Archive of SID

(مقاله پژوهشی)

مدل سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته به روش سطح پاسخ

حیدر ناصری[۱]، عیسی حزباوی[۲*]، فیض‌اله شهبازی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیو سیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۲- استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

۳- دانشیار، گروه مهندسی بیو سیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۲/۱۴

چکیده

شیر تنها ماده شناخته شده در طبیعت است که می تواند نیاز بدن را به طور کامل و متعادل تامین کند. شیر بازساخته یک محصول جایگزین شیر است. اجزای شیر بازساخته به راحتی قابل تنظیم تر از شیر است. با استفاده از هدایت الکتریکی می‌توان اطلاعات ارزشمندی در مورد کیفیت مواد مختلف از جمله مواد غذائی بدست آورد و بوسیله این روش، به عنوان یک ابزار ساده و کاربردی، کیفیت بسیاری از مواد غذایی را کنترل نمود. در این تحقیق روش سطح پاسخ برای مدل‌سازی و بهینه سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته مورد استفاده قرار گرفت. اثر پروتئین (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ درصد) لاکتوز (۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ درصد)، چربی (۳ و ۶ درصد) و دما (۵۰، ۵۵،۶۰، ۶۵ و ۷۰ درجه سلسیوس) به عنوان متغیرهای مستقل بر هدایت الکتریکی شیر باز ساخته به عنوان متغیرهای وابسته (پاسخ) مورد ارزیابی قرار گرفت. متغیرهای فرایند به صورت مدل‌های رگرسیونی درجه دوم برای این پاسخ معنی دار بودند ($p<۰/۰۱$). ضریب تبیین (R^2) مدل‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته به روش سطح پاسخ برابر با ۰/۹۲ به دست آمد. شرایط بهینه برای قرار گرفتن هدایت الکتریکی شیر بازساخته در محدوده معمول آن (۴ تا ۵/۵ mS/cm) شامل پروتئین ۳/۴٪، لاکتوز ۷/۷٪، چربی ۳٪ و دمای ۶۳/۹°C به دست آمد.

واژه های کلیدی: روش سطح پاسخ، شیر بازساخته، هدایت الکتریکی

* مسؤول مکاتبات: hazbavi.i@lu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

شیر یک منبع مهم مواد مغذی مورد نیاز برای رشد در نوزادان و کودکان و همچنین برای حفظ سلامتی و نگهداری بافت در بزرگسالان است. همچنین شیر یک غذای کامل است و به آسانی قابل هضم و جذب می‌باشد (۹). شیر بازساخته یک محصول جایگزین شیر مایع است. اجزای شیر بازساخته به راحتی قابل تنظیم‌تر از شیرهای مایع است. نسبت اجزای شیر به طور مستقیم بر کیفیت محصول تاثیر می‌گذارد. بنابراین شیر بازساخته به طور گسترده‌ای در تولید برخی از محصولات لبنی مانند پنیر، شیر پاستوریزه، بستنی و غیره استفاده می‌شود (۸ و ۱۲). به رسانایی یک ماده خالص در برابر جریان الکتریکی، هدایت الکتریکی گفته می‌شود که با واحد میکروزیمنس بر سانتی متر (ms/cm) بیان می‌شود. هدایت الکتریکی یک ویژگی است که شامل حرکت آنیون به آند و کاتدی به کاتد و انتقال الکترون برای تکمیل مسیر است. هدایت الکتریکی شیر عمدتا مربوط به املاح موجود در آن به ویژه یون‌های سدیم ،پتاسیم و کلر است (۱۰). عوامل موثر بر حرکت یون‌ها عبارتند از: غلظت، ولتاژ، دما و بهم زدن مکانیکی (۳). ساختار شیمیایی یک ماده نیز بر هدایت الکتریکی آن تاثیر می‌گذارد. پروتئین اثر مثبت بر هدایت الکتریکی دارد در حالی که چربی و لاکتوز اثر معکوس بر هدایت الکتریکی دارند (۵). هدایت الکتریکی شیر با افزایش لاکتوز و چربی، کاهش می یابد (۲۰). با افزایش میزان آب شیر، هدایت الکتریکی کاهش خطی و با کاهش چربی شیر، هدایت الکتریکی افزایش پیدا می‌کند (۱۱). در مایعاتی مانند شیر، هدایت الکتریکی را بر مبنای جابجائی یون ها و حرکت الکترون ها در مسیرهای خاص محاسبه می‌کنند، به این ترتیب که با فرو بردن دو الکترود در محلول و اعمال یک ولتاژ خاص، میزان مقاومت محلول اندازه‌گیری می‌گردد .به دلیل آن که استفاده از جریان مستقیم ممکن است منجر به پلاریزاسیون الکترودها شود، معمو لا از یک ولتاژ متناوب استفاده می‌شود و در پالسی از زمان جریان عبورکننده به مدار به صفر می‌رسد و در محدوده فرکانس اعمال شده میزان مقاومت محاسبه می‌گردد، در این جا نمک موجود در یک محلول می‌تواند روی پلاریزاسیون الکترودها موثر باشد و بدیهی است به کارگیری فرکانسی که در آن پلاریزاسیون الکترودها انجام نشود و حساسیت به حداکثر برسد مدنظر است (۷). به طور معمول هدایت الکتریکی شیر در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در محدوده ۴ تا ۵/۵ ms/cm است (۱۳). همچنین هدایت الکتریکی با درجه حرارت افزایش می‌یابد (۸). در شرایط آزمایشگاه ارتباط خطی بین دما و هدایت الکتریکی وجود دارد بطوریکه در دمای بین ۱۵ تا ۴۰ درجه سلسیوس به ازاء افزایش هر درجه دما، هدایت الکتریکی به میزان ۰/۱۱۳ ms/cm افزایش می‌یابد (۱۱). هدایت الکتریکی به طور گسترده‌ای در صنایع لبنی مورد استفاده قرار گرفته است. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی یکی از روشهای تست برای تعیین مقادیر از جمله نمک های محلول (۳ و ۱۹)، تعیین میزان یون‌های آزاد در شیر (۱۱)، میزان پروتئین پودر آب پنیر (۲۵ و۱۴)، تعیین میزان کازئین در فرآیند رسیدن پنیر (۱۷ و ۴)، برآورد تولید روزانه شیر و میزان چربی آن (۱۷ و ۲۰) می‌باشد. روش سطح پاسخ مجموعه‌ای از تکنیک‌های مشخص آماری برای طراحی آزمایشات، ساخت مدل‌ها، ارزیابی اثرات فاکتورهای مستقل و جست و جو برای تعیین شرایط بهینه رسیدن به پاسخ‌های مطلوب است (۱۸). اصول و مبانی روش سطح پاسخ برای اولین بار توسط باکس و ویلسون در سال ۱۹۵۱ بیان شده است (۱۶). در آزمایشات چند

www.SID.ir

Archive of SID

مؤلفه‌ای، روش سطح پاسخ می تواند به منظور آزمون هم زمان پارامترهای مستقل گوناگون با حداقل زمان آزمایش، اندازه‌گیری بیشترین فاکتورهای مرتبط و دامنه اثر آن‌ها و همچنین اثرات متقابل فاکتورهای مستقل مورد استفاده قرار گیرد (۱۵). روش سطح پاسخ در بهینه سازی فرآیند خشک‌کردن محصولاتی مانند فندق (۲۴)، مغز پسته (۶) و میوه به (۱۵) و همچنین برای تعیین زمان بهینه رسیدن پنیر سفید ایرانی (۱) استفاده شده است. تاکنون هیچ پژوهشی در زمینه مدل‌سازی و بهینه‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته با استفاده از روش سطح پاسخ گزارش نشده است. هدف از این تحقیق، مدل‌سازی و بهینه‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته با استفاده از روش سطح پاسخ می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

به دلیل اینکه نژاد گاوهای شیرده و نوع تغذیه این گاوها متفاوت است و همچنین تغییر و کنترل درصد ترکیبات شیر، دقیق و یا راحت نیست (مقدار آب و مواد افزودنی موجود در شیر مشخص نیست)، بنابراین از پودر شیر خشک که خالص و بدون مکمل غذایی می باشد، در این تحقیق استفاده شد (۲۳). پودر شیر خشک با درصد ترکیبات مشخص (درصد لاکتوز، درصد چربی و درصد پروتئین) از کارخانه شیر پگاه خرم آباد در سال ۱۳۹۶ تهیه شد (جدول ۱). برای رساندن درصد ترکیبات شیر به مقادیر مورد نیاز در این پژوهش از مواد شیمیایی مناسب این کار استفاده شد. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل درصد پروتئین (۱، ۲ و ۳، ۴ و ۵ درصد)، درصد لاکتوز یا قند (۴، ۶ و ۸، ۱۰ و ۱۲ درصد) و درصد چربی (۳ و ۶ درصد) می‌باشد. برای افزایش درصد لاکتوز پودر شیر خشک از پودر لاکتوز، برای افزایش درصد پروتئین پودر شیر خشک از پودر کازئینات سدیم، برای افزایش درصد چربی پودر شیر خشک از کره حیوانی (شامل ۸۳/۵ درصد چربی و حدود ۱۶ درصد رطوبت) و برای به حجم رساندن نمونه‌ها از آب مقطر استفاده شد (۲۲). در تمامی آزمایشات، جرم نمونه شیر بازساخته برابر با ۱۰۰ گرم در نظر گرفته شد. مواد آزمایشگاهی (لاکتوز و کازئینات سدیم) از شرکت مرک آلمان تهیه شده است. برای تاثیر فاکتور دما، کل آزمایشات در ۵ سطح دمایی (۵۰، ۵۵،۶۰، ۶۵ و ۷۰ درجه سلسیوس) صورت گرفت.

جدول ۱- درصد ترکیبات مهم پودر شیر خشک

پروتئین	۳۳
چربی	۰/۱
رطوبت	۳/٦
لاکتوز	۵۵

به منظور اندازه‌گیری میزان مواد آزمایشگاهی مورد نیاز برای تهیه نمونه‌های شیر بازساخته و همچنین جرم نهایی نمونه‌ها، از یک ترازوی دیجیتال (مدل AND GF-6000 ساخت کشور ژاپن) با دقت ۰/۱ گرم استفاده شد. برای رساندن دمای نمونه‌ها به دمای مورد نظر (۵۰، ۵۵، ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درجه سلسیوس)، ظرف نمونه‌ها در دستگاه بن ماری (Memmert ساخت آلمان) قرار داده شد (۲۳). این دستگاه برای گرم کردن تدریجی و یکنواخت به محلول‌ها در یک بازه زمانی خاص استفاده می‌شود. محدوده دمایی دستگاه بن‌ماری که به طور معمول و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد از دمای اتاق تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد است. همچنین برای مخلوط نمودن ترکیبات مختلف شیر از مخلوط‌کن دور بالا (همگن ساز) استفاده شد. برای

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری هدایت الکتریکی شیر بازساخته از دستگاه هدایت الکتریکی سنج مدل DC14 با الکترودهایی از جنس پلاتین و ساخت شرکت هاریبای ژاپن استفاده گردید. روش سطح پاسخ برای پیش بینی تأثیر متغیرهای مستقل (درصد پروتئین، درصد لاکتوز، دما و درصد چربی) بر متغیر وابسطه (پاسخ) هدایت الکتریکی شیر بازساخته به کار برده شد. آزمایشات بر طبق طرح مرکب مرکزی با پنج سطح برای هر متغیر مستقل و ۳ تکرار طبق جدول ۲ انجام شد (۲). سطوح متغیر به ترتیب از کمترین تا بیشترین مقدار با کدهای ۲- تا ۲+ شناخته می‌شوند و نقاط مرکزی با کد ۰ برای مقادیر وسط می‌باشند. روش سطح پاسخ با استفاده از نرم افزار Design Expert نسخه ۷ اجرا گردید. فاکتورهای عددی شامل درصد پروتئین، درصد لاکتوز و دمای شیر بازساخته بودند و فاکتور درصد چربی شیر بازساخته به عنوان فاکتور قیاسی (به دلیل اینکه فقط دو سطح ۳ و ۶٪ مورد نظر بود) در نظر گرفته شد.

جدول ۲- نمایش متغیرهای مستقل و مقادیر آنها

متغیر مستقل	نماد ریاضی	سطوح متغیر				
پروتئین (٪)	A	۱	۲	۳	۴	۵
لاکتوز (٪)	B	۴	۶	۸	۱۰	۱۲
دما (°C)	C	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰
چربی (٪)	D	۳		۶		

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مدل‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته

برای مدل‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته به روش سطح پاسخ از نرم افزار Design Expert استفاده شد. مدل پیشنهادی روش سطح پاسخ برای هدایت الکتریکی شیر بازساخته، مدل درجه دوم بود. پس از برازش مدل، رابطه به دست آمده در معرض الگوریتم حذف پسخور قرار گرفت. با استفاده از الگوریتم مذکور، جملات مدل که از نظر آماری در سطح ۹۵ درصد معنی دار نبودند، حذف شدند (مدل درجه دوم کاسته شده). بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۳)، مدل درجه دوم کاسته برای هدایت الکتریکی شیر بازساخته از نظر آماری معنی دار بود ($p<۰/۰۱$)، و آزمون عدم برازش آن غیر معنی‌دار بود ($p>۰/۰۵$) که نشان دهنده مناسب بودن مدل پس از کاهش دادن تعداد جملات غیر معنی دار آن است. این مدل، هدایت الکتریکی شیر بازساخته را با ۵ عبارت (درجه آزادی) توانسته شبیه‌سازی کند. در مدل شبیه‌سازی شده هدایت الکتریکی شیر، عبارات خطی فاکتورهای درصد پروتئین، درصد لاکتوز، دما و درصد چربی معنی‌دار بودند. همچنین عبارت درجه دوم فاکتور درصد پروتئین معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$). مقدار R^2 و R^2adjusted بین مقادیر واقعی و و خروجی مدل به ترتیب برابر با ۰/۹۲ و ۰/۹۰ بودند که بالا بودن مقادیر آنها تأییدکننده قدرت بالای مدل می-باشد. در رابطه (۱) مدل رگرسیونی درجه دوم روش سطح پاسخ برای شبیه‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته با توجه به فاکتورهای مستقل با اثر معنی‌دار مورد نظر ارائه شده است. همانطور که در این رابطه مشخص است اثر خطی فاکتور درصد پروتئین و درصد چربی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تاثیر بر شبیه‌سازی هدایت الکتریکی شیر

www.SID.ir

Archive of SID

بازساخته بوده است. بعد از فاکتور درصد پروتئین، بیشترین تاثیر در مدل شبیه‌سازی هدایت الکتریکی شیر مربوط به درصد لاکتوز بوده است. رابطه(۱)

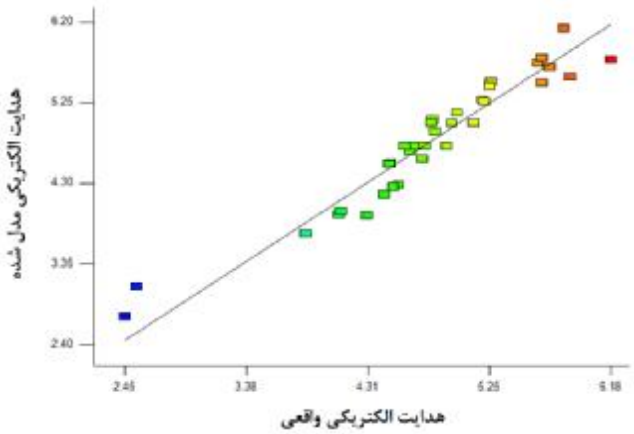
$$EC=4.95 + 0.69\ A - 0.21\ B + 0.17\ C - 0.14\ D - 0.17\ A^2$$

که در این رابطه A درصد پروتئین، B درصد لاکتوز، C دما و D درصد چربی می‌باشد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مدل هدایت الکتریکی شیر بازساخته

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	p
مدل رگرسیونی	۱۹/۵۱	۵	۳/۹	<۰/۰۰۰۱
A، پروتئین	۱۵/۰۸	۱	۱۵/۰۸	<۰/۰۰۰۱
B، لاکتوز	۱/۴۷	۱	۱/۴۷	۰/۰۰۰۳
C، دما	۰/۹۱	۱	۰/۹۱	۰/۰۰۳
D، چربی	۰/۶۶	۱	۰/۶۶	۰/۰۰۹
A^2	۱/۳۸	۱	۱/۳۸	۰/۰۰۴
باقیمانده	۱/۷۹	۲۸	۰/۰۷۸	–
عدم برازش	۱/۶۸	۲۴	۰/۰۹۱	۰/۱۲
خطای خالص	۰/۱۱	۴	۰/۰۲۶	–

در شکل۱ مقادیر هدایت الکتریکی شیر بازساخته واقعی نسبت به مقادیر تخمین شده توسط مدل ارائه شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود مقادیر هدایت الکتریکی (نقاط) نسبت به خط نیمساز نزدیک بوده و نشان از دقت بالای مدل دارد.

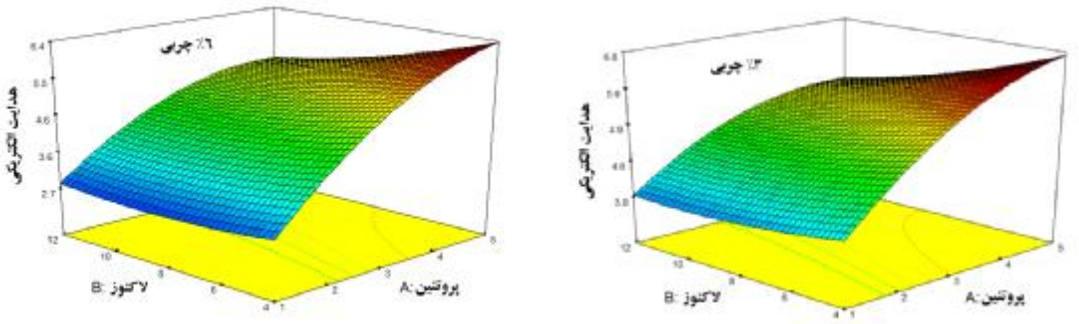


شکل ۱- ارتباط بین مقادیر هدایت الکتریکی واقعی و مقادیر تخمینی مدل برای شیر بازساخته

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر متغیرهای مستقل بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته به صورت شکل‌های سه بعدی رویه پاسخ در شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده است. همان طور که در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود درصد پروتئین تاثیر عمده‌ای بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته داشته است که رابطه (۱) آن را نیز تایید می‌کند. این تغییرات در مقادیر پایین درصد لاکتوز (۴٪) بیشتر بوده است. نتایج تجزیه واریانس و شکل‌های سطح پاسخ نشان می‌دهد که افزایش درصد پروتئین از ۱ تا ۵ درصد، تاثیر زیادی بر افزایش هدایت الکتریکی شیر بازساخته داشته است این بدان معنی است که اثر درصد پروتئین افزاینده بوده که رابطه (۱) نیز آن را تایید می‌کند (ضریب مثبت درصد پروتئین). به دلیل معنی دار بودن اثر توان دوم درصد پروتین، در رویه پاسخ آن انحنا وجود دارد (جدول ۴ و شکل‌های ۲ و ۳). نتایج مشابهی در مورد اثر پروتئین بر هدایت الکتریکی شیر توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (۵). با افزایش درصد لاکتوز از ۴ تا ۱۲ درصد هدایت الکتریکی شیر بازساخته کاهش یافته است که این مقدار کاهش در مقادیر بالای درصد پروتئین (۵٪) و دماهای پایین (۵۰ درجه سلسیوس) بیشتر نمایان است. ضریب منفی رابطه ۱ نیز کاهنده بودن اثر لاکتوز را بیان می‌کند. نتایج مشابهی در مورد اثر لاکتوز بر هدایت الکتریکی شیر توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (۱۱).

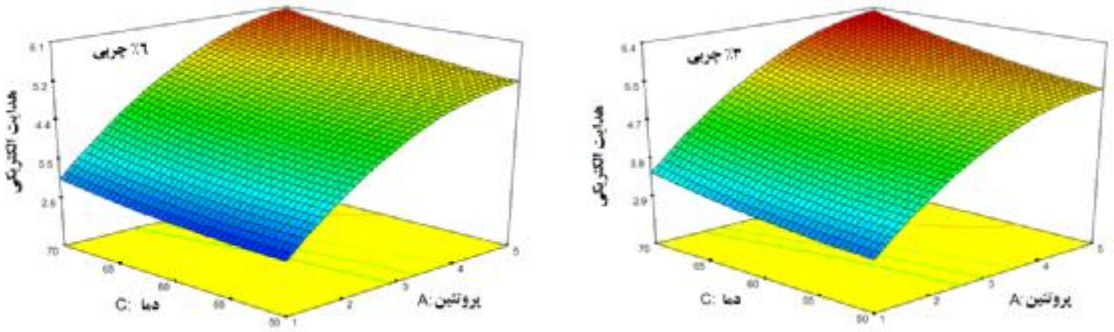


شکل ۲- اثر متقابل درصد لاکتوز و درصد پروتئین بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته

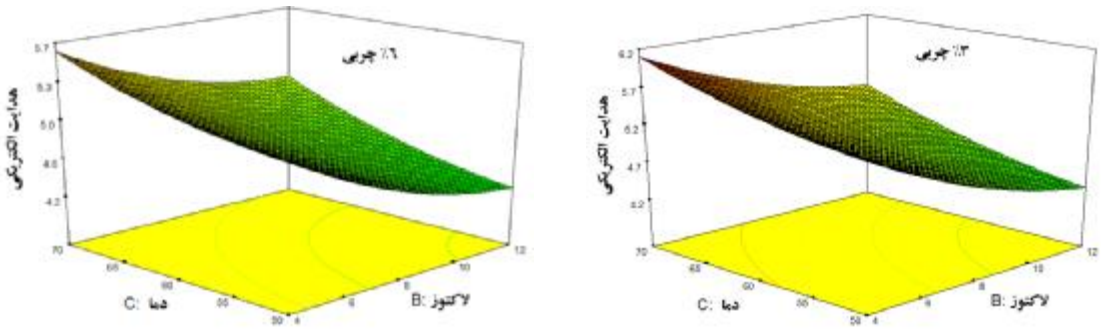
با افزایش دما از ۵۰ تا ۷۰ درجه سلسیوس و همچنین افزایش درصد پروتئین از ۱ تا ۵ درصد، مقدار هدایت الکتریکی شیر بازساخته افزایش یافته است (شکل ۳). همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به فاکتور درصد پروتئین بیشتر از فاکتور دما بوده است که در رابطه (۱) نمایان می‌باشد. با افزایش دما از ۵۰ تا ۷۰ درجه سلسیوس و همچنین کاهش درصد لاکتوز از ۱۲ تا ۴ درصد، مقدار هدایت الکتریکی شیر بازساخته افزایش یافته است (شکل ۴). همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به فاکتور درصد لاکتوز بیشتر از فاکتور دما است که رابطه (۱) نیز آن را تایید می‌کند. نتایج مشابهی در مورد اثر دما بر هدایت الکتریکی شیر توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (۲۱ و ۵). با افزایش دما، تحرک مولکول‌های مایع (شیر) افزایش می‌یابد و درنتیجه رسانایی و همچنین هدایت الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- اثر متقابل دما و درصد پروتئین بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته



شکل ٤- اثر متقابل دما و درصد لاکتوز بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته

همان طور که در شکل‌های ۲ تا ۴ مشخص است مقادیر هدایت الکتریکی شیر بازساخته برای درصد چربی ۳٪ بیشتر از ۶٪ بوده است این بدان معنی است که اثر چربی کاهنده بوده که رابطه (۱) نیز آن را تایید می‌کند (ضریب منفی درصد چربی).

۳-۲- بهینه سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته

با استفاده از روش سطح پاسخ می‌توان علاوه بر مدل‌سازی هدایت الکتریکی، آن را نیز بهینه نمود. شرایط بهینه برای هدایت الکتریکی شیر بازساخته با استفاده ازتکنیک بهینه‌سازی عددی نرم افزار روش سطح پاسخ بررسی شد. اگر هدف به حداکثر رساندن هدایت الکتریکی شیر بازساخته باشد مدل ارائه شده با مطلوبیت ۹۸/۵ درصد به این هدف خواهد رسید. در این حالت هدایت الکتریکی شیر بازساخته برابر با ۶/۱ mS/cm و مقادیر درصد چربی، دما، درصد پروتئین و درصد لاکتوز به ترتیب برابر با ۳٪، ۶۵ درجه سانتی‌گراد، ۴٪ و ۶٪ خواهد بود (جدول ۴). اگر هدف رساندن هدایت الکتریکی به مقدار معمول آن (۴ تا ۵/۵ mS/cm) باشد (۱۳)، مدل ارائه شده با مطلوبیت ۱۰۰ درصد به این هدف خواهد رسید. در این حالت هدایت الکتریکی شیر بازساخته برابر با ۵/۵ mS/cm و مقادیر درصد چربی، دما، درصد پروتئین و درصد لاکتوز به ترتیب برابر با ۳٪، ۶۳/۹ درجه سانتی‌گراد، ۳/۴٪ و ۷/۷٪ خواهد بود (جدول ۴). جهت تایید پیش‌بینی مدل، هدایت الکتریکی شیر بازساخته در شرایط بهینه (حداکثر و معمول) هدایت الکتریکی نیز انجام شد و نتایج تجربی با مقادیر هدایت الکتریکی به ترتیب ۵/۹۲ و ۵/۴ mS/cm دقت مدل را تایید نمودند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- شرایط بهینه برای هدایت الکتریکی شیر بازساخته

هدف	پروتئین (٪)	چربی (٪)	لاکتوز (٪)	دما (ºC)	هدایت الکتریکی (mS/cm)
بیشترین هدایت الکتریکی	٪٤	٪٣	٪٦	٦٥	٦/١
هدایت الکتریکی معمول (٤ تا ٥/٥ mS/cm)	٣/٤	٣	٧/٧	٦٣/٩	٥/٥

٤- نتیجه گیری

در این تحقیق روش سطح پاسخ برای مدل‌سازی و بهینه سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته مورد استفاده قرار گرفت. اثر پروتئین (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ درصد) لاکتوز (۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ درصد)، چربی (۳ و ۶ درصد) و دما (۵۰، ۵۵، ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درجه سلسیوس) به عنوان متغیرهای مستقل بر هدایت الکتریکی شیر باز ساخته به عنوان متغیرهای وابسطه (پاسخ) مورد ارزیابی قرار گرفت. متغیرهای فرایند به صورت مدل‌های رگرسیونی درجه دوم برای این پاسخ معنی دار بودند ($p<۰/۰۱$). ضریب تبیین (R^2) مدل‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته به روش سطح پاسخ برابر با ۰/۹۲ بدست آمد. با افزایش درصد پروتئین، کاهش درصد لاکتوز، کاهش درصد چربی و افزایش دمای شیر بازساخته، هدایت الکتریکی آن افزایش یافت. شرایط بهینه برای قرار گرفتن هدایت الکتریکی شیر بازساخته در محدوده معمول آن (۴ تا ۵/۵ mS/cm) شامل پروتئین ۳/۴٪، لاکتوز ۷/۷٪، چربی ۳٪ و دمای ۶۳/۹ºC بود.

٥- منابع

۱. سالاری، ر.، مرتضوی، ع. ۱۳۸۷. تعیین زمان بهینه رسیدن پنیر سفید ایرانی با استفاده از روش سطح پاسخ. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*، جلد۵، شماره۲، ۲۶- ۱۷.

2. Chauhan, A. and Srivastava, A. 2009. Optimizing drying conditions for vacuumassisted microwave drying of green peas (Pisum sativum L.). *Drying Technology*, 27(6): 761-769.

3. Crow, D.R. 1994. Principles and application of electro chemistry. 4th ed. Glasgow: Blackie Academic and Professional. Glasgow, UK.

4. Dejmek, P. 1989. Precision conductometry in milk renneting. *J Dairy Res*, 56 (1): 69-78.

5. Gelais, D., Champagne, C.P., Erepmoc, F. and Audet, P. 1995. The use of electrical conductivity to follow acidifcation of dairy blends. *Int Dairy J*, 5: 427 438.

6. Kahyaoglu, T. 2008. Optimization of the pistachio nut roasting process using response surface methodology and gene expression programming

www.SID.ir

Archive of SID

. *Food Science and Technology*, 41: 26-33.

7. Lampert, I.M. 1978. Modern Dairy Products. 3th ed. CRC.USA, p. 92-132.

8. Loveland, J.W. 1986. Conductance and oscillometry. 2nd ed., USA: Allyn and Bacon, p. 122-43.

9. Luck, H. and Screed, D. 2002 The use of hydrojenpeoxide in milk and Dairy products. *Ger Res Inst Food Chem*, 3: 423-452 .

10. Maatje, K., Huijsmans, P.J.M., Rossing, W. and Hogewerf, P.H. 2002. The efficacy of in-line measurement of quarter milk electrical conductivity, milk yield and milk temperature for the detection of clinical and subclinical mastitis. *Livest Prod Sci*, 30: 239-249.

11. Mabrook, M. and Petty, M. 2003. Effect of composition on the electrical conductivity of milk. *J Food Eng*, 69 (3): 321-325.

12. Mabrook, M. F. and Petty, M.C. 2002. Application of electrical admittance measurements to the quality control of milk. *Sensors and Actuators B*, 84: 136–141.

13. Nielen, M., Deluyker, H., Schukken, Y.H. and Brand, A. 1992. Electrical conductivity of milk: measurement, modifers, and meta analysis of mastitis detection performance. *J Dairy Sci*, 75 (2): 606 614.

14. Norberg, E., Hogeveen, H., Korsgaard, I.R., Friggens, N.C. and Lbvendahl, P. 2004. Electrical conductivity of milk: ability to predict mastitis status. *J. Dairy Sci*, 87: 1099–1107.

15. Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F. and Mortazavi, S.A. 2012. Multi-objective optimization of osmotic–ultrasonic pretreatments and hot-air drying of quince using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6): 2098-2110.

16. Ozdemir, M., Ozen, B.F., Dock, L.L. and Floros, J.D. 2008. Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10): 2044-2050.

17. Paquet, J., Lacroix, C., Audet, P. and Thibault, J. 2000. Electrical conductivity as a tool for analysing fermentation processes for production of cheese starters. *International Dairy Journa,l* 10: 391-399.

18. Park, K.J., Bin, A. and Brod, P. 2003. Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 56(1): 97-103.

19. Petzer, I.M., Donkin, E.F., Du Preez, E., Karzis, J., Van der Schans, T.J., Watermeyer, J.C. and Reenen, R. 2008. Value of tests for evaluating udder health in dairy goats: somatic cell counts, California Milk Cell Test and electrical conductivity. Onderstepoort. *J Vet Res*, 75: 279–287.

20. Prentice, J.H. 1962. The conductivity of milk the efect of the volume and degree of dispersion of the fat. *J Dairy Res*, 2: 131 139.

21. Sharma, G.S. and Roy, D.N.K. 1976. Influence of temperature on the electrical conductivity of buffalo milk. *J Dairy Res*, 43: 321-323.

www.SID.ir

Archive of SID

22. Shin, J., Yang, D., Gan, L., Hong, S., Lee, E., Park, S. and Lee, K. 2012. Preparation of recombined milk using modified butterfats containing α-linolenic acid. *Journal of Food Science*, 78(1): 17-24.

23. Therdthai, N. and Zhou, W. 2001. Artificial neural network modelling of the electrical conductivity property of recombined milk. *Journal of Food Engineering*, 50 (2): 107–111.

24. Uysal, N., Sumnu, G. and Sahin, S. 2009. Optimization of microwave–infrared roasting of hazelnut. *Journal of Food Engineering*, 90: 255-61.

25. Zhuang, W., Zhou, W., Nguyen, M.H. and Hourigan, J.A. 1997. Determination of protein content of whey powder using electrical conductivity measurement. *Int Dairy J*, 7(10): 647 653.

www.SID.ir

Archive of SID

(Original Research Paper)

Modeling the Electrical Conductivity of Recombined Milk by Response Surface Methodology

Heidar Naseri[1], Isa Hazbavi[2*], Feizollah Shahbaz[3]

1- MSc Graduated of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

3-Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

Received: 18/02/2019 Accepted:04/05/2019

Abstract

Milk is the only known substance in nature that can provide the body with complete and balanced nutrition. Recombined milk is a milk replacement product. Recombined milk components are more easily adjustable than milk components. Using electrical conductivity, valuable information is available about the quality of different materials, including food. In addition, by this method, as a simple and practical tool, the quality of many foods can be controlled. In this study, Response Surface Methodology (RSM) was used for modeling and optimization of the electrical conductivity of recombined milk. The effects of protein (1, 2, 3, 4 and 5%), Lactose (4, 6, 8, 10 and 12%), fat (3 and 6%) and temperature (50, 55, 60, 65 and 70ºC) independent variables on electrical conductivity of recombined milk as dependent variables (response) were evaluated. Process variables were statistically significant ($p<0.01$) as quadratic regression model for this response. The R^2 factor for the modeling of the electrical conductivity of Recombined milk was 0.92 by the response surface method. Optimum conditions for the electrical conductivity of the Recombined milk in the usual range (4 to 5.5 mS/cm) contained protein 3.4%, lactose 7.7%, fat 3% and temperature of 63.9 °C.

Keywords: Response Surface Methodology, Electrical Conductivity, Recombined Milk.

*Corresponding Author: hazbavi.i@lu.ac.ir

www.SID.ir