بررسی امکان استفاده از پلاریزاسیون جریان الکتریکی مستقیم در کیفیت‌سنجی شیر

راهب فروتن بیگباغلو[1]، فاروق شریفیان[2*]، علی حسن پور[3]

1- دانشجوی دکتری گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
2- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
3- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: 98 /05/07 تاریخ پذیرش: 99/04/09)

چکیده

شیر یک غذای کامل برای انسان محسوب می‌شود ولی تقلبات تلفیقی و عدم تشخیص سریع آن توسط دستگاه‌های موجود؛ صنعت فرآورده‌های لبنی را با چالش روبرو کرده است. در این راستا، از هدایت الکتریکی با جریان متناوب، برای تشخیص برخی خواص شیر استفاده می‌شود اما استفاده از جریان مستقیم، به علت معایبی مانند پلاریزاسیون الکترودها و هیدرولیزاسیون شیر مجاز نیست. در این تحقیق، دستگاهی ساخته شده است که بر مبنای مقاومت الکتریکی شیر کار می‌کند. در این دستگاه؛ با عبور جریان مستقیم از شیر، مواد معلق باردار در سطح الکترودها جذب شده و رقیق شدن شیر را سبب می‌شود. دانسیته جریان الکترود، در مقاومت‌های 1/48، 1/85، 2/5، 3/7 و 7/4 کیلواهم با دو الکترود آلومینیومی و فولادی در دماهای 17/2، 20/7 و 23/7 درجه سلسیوس؛ با فواصل الکترود 1، 2 و 3 سانتیمتر، در حجم‌های 15، 30 و 45 سی‌سی شیر در مدت دو دقیقه اندازه‌گیری شده و عوامل موثر در طراحی دستگاه با هدف کاهش اثرات معایب دوگانه، به روش هندسی بهینه‌سازی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد دستگاه با الکترود فولادی و ضریب سل 0/33 Cm^{-1}، می‌تواند کیفیت 45 سی‌سی شیر با دمای 25 درجه سلسیوس را به طور بهینه اندازه‌گیری نماید. دانسیته جریان با الکترود فولادی، کمتر از الکترود آلومینیومی بوده و با کاهش مقاومت کنترل مدار؛ مقدار آن افزایش می‌یابد که مقدار بهینه‌ی آن در جهت کاهش پلاریزاسیون الکترودها و نرخ هیدرولیزاسیون؛ با مقاومت 3/2 کیلواهمی و ضریب سل ثابت و با حداقل نوسان، 1/5 میلی‌آمپر بدست آمده است و دما، حجم شیر و فاصله الکترودها تأثیری در مقدار آن نداشتند.

کلید واژگان: بهینه‌سازی هندسی، پارامترهای طراحی، دانسیته جریان الکتریکی، ضریب‌سل و مقاومت کنترلی.

*مسئول مکاتبات: f.sharifian@urmia.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.52547/fsct.17.105.151]

1- مقدمه

شیر و فرآورده‌های آن با توجه به ارزش غذایی بالایی که دارد؛ در سبد مصرفی خانوارها از ضروری‌ترین و پرمصرف‌ترین مواد غذایی محسوب شده و منبع مهمی برای تامین پروتئین و کلسیم می‌باشد[1] و چون شیر گاو از لحاظ درصد ترکیباتش، به شیر انسان شباهت زیادی دارد[2]؛ در کشور ما نیز فرآورده‌های لبنی بطور عمده با استفاده از شیر گاو تولید می‌شود و بخش مهمی از اقتصاد کشور را تشکیل می‌دهد[3] شیر گاو به لحاظ شیمیایی؛ ترکیبی از چربی، پروتئین، کربوهیدرات، مواد معدنی، ویتامین و مواد دیگری است که در آب معلق هستند[4]. این فرآورده‌ی باارزش، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاصی دارد که در اندازه‌گیری کیفیت و تقلبات آن مورد توجه قرار می‌گیرد. شیر در حالت طبیعی دارای 87/5% آب، 4% چربی، 3/2% پروتئین و 5/3% سایر مواد است که با استفاده از دانسیته یا چگالی، نقطه انجماد و روش‌هایی مانند سوکسله[1] و ژربر[2]، کیفیت آن اندازه‌گیری می‌شود. از دستگاه‌ها و ابزارهایی که کیفیت و تقلبات شیر را نشان می‌دهند می‌توان اکومیلک[3]، میلکوتستر[4]، لاکتودانسیمتر[5] و غیره را نام برد. ولی آنچه که باید بدان توجه داشت؛ عدم کارآیی ابزارهای موجود در تقلبات مضاعف یا تلفیقی شیر است. روش‌های موجود در تشخیص تقلبات مضاعف، اغلب بصورت آزمایشگاهی بوده و از توان کاربران و فعالان غیرمتخصص صنعت شیر و فرآورده‌های آن خارج است. لذا امروزه تشخیص تقلبات شیر برای فعالان غیرحرفه‌ای، به یک معضل تبدیل شده و لزوم دست‌یابی به تکنولوژی نوین اندازه‌گیری کیفی را بیشتر نمایان می‌کند. بدین منظور؛ در این تحقیق قابلیت جریان الکتریکی مستقیم در فرآیند سنجش کیفی، مورد ارزیابی قرار گرفته و شرایط مرزی و تابع هدف بهینه‌سازی شده است تا در پروژه‌های آتی به طراحی نوین دستگاه کیفیت‌سنج منجر شود.

از خاصیت هدایت الکتریکی بطور گسترده در صنایع غذایی برای تشخیص آلودگی آب، فعالیت میکروبی مواد غذایی، ارزیابی کیفیت عسل، روغن خوراکی، گوشت، میوه و آب میوه استفاده می‌شود و مقدار آن با دما، مقدار رطوبت و یون‌های آزاد؛ به صورت خطی افزایش می‌یابد[5]. رسانایی شیر به طور عمده به املاح شیر و یون‌های آزاد سدیم، پتاسیم و کلر برمی‌گردد. در 18 درجه سلسیوس میزان هدایت الکتریکی در شیر گاو بین 4 تا 6، برای شیر گوسفند بین 3 تا 5 و برای شیر گاومیش بین 2/5 تا 5 میلی زیمنس بر سانتیمتر متغیر است. برای بررسی عوامل مؤثر بر هدایت الکتریکی شیر، تحقیقات متعددی انجام گرفته است. تحقیقات نشان داده است که با افزایش میزان آب شیر، هدایت الکتریکی کاهش خطی داشته و با کاهش چربی شیر، هدایت الکتریکی افزایش پیدا می‌کند[6]. از هدایت الکتریکی برای تشخیص آلودگی عفونی و برخی ویژگی‌های شیر در شرایط آزمایشگاهی نیز استفاده می‌شود[7]. چربی از عوامل مؤثر دیگر در هدایت الکتریکی شیر است که با افزایش درصد چربی شیر، هدایت الکتریکی آن کاهش می‌یابد[8]. رابطه بین مقدار چربی شیر و هدایت الکتریکی به صورت تئوری و آزمایشگاهی مطالعه شده و معادله‌ی آن بر حسب هدایت الکتریکی شیر با چربی آزاد و ضریب میانگین هدایت الکتریکی ارائه شده است[9]. دمای نگهداری شیر، عامل مهم دیگری است که در کیفیت شیر تاثیر دارد به طوری که با افزایش دما برخی خواص شیر مانند ای‌سی و پی‌اچ افزایش می‌یابد[10]. با افزایش دما؛ هدایت الکتریکی شیر بدلیل کاهش ویسکوزیته‌ی آن، افزایش می‌یابد. ولی در دمای بین 15 تا 40 درجه سلسیوس، برای هدایت الکتریکی شیر؛ ضریبی معادل، $1/7 \times 10^{-3}$ ms/^{o}c تعیین شده است [11]. تأثیر ترقیق شیر و دما بر هدایت الکتریکی آن بررسی شده و نتایج نشان داده است ترقیق شیر فقط وابستگی هدایت الکتریکی به دما را کمی تحت تأثیر قرار می‌دهد[12]. لاکتوز (قند شیر) در کندوکتانس[6] الکتریکی مشارکت ندارد و به همین دلیل کندوکتانس شیر پرچرب، بی‌چرب و کم‌لاکتوز یکسان است [13]. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی الکترولیت با مقاومت متغیر بین کیلواهم تا مگااهم، بکارگیری دو پروب کافی است و از پارامترهای مطالعه شده بر پدیده الکترولیز؛ مانند حجم و غلظت الکترولیت، فاصله بین الکترودها، دمای کاری، مکان یا موقعیت الکترود و طول الکترود، فقط سه مورد اول موثر بوده است[14].

1. Soxhelet method
2. Gerber method
3. Eko milk
4. Milko tester
5. Lacto densimeter

6. Conductance.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.52547/fsct.17.105.151]

اندازه‌گیری رسانایی شیر با ولتاژ DC[7]، با فرآیند انعقاد همراه است بدین ترتیب که جریان گذرنده در مدت زمان کوتاهی موجب الکترولیز آب شیر و تصعید گازهای اکسیژن و هیدروژن از قطب‌ها شده و با انعقاد شیر، جریان متوقف می‌شود این پدیده به هیدرولیزاسیون[8] معروف است[15]. از طرف دیگر یک طرفه بودن جهت جریان، موجب پلاریزه شدن الکترودها و جذب یون‌های آزاد مواد جامد شیر و تشکیل رسوب در سطح آنها می‌شود[16]. فرآیند پلاریزاسیون[9] با تشکیل پیل؛ موجب خوردگی تدریجی الکترودها، متخلخل شدن سطح و تغییر در رسانایی آنها می‌گردد. به همین دلیل هدایت الکتریکی شیر با جریان مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شود. در این تحقیق هدایت‌سنج الکتریکی با جریان مستقیم برای شیر گاو طراحی و ساخته شده و عوامل مؤثر بر پلاریزاسیون الکترودها و هیدرولیزاسیون شیر، بررسی شده و به روش هندسی، بهینه‌سازی شده است تا با کنترل دو پدیده‌ی پلاریزاسیون و هیدرولیزاسیون، بتوان در پروژه‌های آتی با بکارگیری حالت ترسیب الکتریکی مواد معلق شیر و سنجش خاصیت اپتیکی آن، روش جدیدی در جهت سنجش تقلبات شیر ارائه نمود.

2- مواد و روش

2-1- ابزارهای به کار رفته

در این تحقیق، یک دستگاه آزمایشگاهی ساخته شده است که با استفاده از جریان مستقیم، دانسیته جریان الکتریکی شیر را نشان می‌دهد. مطابق شکل 1، این دستگاه شامل ای‌سی‌سنج دست‌ساز، آداپتور جریان مستقیم، مولتی‌متر، رئوستا یا مقاومت کنترلی و ترمومتر است. ای‌سی‌سنج، دارای دو سری زوج الکترود آلومینیومی و فولادی هستند که صفحات آن؛ یک سانتیمترمربع مساحت داشته و فاصله‌ی الکترودها در اندازه‌های 1، 2 و 3 سانتیمتر قابل تنظیم هستند. ضریب سل الکترودها یا همان نسبت فاصله الکترودها به سطح مقطع آن، مقادیر 1، 2 و 3 (cm^{-1}) بدست آمد. ظرف شیر، یک پیمانه مدرج بوده و در حجم‌های 15، 30 و 45 سی‌سی؛ می‌تواند صفحات الکترود را به طور کامل در شیر مستغرق نماید. آداپتور؛ جریان متناوب شهری را به جریان مستقیم 5 ولت، 350 میلی‌آمپر تبدیل می‌کند.

Fig 1 image of Set-up device and EC-meter (from left to right)

2-2-روش تهیه نمونه

برای تهیه نمونه، ابتدا ظرف شیر با آب گرم و مواد شوینده کاملا پاک شده و شیر خام تازه گاو از محل مطمئن تهیه شده و پس از اندازه‌گیری پی‌اچ شیر و حصول اطمینان از سالم بودن، در یخچال نگهداری شد. برای انجام آزمایش؛ ابتدا شیر از یخچال خارج شده و در دمای اتاق نگهداری گردید تا به دمای تعادل رسیده و تغییرات ناشی از دما به حداقل برسد.

2-3-روش انجام آزمایش

شماتیک دستگاه ساخته شده مطابق شکل 2 می‌باشد. وقتی مدار توسط آداپتور به برق شهر متصل می‌شود؛ با بسته شدن کلید، جریان گذرنده به وسیله آمپرمتر نشان داده می‌شود. با تغییر مقاومت رئوستا در مقادیر 1/48، 1/85، 2/5، 3/7 و 7/4 کیلواهم، ولتاژ دو سر الکترود تغییر یافته و دانسیته جریان الکتریکی شیر توسط مولتی‌متر نشان داده می‌شود.

7. Direct current
8. Hydrolization
9. Polarization

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.52547/fsct.17.105.151]

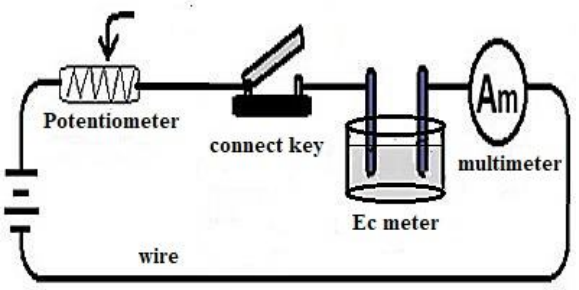

Fig 2 Schematic of the test circuit.

2-3-1-روش سنجش دانسیته جریان الکتریکی شیر با الکترود آلومینیومی و فولادی

این آزمون مربوط به مقایسه‌ی دانسیته‌ٔ انتقال جریان توسط الکترودهای آلومینیومی و فولادی در مقاومت‌ها و اصولا ولتاژهای مختلف است. میزان دانسیته جریان الکترود در مقاومت‌های 1/48، 1/85، 2/5، 3/7 و 7/4 کیلواهم با دو الکترود آلومینیومی و فولادی؛ در دمای یکسان و به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه پلاریزاسیون الکترودها و هیدرولیزاسیون شیر با دانسیته‌ی جریان الکتریکی رابطه مستقیم دارد. می‌توان جریان بهینه و الکترود ایده‌آل را بر مبنای حداقل جریان از روی نمودار بدست آورد.

2-3-2-روش سنجش دانسیته جریان الکترود بر مبنای حجم شیر

این آزمون مربوط به مقایسه دانسیته جریان الکتریکی شیر در حجم‌های 15، 30 و 45 سی‌سی با الکترود انتخاب شده است. در این آزمایش، حجم بهینه بر اساس حداقل جریان و حداکثر حجم شیر تعیین می گردد و علت آن این است که با عبور جریان؛ کل مواد جامد شیر با حجم کمتر، به طور کامل روی الکترود رسوب می‌کند که این حالت در شیر رقیق شده با آب نیز محتمل است ولی این حالت در حجم بیشتر، نسبی بوده و یک کمیت برای اندازه‌گیری کیفی شیر محسوب می‌شود.

2-3-3-روش سنجش دانسیته جریان الکترود بر مبنای فواصل الکترود

در این آزمون؛ دانسیته جریان الکتریکی شیر در حجم تعیین شده و دمای یکسان، در فواصل 1، 2 و 3 سانتیمتر بین الکترودها مشخص می‌شود و فاصله مطلوب الکترودها برحسب حداقل ولتاژ و حداکثر فاصله انتخاب می‌شود. فاصله بین الکترودها را می‌توان به وسیله‌ی صفحه نگهدارنده تنظیم نمود.

2-3-4-روش سنجش دانسیته جریان الکترود بر مبنای دمای شیر

در این آزمون؛ دانسیته جریان الکتریکی شیر در دمای 17/2، 20/7 و 23/7 درجه سلسیوس و در مدت زمان دو دقیقه ثبت می‌گردد تا حساسیت دمایی هدایت الکتریکی شیر در جریان‌های مختلف بدست آید و جریانی که حداقل تغییرات را داشته است انتخاب گردد.

2-4-روش تحلیل داده‌ها

در این تحقیق، مقاومت ناشی از جنس و فاصله الکترودها، حجم و دمای شیر؛ متغیرهای مستقل بوده و دانسیته‌ی جریان الکترود، متغیر وابسته است. برای ثبت و پردازش داده‌ها و انتخاب بهینه کمیت‌های مستقل از نرم‌افزار اکسل و برای بهینه‌سازی نهایی دانسیته‌ی جریان شیر، از روش هندسی استفاده شده است بدین ترتیب که با طراحی آزمایش، ابتدا متغیرهای مستقل قابل کنترل به طور سیستماتیک تغییر داده شده و اثر آن بر متغیر وابسته مورد ارزیابی قرار گرفته سپس از روش هندسی یا گرافیکی برای بدست آوردن نقطه‌ی اپتیمم جریان الکتریکی استفاده می‌شود. بدین ترتیب دانسیته‌ی جریان الکتریکی به عنوان تابع هدف و جنس و فاصله‌ی الکترودها، حجم و دمای شیر به عنوان قیود، تعریف شده و از تلاقی نمودارهای چهارگانه؛ نقطه‌ی اپتیمم دانسیته‌ی جریان الکتریکی بدست می‌آید.

3- نتایج و بحث

در این بخش تغییرات دانسیته جریان الکتریکی شیر بر حسب متغیرهای مستقل بررسی شده و مقدار اپتیمم آن به روش هندسی بهینه‌سازی می‌شود که هر یک ذیلا" شرح داده می‌شود.

3-1-بررسی تغییرات دانسیته جریان الکتریکی شیر با دو الکترود آلومینیومی و فولادی

جنس الکترود یکی از عوامل مؤثر در رسانایی الکتریکی شیر می‌باشد ولی رسانایی شیر در جریان مستقیم؛ با خوردگی و تجزیه الکترود همراه بوده و شدت آن با دانسیته جریان متناسب

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.52547/fsct.17.105.151]

است. از این‌رو در این آزمون، دانسیته جریان الکتریکی ای‌سی-سنج با دو الکترود آلومینیومی و فولادی توسط مولتی‌متر در مدت زمان دو دقیقه و در حجم و دمای یکسان شیر اندازه‌گیری و ثبت شد. شکل 3 حاکی از آن است که دانسیته جریان الکتریکی در الکترود آلومینیومی بیشتر از الکترود فولادی است و دلیل آن تمایل بیشتر مشارکت یون‌های آلومینیوم در فرآیند انتقال جریان است و همین امر باعث خوردگی تدریجی سطح آنها می‌شود. این امر در الکترود فولادی خفیف‌تر است و چون با کاهش مقاومت مدار و افزایش جریان، شدت پلاریزگی بیشتر می‌شود لذا مقاومت بهینه در جهت افزایش آن مد نظر قرار می‌گیرد. ولی در مقاومت 7/4 کیلواهم، جریان الکتریکی ملموس نیست و ممکن است در شرایط مختلف کاری مانند ترقیق شیر، از حساسیت لازم برخوردار نباشد.

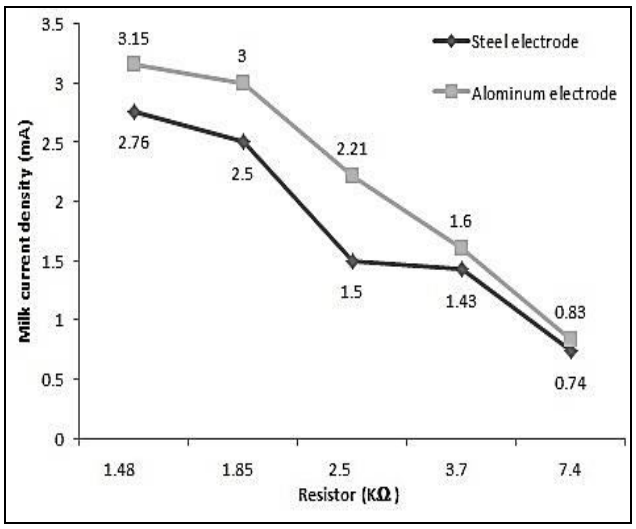

Fig 3 Chart of changes in the electrical current density of the aluminum and steel electrodes in terms of the circuit resistor, with the equal cell coefficient in two minutes at 17.2 ° C and 15 cc of milk.

3-2- بررسی تغییرات دانسیته جریان الکتریکی شیر با الکترود فولادی در حجم 15، 30 و 45 سی‌سی شیر

حجم شیر بسته به میزان یون‌های آزاد موجود در آن، در رسانایی شیر مؤثر است از این‌رو به منظور افزایش دقت اندازه‌گیری؛ دانسیته جریان الکتریکی شیر با الکترود فولادی در دمای 23/7 درجه سلسیوس و در حجم‌های 15، 30 و 45 سی‌سی اندازه‌گیری شد. مطابق با شکل 4، نتیجه آزمون نشان می‌دهد تغییرات دانسیته جریان الکتریکی بر حسب مقاومت‌های مختلف مدار در سطح احتمال 5% معنی‌دار بوده و در هر سه حجم تقریبا برابر است و دلیل آن مستقیم بودن جریان و به یکباره جذب شدن یون‌های موجود در شیر، توسط الکترودهاست. رسوب‌گذاری سطح الکترود بسته به نسبت وزن مواد جامد شیر به کل وزن آن متغیر بوده و می‌تواند پارامتر مؤثری در جهت ارزیابی کیفی شیر محسوب شود.

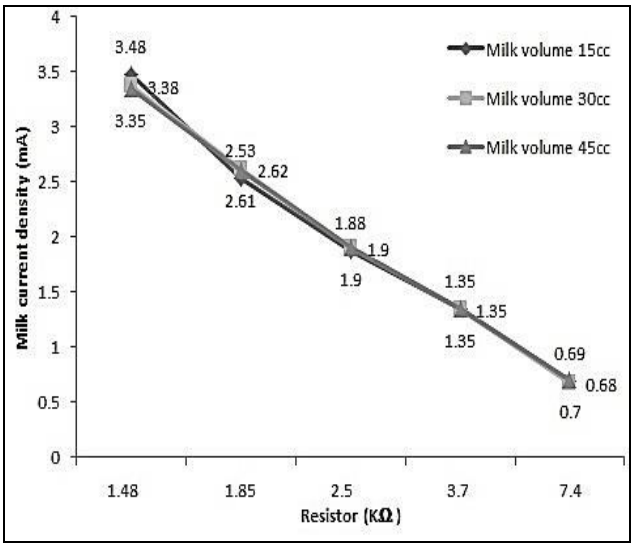

Fig 4 chart of Changes in the electrical current density of milk in terms of the circuit resistor, with a steel electrode at 23.7 ° C and volumes of 15, 30 and 45 cc of milk.

3-3- بررسی تغییرات دانسیته جریان الکتریکی شیر با الکترود فولادی در فواصل 1، 2 و 3 سانتیمتر بین الکترودها

یکی دیگر از عوامل مؤثر در رسانایی شیر؛ فاصله بین الکترودهاست که تحت عنوان ضریب سل بحث می شود هر چه نسبت فاصله بین الکترودها بر سطح آن افزایش یابد رسانایی شیر افزایش می‌یابد به همین جهت برای بهینه‌سازی فاصله بین الکترودها، دانسیته جریان الکتریکی در فواصل 1، 2 و 3 سانتیمتر در مدت دو دقیقه؛ اندازه‌گیری و ثبت گردید. شکل 5 نشان می‌دهد تغییرات دانسیته جریان بر حسب مقاومت مدار در سطح احتمال 5% معنی‌دار بوده ولی تغییر فاصله‌ی بین الکترودها تأثیر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]
[DOI: 10.52547/fsct.17.105.151]

چندانی در دانسیته جریان الکتریکی ندارد و علت آن مستقیم بودن جریان و عدم پیمایش این فاصله توسط بارهای کاتیونی و آنیونی است. بنابراین انتخاب ماکزیمم فاصله بین الکترودها باعث می‌شود شدت میدان الکتریکی بین صفحات کاهش یافته و خوردگی سطح الکترود بر اثر میدان بوجود آمده؛ به حداقل برسد.

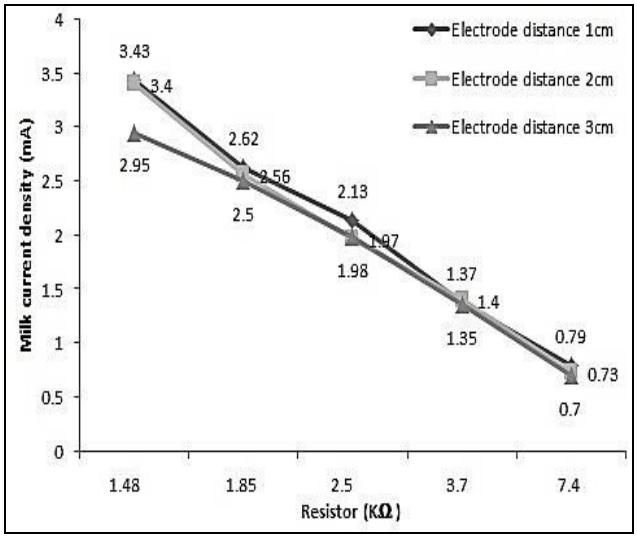

Fig 5 chart of Changes in the electrical current density of milk in terms of the circuit resistor at intervals of 1, 2 and 3 cm between steel electrodes at 20.7 ° C with 25 cc of milk.

3-4-بررسی تغییرات دانسیته جریان الکتریکی شیر با الکترود فولادی در دماهای 17/2، 20/7 و 23/7 درجه سانتیگراد

با افزایش دما و کاهش ویسکوزیته شیر، میزان رسانایی الکتریکی آن کاهش می‌یابد و علت آن، کاهش یون‌های موجود در واحد حجم و تقلیل جنبش مولکولی ناشی از انبساط آزاد می‌باشد. با این توصیف؛ میزان رسانایی شیر در دماهای 17/2، 20/7 و 23/7 درجه سلسیوس با الکترود فولادی در مدت زمان دو دقیقه اندازه‌گیری و ثبت گردید تا تغییرات دانسیته‌ی جریان الکتریکی در دماهای مختلف بدست آید. شکل 6، حاکی از آن است که این تغییرات در سطح احتمال 5% معنی‌دار می‌باشد ولی تأثیر دما بر دانسیته جریان، در مقاومت بالاتر نامحسوس بوده و با کاهش مقاومت، تأثیر آن در رسانایی شیر نمایان‌تر می‌شود. به عبارتی با کاهش دانسیته جریان الکتریکی شیر، میزان حساسیت به دما کاهش یافته و با افزایش جریان؛ حساسیت به دما بیشتر می‌شود که از این نظر ماکزیمم جریان حائز اهمیت می‌باشد.

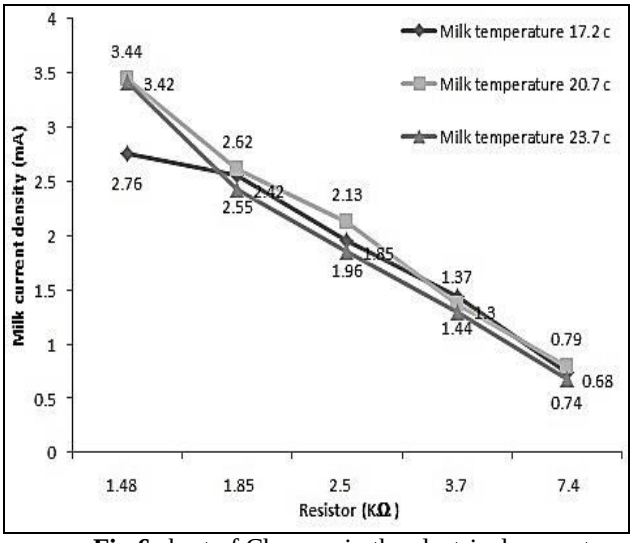

Fig 6 chart of Changes in the electrical current density of milk in terms of circuit resistor with steel electrode at temperatures of 17.2, 20.7 and 23.7 ° C in two minutes and 15 cc of milk.

3-5-تعیین نقطه‌ی اپتیمم دانسیته‌ی جریان الکتریکی با قیود چهارگانه

برای تعیین مقدار اپتیمم تابع هدف؛ ابتدا باید شرایط مرزی بهینه تعریف شود. شرایط مرزی همان قیود تعریف شده هستند که مقادیر اپتیمم آن مربوط به الکترود فولادی با 3 سانتیمتر فاصله بین الکترودها، در 45 سی‌سی شیر با دمای 23/7 درجه ساتیگراد است. شکل 7، تلاقی نمودار دانسیته‌ی جریان الکتریکی شیر بر حسب مقاومت کنترلی مدار با قیود چهارگانه را نشان می‌دهد. با دقت در نمودار، مشاهده می‌شود دانسیته جریان الکتریکی در مقاومت‌های 1/48، 1/85 و 2/5 کیلواهم متمرکز نبوده و دامنه تغییرات آن 2/7 تا 3/5 میلی‌آمپر می‌باشد این مقدار جریان با توجه به افزایش متناسب شدت پلاریزاسیون الکترودها و هیدرولیزاسیون شیر، مناسب هدایت‌سنج الکتریکی از نوع جریان مستقیم نمی‌باشد. علت این است که با افزایش شدت پلاریزاسیون الکترود، سطح آن متخلخل شده و با خوردگی تدریجی و تغییر سطح مؤثر آن، مقدار عدد نشان داده شده توسط دستگاه، مقدار واقعی هدایت الکتریکی نخواهد بود. از طرفی با کاهش مقاومت مدار، نرخ هیدرولیزاسیون شیر نیز بیشتر شده و

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.52547/fsct.17.105.151]

در مدت کوتاه، شیر با متصاعد شدن آب، غلیظ می‌شود. در این حالت هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده، مبین جامعه آماری نخواهد بود. در مقاومت 7/4 کیلواهم، دانسیته‌ی جریان الکتریکی، ناچیز بوده و این مقدار (0/7 میلی‌آمپر) در اندازه‌گیری هدایت الکتریکی شیر رقیق شده، کارآیی لازم را نخواهد داشت. بنابراین مقدار جریان الکتریکی بهینه، در 3/2 کیلواهم مقاومت کنترل مدار، 1/5 میلی آمپر بدست آمد.

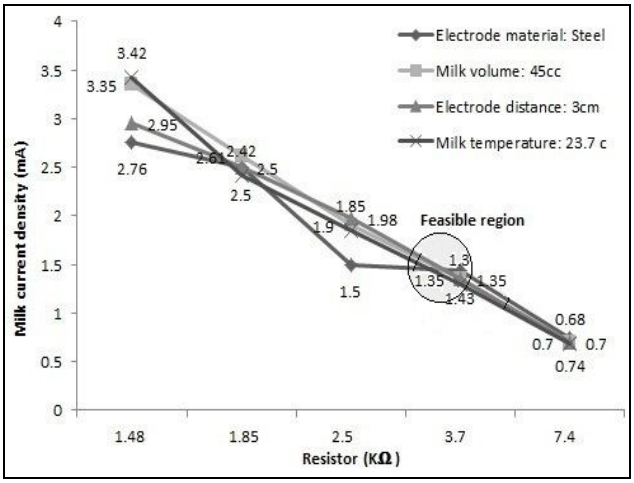

Fig 7 Chart of Changes in the electrical current density in terms of the circuit resistor with a steel electrode, with equal cell coefficient 3 (cm^{-1}) at 23.7 ° C, for two minutes and 45 cc milk.

4- نتیجه‌گیری نهایی

برای تشخیص تقلبات شیر گاو، روش‌ها و دستگاه‌های متنوعی ارائه شده است که در صورت تلفیق تقلبات، قادر به تشخیص نیستند یا شرایط و امکانات آزمایشگاهی را می‌طلبد که از حیطه‌ی کاربری فعالان صنعت شیر خارج است. در این راستا استفاده از هدایت الکتریکی شیر با جریان متناوب در تشخیص برخی تقلبات و آلودگی؛ رایج‌تر شده ولی به کارگیری جریان مستقیم به علت پلاریزاسیون الکترودها و هیدرولیزاسیون شیر، غیر مجاز شناخته شده است. این در حالی است که با عبور جریان مستقیم از شیر، لایه‌ی نازکی از مواد معلق باردار به سطح الکترودها جذب شده و رسوب می‌گذارد. این فرآیند باعث رقیق شدن غلظت شیر شده و می‌تواند در پروژه‌های آتی، با استفاده از خاصیت اپتیکی شیر، در سنجش کیفی آن مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق، یک هدایت‌سنج الکتریکی با جریان مستقیم ساخته شده و عوامل مؤثر بر کاهش پلاریزاسیون الکترودها و هیدرولیزاسیون شیر بررسی گردیده و به روش هندسی، بهینه‌سازی شده است. دانسیته جریان الکتریکی شیر، در مقاومت‌های 1/48، 1/85، 2/5، 3/7 و7/4 کیلواهم با دو الکترود آلومینیومی و فولادی در دماهای 17/2، 20/7 و 23/7 درجه سلسیوس؛ با فواصل الکترود 1، 2 و 3 سانتیمتر، در حجم 15، 30 و 45 سی‌سی شیر در مدت دو دقیقه اندازه‌گیری شده و عوامل موثر در طراحی دستگاه با هدف کاهش اثرات معایب دوگانه، به روش هندسی بهینه‌سازی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد دستگاه با الکترود فولادی و ضریب سل 0/33 Cm^{-1}، می‌تواند کیفیت 45 سی‌سی شیر با دمای 25 درجه سلسیوس را به طور بهینه اندازه‌گیری نماید. دانسیته جریان با الکترود فولادی، کمتر از الکترود آلومینیومی بوده و با کاهش مقاومت کنترل مدار؛ مقدار آن افزایش می‌یابد که مقدار بهینه‌ی آن در جهت کاهش پلاریزاسیون الکترودها و نرخ هیدرولیزاسیون؛ با مقاومت 3/2 کیلواهمی و ضریب سل ثابت و با حداقل نوسان، 1/5 میلی‌آمپر بدست آمده است و دما، حجم شیر و فاصله الکترودها تأثیری در مقدار آن نداشتند.

5- منابع

[1] Haimov-Kochman, R., Shore, Ls., and Laufer, N. (2016). The milk we drink, food for thought. Fertility and sterility 106(6): 1310-1.

[2] Hashemzadeh, M., Khalajzadeh, S., Amini, K., and Yadi, j. (2011). Seasonal changes in percentage of fat, protein and density of raw milk in an industrial dairy in Dezful. The first national conference on modern topics in agriculture:1-4.(in Farsi)

[3] Kalantari, AS., Mehrabani-Yeganeh, H., Moradi, M., Sanders, Ah. and DeVries, A. (2010). Determining the optimum replacement policy for Holstein dairy herds in Iran. Journal of dairy science 93(5): 2262-70.

[4] Hossain, MB. & Dev, SR. (2013). Physiochemical characteristics of various raw milk samples in a selected dairy plant of Bangladesh. International Journal of Engineering 1(3): 2305-8269.

[5] Binnur, K. & Serap, K. (2016). Using of electrical conductivity on food control and

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.52547/fsct.17.105.151]

of Tekirdag Agricultural Faculty. 8 – 2.
[11] Figura, L.O., & Teixeira, A.A. (2007). Food Physics, Physical Properties - Measurement and Applications. Berlin-Heidelberg.
[12] Henningsson, M., Östergren, K., and Dejmek, P. (2005). The Electrical Conductivity of Milk-The Effect of Dilution and Temperature. International Journal of Food Properties. 8: 15– 22.
[13] Figura, L.O., & Teixeira, A.A. (2007).
Food Physics, Physical Properties - Measurement and Applications. BerlinHeidelberg.
[14] Opu, Md S. (2015). Effect of Operating Parameters on Performance of Alkaline Water Electrolysis. International Journal of Thermal & Environmental Engineering. 9: 53-60.
[15] Houston, g., (1961). Education Series Conductivity Guide. www.vl.pc.com. 800:522.7920.
[16] Rendevski, S., Sulaiman, A.,
Alkhanbouli, A. A., Al Shaabi, Kh., Ali Ahmed, S. A. (2017). Testing For Added Water in Milk with Handheld LCR Meter. Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology. 11: 23-30.

food process. International Journal of Agriculture and Environmental Research. 02: 2455-6939.
[6] Mabrook, M., & Petty, M. (2003). Effect of composition on the electrical conductivity of milk. Journal of Food Engineering, 69(3):321-325.
[7] Çetin, Ö., Kashikchi, G., Barış, E., Can, M.(2012). Relations between electrical conductivity, somatic cell count, California mastitis test and some quality parameters in the diagnosis of subclinical mastitis in dairy cows. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 36(1): 49-55.
[8] Lawton, B.A., & Pethig, R. (1993). Determining the fat content of milk and cream using AC conductivity measurements, Measurement Science and Technology. 4:38–41.
[9] Prentice, J.H. (1962). The conductivity of milk - the effect of the volume and degree of dispersion of the fat. Journal of Dairy Research. 29: 131–139.
[10] Kaptan, B., Kayışoğlu, S., Demirci, M.(2011). The Relationship Between Some Physico-Chemical, Microbiological Characteristics and Electrical Conductivity of Milk Stored at Different Temperature. Journal

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.52547/fsct.17.105.151]

Investigating the Possibility of Using Direct Electrical Current Polarization in Milk Quality Measurement

Frotan Bigbaghloo, R.[1], Sharifian, F. [2*], Hassanpour, A. [3]

1. PhD student, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University, Urmia, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University, Urmia, Iran.

(Received: 2019/07/29 Accepted: 2020/06/29)

Milk is considered to be a perfect food for humans, but combined cheating and lack of it's fast recognition by existing machines, causes the dairy industry has been challenged. In this regard, alternating current electrical conductivity is used to detect some of the properties of milk, but direct current is not permitted due to disadvantages such as electrode polarization and milk hydrolysis. In this research, a device have be made that work based on the electrical resistance of the milk. In this device, by passing a direct current through the milk, The suspended ionic material is absorbed at the electrode surface and causes the dilution of the milk. The value of the electrode current density at resistances of 1.48, 1.85, 2.5, 3.7 and 7.4 kΩ with two aluminum and steel electrodes at temperatures of 17.2, 20.7 and 23.7 degrees Celsius, at intervals The electrodes 1, 2 and 3 cm were measured in volumes of 15, 30 and 45 cc for two minutes, and the effective factors in designing the device to reduce the effects of double disadvantages were optimized geometrically. The results show that the device with the steel electrode and cell coefficient of 0.33 cm-1 can optimally measure the quality of 45 cc milk at 25 oc. the current density of the steel electrode is lower than that of the aluminum electrode and increases with decreasing circuit control resistance, and for reducing the polarization of the electrodes and the rate of hydrolysis, with a resistance of 3.2 kΩ, and a constant cell coefficient with a minimum oscillation, it's optimum value was obtained 1.5 mA And the temperature, volume of the milk and the distance of the electrodes did not affect it's value.

Key words: Geometrical method, Design parameters, Cell coefficient, Control resistance and Electrical current density.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.52547/fsct.17.105.151]

* Corresponding Author E-Mail Address: f.sharifian@urmia.ac.ir