به آن اشاره گردید.

کلسیم

شکل ۴ (آ) اثر متقابل مقدار آغازگر و دمای پخت بر میزان کلسیم پنیر لاکتیکی را نشان می‌دهد. مطابق این شکل، با افزایش دمای پخت میزان کلسیم لخته افزایش می‌یابد. گزارش شده است که دمای پخت بالا می‌تواند در حفظ کلسیم و بهبود تشکیل لخته و بافت آن نقش داشته باشد (Guinee *et al.*, 2001). میزان کلسیم پنیر در مقادیر بالای آغازگر کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل افت pH ناشی از تخمیر زیاد و تولید اسیدهای آلی باشد. انحلال‌پذیری کلسیم در pHهای پایین افزایش می‌یابد و در نتیجه در این شرایط مقادیر بالایی از آن وارد آب‌پنیر می‌شود (Gunasekaran & AK, 2002). همان‌طور که در بالا اشاره شد، با کاهش pH، به علت افزایش انحلال پذیری کلسیم، میزان کلسیم در لخته کاهش می‌یابد (شکل ۴ (ب)).



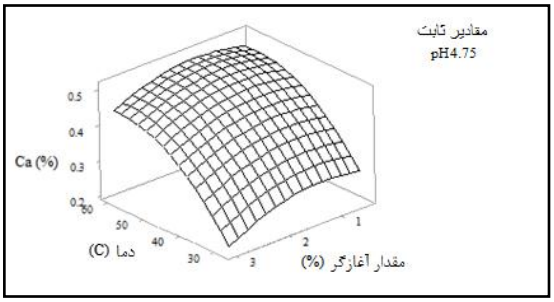
شکل ۳ (آ)- اثر متقابل pH و دمای پخت بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد) پنیر لاکتیکی



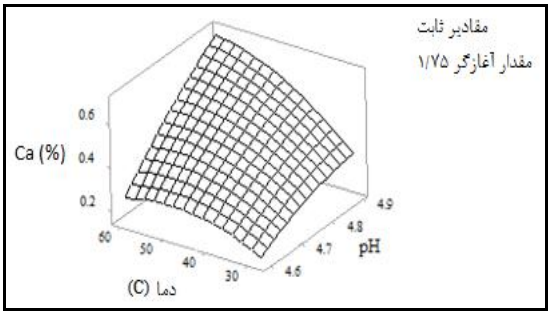
شکل ۳ (ب)- اثر متقابل مقدار آغازگر و pH بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد) پنیر لاکتیکی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤ (آ)- اثر متقابل مقدار آغازگر و دمای پخت بر میزان کلسیم (درصد) پنیر لاکتیکی



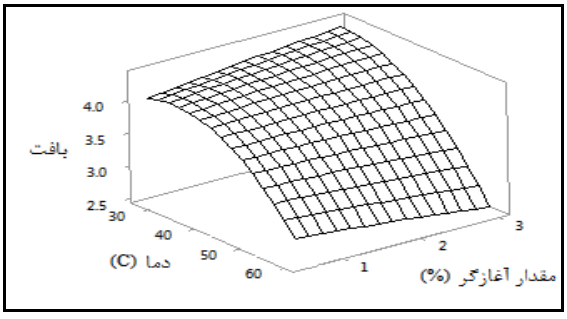
شکل ٤ (ب)- اثر متقابل مقدار pH و دمای پخت بر میزان کلسیم (درصد) پنیر لاکتیکی

بافت

شکل ۵ اثر متقابل مقدار pH و دمای پخت را بر میزان مطلوبیت بافت پنیر لاکتیکی نشان می‌دهد. مطلوبیت بافت پنیر لاکتیکی همان‌طور که در شکل مشخص است در مقادیر پایین دمای پخت، با کاهش pH افزایش و در مقادیر بالای دمای پخت، با کاهش pH ابتدا افزایش‌می‌یابد ولی در ادامه در مقادیر پایین‌تر pH کاهش پیدا می‌کند. مطلوبیت بافت را می‌توان مرتبط با فعالیت تخمیری آغازگرها دانست به‌طوری که در pH حدود ۴/۷ و دمای حدود ۴۰ درجه سلسیوس مطلوبیت بافت بالا است که شرایطی مناسب برای فعالیت آغازگرهاست.

طعم

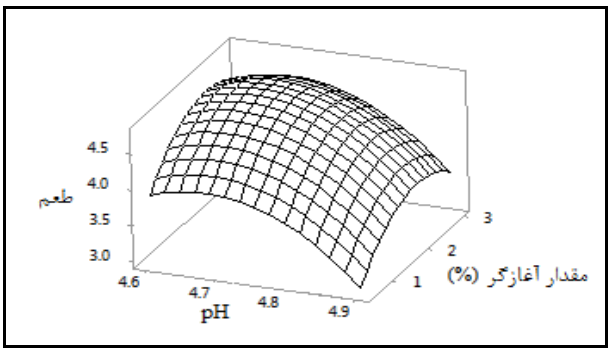
شکل ۶ اثر متقابل مقدار آغازگر و pH را بر میزان مطلوبیت طعم پنیر لاکتیکی نشان می‌دهد. مطابق شکل، مطلوبیت طعم پنیر لاکتیکی تولیدی با افزایش مقدار آغازگر و نیز pH، ابتدا افزایش ولی در مقادیر بالای این دو متغیر کاهش می‌یابد. مطلوبیت طعم پنیر لاکتیکی در شرایط اشاره شده را می‌توان به مساعد بودن شرایط تخمیر برای آغازگرها دانست. گزارش‌شده است که استفاده از مخلوط پروبیوتیک‌ها به واسطهٔ متابولیت‌های خود می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های طعمی و بافتی پنیر میناس شود (Buriti *et al.*, 2007).



شکل ۵- اثر متقابل مقدار آغازگر و دمای پخت بر میزان مطلوبیت بافت پنیر لاکتیکی

www.SID.ir

Archive of SID



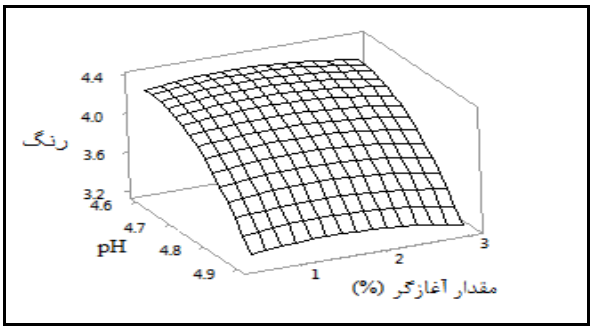
شکل ٦- اثر متقابل مقدار آغازگر و pH بر میزان مطلوبیت طعم پنیر لاکتیکی

رنگ

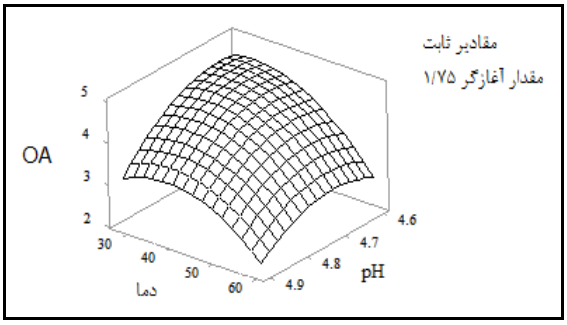
شکل ۷ اثر متقابل مقدار آغازگر و pH را بر میزان مطلوبیت رنگ پنیر لاکتیکی نشان می‌دهد. با کاهش pH، میزان مطلوبیت رنگ افزایش می‌یابد. با کاهش دمای پخت لخته نیز مطلوبیت رنگ افزایش پیدا می‌کند.

پذیرش کلی

شکل ۸ (آ) اثر متقابل میزان pH و دمای پخت را بر میزان پذیرش کلی پنیر لاکتیکی نشان می‌دهد. در اینجا دیده می‌شود که میزان پذیرش نهایی با افزایش دمای پخت لخته به آرامی افزایش ولی در ادامه در مقادیر بالای دمای پخت به‌شدت کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، میزان پذیرش کلی با کاهش pH برش لخته تا حدود ۴/۷، افزایش ولی در مقادیر پایین pH کاهش می‌یابد. کاهش پذیرش کلی در مقادیر بالای pH و دمای پخت می‌تواند به علت نامناسب بودن شرایط برای فرایند تخمیر آغازگرها (به علت پایین بودن pH و بالا بودن دما) و در نتیجه تولید پایین ترکیبات پپتیدی و آروما توسط آغازگرها باشد (Lortal & Chapot-Chartier, 2005).



شکل ۷ - اثر متقابل مقدار آغازگر و pH بر میزان مطلوبیت رنگ پنیر لاکتیکی

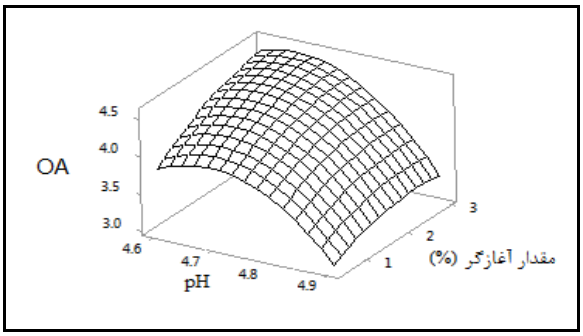


شکل ۸ (آ)- اثر متقابل میزان pH و دمای پخت بر میزان پذیرش کلی پنیر لاکتیکی

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۸ (ب) اثر متقابل مقدار آغازگر و pH را بر میزان پذیرش کلی پنیر لاکتیکی نشان می‌دهد. در شکل مشخص است که با افزایش میزان آغازگر، میزان پذیرش کلی پنیر لاکتیکی به آرامی افزایش می‌یابد.



شکل ۸ (ب)- اثر متقابل مقدار آغازگر و pH بر میزان پذیرش کلی پنیر لاکتیکی

بهینه‌سازی

شرایط عملیاتی بهینه برای فرمولاسیون پنیر لاکتیکی باهدف بیشینه‌سازی و فعالیت ممانعت کنندگی ACE با هدف کمینه‌سازی و با یکسان در نظر گرفتن اهمیت پاسخ‌ها و با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی عددی به کمک نرم‌افزار Minitab جستجو شد. تیمار حاوی ۱/۷۵ درصد آغازگر، دمای پخت لخته ۴۲ درجه سلسیوس و pH برش لخته ۴/۷ به‌عنوان تیمار بهینه برای تولید پنیر لاکتیکی به‌دست آمده است که در این شرایط مقادیر راندمان تولید پنیر ۱۹/۶۴ درصد، فعالیت ممانعت کنندگی ACE ۰/۱۴۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۳۸/۶۲ درصد، میزان کلسیم ۰/۴۵ درصد، مطلوبیت بافت ۴/۲۲، مطلوبیت رنگ ۴/۱، مطلوبیت طعم ۴/۶۵ و پذیرش کلی پنیر لاکتیکی تولید شده ۴/۳۳ مطلوبیت کلی ۷۵ درصد مشاهده شد. نتایج تجربی حاصل از اعمال شرایط بهینه تولید پنیر لاکتیکی در این شرایط مقادیر راندمان تولید پنیر ۱۹/۵ درصد (۱۹۴۸ گرم)، فعالیت ممانعت کنندگی ACE (IC_{50}) ۰/۱۶۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۳۶ درصد، میزان کلسیم ۰/۴۲ درصد، مطلوبیت بافت ۳/۹، مطلوبیت رنگ ۴، مطلوبیت طعم ۴/۲، و پذیرش کلی پنیر ۳/۹ اندازه‌گیری شد که اختلاف کمی با مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل دارد که نشان‌دهندهٔ دقت مناسب مدل است.

نتیجه‌گیری

آغازگرهای مورد استفاده در پنیر لاکتیکی تولید شده باعث بهبود ویژگی‌های کاربردی، فیزیکی، و حسی پنیر شده‌اند. نتایج پژوهش، بیانگر کارایی مفید روش سطح پاسخ در بهینه‌سازی فرمولاسیون پنیر لاکتیکی است و تیمار حاوی ۱/۷۵ درصد آغازگر، دمای پخت لخته ۴۲ درجه سلسیوس و pH برش لخته ۴/۷ به‌عنوان تیمار بهینه برای تولید پنیر لاکتیکی انتخاب شد. در این شرایط بهینه مقادیر راندمان تولید پنیر، فعالیت ممانعت کنندگی ACE، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان کلسیم، بافت، رنگ، طعم و پذیرش کلی پنیر به ترتیب ۱۹۴۸، ۰/۱۶۰، ۳۶/۱۵ درصد، ۰/۴۲ درصد، ۳/۹، ۴، ۴/۲ و ۳/۹ اندازه‌گیری شده است.

مراجع

Buriti, F. C., Alegro, J. H., and Saad, S. M. 2007. Effect of a probiotic mixed culture on texture profile and sensory performance of Minas fresh cheese in comparison with the traditional products. Archivos Latinoamericanos De Nutricion. 57(2): 179-185.

www.SID.ir

Archive of SID

Buriti, F. C., da Rocha, J. S., Assis, E. G., and Saad, S. M. 2005. Probiotic potential of Minas fresh cheese prepared with the addition of *Lactobacillus paracasei*. LWT-Food Science and Technology. 38(2): 173-180.

Dannenberg, E., and Kessler, H. G. 1988. Effect of denaturation of 3-1actoglobulin on texture properties of set-style nonfat yoghurt 2 firmness and flow properties. Milchwissenschaft. 43, 700-704.

Di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, C. V. L., and Porta, R. 2011. Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. LWT-Food Science and Technology. 44(10): 2324-2327.

Edalatian, M.R., Habibi Najafi, M.B., Mortazavi, S.A., Nasiri M.R., Basami, M.R., Hashemi, S.M. 2012. Isolation and identification of the indigenous lactic acid bacteria from Lighvan cheese. Iranian Journal of Food Science Technology. 37(9): 9-21.

Fathi-Achachlouei, B., Hesari, J., and Azadmard-Damirchi, S. 2015. Physicochemical, sensory properties and proteolysis index of produced cheese by replacement of milk fat with hazelnut oils. Electronic Journal of Food Processing and Preservation. 7(1): 77-90. (in persian)

Guinee, T. P., and O'Callaghan, D. J. 2010. Control and prediction of quality characteristics in the manufacture and ripening of cheese. Technology of Cheese Making, Second Edition. 260-329.

Guinee, T. P., Feeney, E. P., and Fox, P. F. 2001. Effect of ripening temperature on low moisture Mozzarella cheese: 2. Texture and functionality. Le Lait. 81(4): 475-485.

Gunasekaran, S., and Ak, M. M. 2002. Cheese Rheology and Texture. CRC Press.

Home, D. S. 1998. Casein interactions: casting light on the black boxes, the structure in dairy products. International Dairy Journal. 8(30): 171-177.

Khuri, A. I., and Mukhopadhyay, S. 2010. Response surface methodology. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics. 2(2): 128-149.

Lortal, S., and Chapot-Chartier, M. P. 2005. Role, mechanisms and control of lactic acid bacteria lysis in cheese. International Dairy Journal. 15(6): 857-871.

Lucey, J. A., Munro, P.A., and Singh, H. 1998. Whey separation in acid skim milk gels made with glucono-glactone: effects of heat treatment and gelation temperature. Journal of Texture Studies. 29(4):413-426.

Madadlou, A., Khosrowshahi, A., Ebrahimzadeh Mousavi, M., and Emam-Djomeh, Z. 2006. Microstructure and rheological properties of Iranian white cheese coagulated at various temperatures. Journal of Dairy Science. 89(7): 2359-2364.

Mekmene, O., and Gaucheron, F. 2011. Determination of calcium-binding constants of caseins, phosphoserine, citrate and pyrophosphate: A modelling approach using free calcium measurement. Food Chemistry. 127(2): 676-682.

Mulvihill, D. M., and Grufferty, M. B. 1995. Effect of thermal processing on the cuagulability of milk by acid. Internatinal Dairy Federation, Brussele. 85(4): 188 – 205.

Navidghasemizad, S., Hesari, J., Saris, P. E. R., and Nahaei, M. R. 2009. Isolation of lactic acid bacteria from Lighvan cheese, a semihard cheese made from raw sheep milk in Iran. International Journal of Dairy Technology. 62(2): 260-264.

Pritchard, S. R., Phillips, M., and Kailasapathy, K. 2010. Identification of bioactive peptides in commercial Cheddar cheese. Food Research International. 43(5): 1545-1548.

Van Vliet, T. 1988. Rheological properties of filled gels: Influence of filler matrix interaction. Colloid and Polymer Science. 266(6): 518-524.

Vermeirssen, V., Van Camp, J., and Verstraete, W. 2002. Optimisation and validation of an angiotensin-converting enzyme inhibition assay for the screening of bioactive peptides. Journal of Biochemical and Biophysical Methods. 51(1): 75-87.

Wolfschoon-Pombo, A. F. 1997. Influence of calcium chloride addition to milk on the cheese yield. International Dairy Journal. 7(4): 249-254.

Yolmeh, M., and Jafari, S. M. 2017. Applications of response surface methodology in the food industry processes. Food and Bioprocess Technology. 10(3): 413-433.

www.SID.ir

Archive of SID

Food Engineering Research/Vol.18/No.66/Spring and summer 2019/P: 1-16

Optimization of Some Functional, Physical and Sensory Properties of Kezmic Lactic Cheese

H. Ardeshir*, Y. Maghsoudlou, M. Khomeiri, A. Sadeghi Mahoonak and M. Kashaninejad

* Corresponding Author: Ph. D. Candidate at University of Gorgan, Agricultural Sciences and Natural Resources, Department of Food Science and Technology, Gorgan. Iran. Email: H.ardeshir123@gmail.com

Received: 18 April 2018, Accepted: 7 November 2018

The aim of this study was to find an optimal condition to produce lactic cheese using three independent variables: amount of microorganisms as starter, baking temperature of curds, and pH of curd during cutting. Results indicated that the linear term of pH had the greatest effects on the cheese efficiency and calcium content, and the square term of the baking temperature had the greatest effect on the texture and the overall acceptance of lactic cheese. The square term of baking temperature of curd had the greatest effect on ACE inhibitory and antioxidant activities, and the color and flavor properties of lactic cheese. The starter used in lactic cheese improved the functional, physical and sensory characteristics of the cheese. It has been found that the performance of the response surface methodology in optimizing the lactic cheese formulation was reasonable. The treatment containing 1.75% starter with curd baking temperature of 42 °C and curd cutting pH equal to 4.7 has been found as the optimum treatment for lactic cheese. In this situation, we came to the following conclusions: the level of cheese production efficiency = 19.48%; ACE inhibitory activity= 0.16 m/ml; antioxidant activity = 36.15%; calcium content = 0.42%; texture acceptance = 3.9, color acceptance =4;, taste acceptance =4.2; and total acceptance =3.9.

Keywords: ACE Inhibitory Activity, Antioxidant Activity, Formulation, Lactic Cheese

www.SID.ir