

ارتباط بین هدایت الکتریکی با pH، اسیدیته و شمارش کلی میکروبها در

شیر خام

گیتی کریم^{۱*}، مهسا تبری^۲

۱- استاد گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران

۲- عضو هیات علمی تمام وقت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

چکیده

به رسانایی یک ماده خاص در برابر جریان الکتریکی، هدایت الکتریکی گفته می شود که با واحد میکرو زیمنس^۳ بر سانتیمتر بیان می گردد. هدایت الکتریکی یا رسانش شیر عمدتاً مربوط به املاح موجود در آن به ویژه یونهای سدیم، پتاسیم و کلر است. نظر به اینکه سنجش هدایت الکتریکی یک روش ساده و سریع می باشد، لذا در این پژوهش جهت تعیین کیفیت شیر از نظر تازگی و کهنگی، همبستگی این ویژگی با عواملی مانند pH، اسیدیته و شمارش کلی میکروبی مورد مطالعه قرار گرفت. ابتدا با تغییر دادن شاخص هائی نظیر pH، اسیدیته و شمارش کلی میکروبی در شیر خام بدون چربی میزان نوسانات هدایت الکتریکی در یک دمای ثابت (۲۵°C) محاسبه گردید. سپس ۲۰۰ نمونه شیر خام به روش تصادفی از محل دریافت شیر، دریکی از کارخانه های شیر پاستوریزه تهران، نمونه گیری و در شرایط دمای پایین (۳°C) به آزمایشگاه منتقل شد. در ۱۰۰ نمونه شیر کامل شاخص های مورد نظر در این مطالعه آزمایش و سپس هدایت الکتریکی بدون توجه به دما مورد سنجش قرار گرفت و در ۱۰۰ نمونه دیگر همین آزمایشها با ثابت نگه داشتن دمای شیر (۲۵°C) انجام شد. زمانی که هدایت الکتریکی شیر خام بدون چربی در دمای ثابت اندازه گیری شد، نتایج با ۱۰ تکرار، نشان داد که با افزایش pH و کاهش اسیدیته، هدایت الکتریکی بصورت خطی افزایش می یابد ($P < 0.01$). زمانی که pH کاهش و اسیدیته افزایش یافت رابطه خطی و معکوس با ضریب خطای بسیار کم مشاهده گردید ($P < 0.01$). ولی رابطه معناداری بین شمارش کلی میکروبی و هدایت الکتریکی مشاهده نشد ($P > 0.05$). در سایر آزمایشها، رابطه معناداری بین قابلیت هدایت الکتریکی، pH، اسیدیته و شمارش کلی میکروبی مشاهده نگردید ($P > 0.05$). لذا به نظر می رسد که عوامل زیادی در تغییرات هدایت الکتریکی شیر خام موثر می باشند و نمی توان تنها با سنجش هدایت الکتریکی کیفیت شیر خام را ارزیابی نمود.

کلید واژگان: شیر، pH، اسیدیته، شمارش کلی میکروبی، هدایت الکتریکی.

۱- مقدمه

هدایت الکتریکی میزان عبور جریان الکتریکی از یک ماده است که ویژگی موجود در تمام مواد بوده و واحد اندازه گیری آن میکرو زیمنس^۳ بر سانتی متر است (ms/cm). هدایت الکتریکی شیر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بین

*مسئول مکاتبات: gkarim@ut.ac.ir

۴-۵/۵ ms/cm می باشد. در شرایط آزمایشگاه ارتباط خطی بین دما و هدایت الکتریکی وجود دارد بطوریکه در دمای بین ۴۰-۱۵ درجه سانتی گراد به ازاء افزایش هر درجه دما میزان ۰/۱۱۳ ms/cm افزایش هدایت الکتریکی دیده می شود [۱]. در مایعاتی مانند شیر، هدایت الکتریکی را بر مبنای جابجائی یونها و حرکت الکترونها در مسیرهای خاص محاسبه می کنند، به این ترتیب که با فرو بردن دو الکترود در محلول و اعمال یک ولتاژ خاص، میزان مقاومت محلول اندازه گیری می گردد. به دلیل آنکه استفاده از جریان مستقیم ممکن است منجر به پلاریزاسیون الکترودها شود، معمولاً از یک ولتاژ متناوب استفاده می شود و در پالسی از زمان جریان عبورکننده به مدار صفر می رسد و در محدوده فرکانس اعمال شده میزان مقاومت محاسبه می گردد، در اینجا نمک موجود در یک محلول می تواند 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 [۲].

با استفاده از هدایت الکتریکی می توان اطلاعات ارزشمندی در مورد کیفیت مواد مختلف از جمله مواد غذایی بدست آورد و بوسیله این روش، به عنوان یک ابزار ساده و کاربردی، کیفیت بسیاری از مواد غذایی را کنترل نمود. یکی از مواد غذایی که سنجش هدایت الکتریکی می تواند مورد استفاده زیادی برای آن داشته باشد شیر است. در شیر هدایت الکتریکی عمدتاً مربوط به یونهای سدیم، پتاسیم و کلر است که تقریباً به صورت یونهای آزاد یافت می شوند [۱].

تازگی و کهنگی شیر در زمان دریافت آن در کارخانه های فرآوری شیر از آزمایشهای روزمره در صنایع شیر است. این کنترلها موجب جلوگیری از خسارات اقتصادی، ارتقاء کیفیت فرآورده نهائی و از همه مهم تر حفظ سلامت مصرف کننده می گردند [۳]. اصولاً، برخی از ویژگیهای فیزیکوشیمیائی و میکروبیولوژیکی شیر جهت تعیین تازگی یا کهنگی آن استفاده می شود که اندازه گیری pH، اسیدیته و شمارش کلی میکروبها از آن جمله اند. pH شیر گاو در دمای حدود ۲۵

درجه سانتی گراد در محدوده ۶/۵ تا ۶/۷ (میانگین ۶/۶) می باشد. اگر این شاخص در شیری که تازه دوشیده شده بالاتر باشد، نشان دهنده ورم پستان و پایین بودن آن (pH کمتر از ۶/۵) بیانگر تکثیر و افزایش میکروارگانیسمها و یا ورم پستان است که درمورد اول یا از عمر شیر زمانی گذشته یا در شرایط نامساعد (از نظر دما) نگهداری شده است [۴].

حتی در بهترین شرایط تولید، شیر حاوی تعدادی باکتری است که از محیط وارد می شوند. میزان و نوع آلودگی بستگی زیاد به نظافت، بهداشت محیط زیست دام و نحوه شیردوشی دارد، سرد کردن سریع شیر در دامداری تا کمتر از ۴ درجه سانتی گراد در کیفیت میکروبی شیر تأثیر بسیاری دارد [۲، ۵]. شمارش کلی میکروبهای هوازی یکی از آزمایشهای اولیه برای تعیین کیفیت بهداشتی شیر است که امروزه مبنای درجه بندی شیر خام دریافتی در کارخانه می باشد. از آنجائی که pH، اسیدیته و شمارش میکروبی عوامل تأثیر گذار بر هدایت الکتریکی شیر می باشند لذا ممکنست این روش را جایگزین شاخص های گفته شده در بالا نمود و با اندازه گیری هدایت الکتریکی در زمانی کوتاه و بدون نیاز به مواد و ابزار دیگر آزمایشگاهی کیفیت شیر را ارزیابی کرد [۹-۱، ۶].

از اندازه گیری هدایت الکتریکی در صنعت شیر استفاده زیاد شده است. از آن جمله می توان به تعیین میزان یونهای آزاد در شیر [۱]، تعیین میزان کازئین در فرآیند رسیدن پنیر [۱۰]، برآورد تولید روزانه شیر و میزان چربی آن [۱۲] و میزان پروتئین پودر آب پنیر [۱۳] اشاره نمود. همچنین از هدایت الکتریکی برای تعیین میزان اسیدی شدن در فرآیندهای تخمیری و عمل آغازگرها [۱۰]، تشخیص استرپتوکوکوس ترموفیلوس [۱۴]، تعیین مراحل رشد لاکتوباسیلوس پاراکازئی^۳ در یک نوع پنیر بلغاری [۱۵] و آلودگی آب به اشیریشیاکلی^۴ [۱۶] استفاده شده است.

1. Starters

2. Streptococcus thermophilus

3. Lactobacillus paracasei

4. Escherichia coli

بود. شیر به فلاسک حاوی یخ منتقل و به آزمایشگاه آورده شد. در روی هر نمونه آزمایشهای زیر انجام گرفت:

۲-۲-۲- روش انجام آزمایشها

الف - آزمایش تجربی اولیه

با توجه به اینکه عوامل متعددی می توانند بر هدایت الکتریکی شیر تأثیر بگذارند و نظر به اینکه هنوز تمام این عوامل شناخته نشده اند، لذا برای بررسی همبستگی pH، اسیدیته و شمارش کلی میکروبها با هدایت الکتریکی باید بعضی از عوامل را حذف می کردیم. به این منظور از شیر بدون چربی در این مرحله استفاده شد. نمونه ها از مخزن شیر بدون چربی در کارخانه و در شرایط سترونی برداشت و در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل گردید. ابتدا جهت شمارش کلی میکروبی نمونه (آزمونه) در شرایط سترونی برداشت و رقتهای 10^{-4} ، 10^{-5} ، 10^{-6} تهیه و در آگار مغذی کشت داده شد [۱۷]. سپس اسیدیته با روش تیتراسیون [۴]، pH توسط pH سنج و هدایت الکتریکی شیر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد طبق روش پیشنهادی کارخانه سازنده اندازه گیری گردید.

جهت ایجاد تغییر در شمارش کلی میکروبی مابقی شیر حاصل از آزمایش در گرمخانه ۳۷ درجه سانتی گراد قرار داده شد و در فواصل هر بیست دقیقه مقدار یک میلی لیتر از آن برداشت و بعد از تهیه رقتهای مورد نظر کشت و همزمان هدایت الکتریکی آن در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد اندازه گیری گردید.

برای ایجاد تغییر در pH و اسیدیته با توجه به ویژگی بافری شیر، نیاز به اسید و قلیا برای تغییر pH به سمت اسیدی و قلیائی بود. برای کاهش pH و افزایش اسیدیته از اسید لاکتیک استفاده شد که توسط میکروسمپلر در مقادیر ۰/۰۳، ۰/۰۶، ۰/۰۹ و ۰/۱۲ میلی لیتر به شیر اضافه گردید تا جاییکه شیر لخته شد. سپس pH و اسیدیته و همزمان هدایت الکتریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد محاسبه گردید. برای افزایش pH و کاهش اسیدیته از سود ۰/۵ نرمال استفاده شد، به این منظور از مقادیر ۰/۰۲، ۰/۰۴، ۰/۰۶، ...

همچنین از این روش بعنوان جایگزینی برای شمارش کلی میکروبی در شیر استفاده گردیده است [۱۷]. مابروک^۱ و همکار، در سال ۲۰۰۳ طی مطالعه ای نشان دادند که با افزایش میزان آب شیر، هدایت الکتریکی کاهش خطی و با کاهش چربی شیر، هدایت الکتریکی افزایش پیدا می کند [۱]. اهداف این مطالعه عبارتند از: تعیین ضریب همبستگی بین هدایت الکتریکی و pH، اسیدیته و تعداد کلی میکروارگانیسمها در شیر خام و به دست آوردن رابطه ای که به کمک آن بتوان pH، اسیدیته و تعداد کلی میکروارگانیسمها را در شیر خام تخمین زد.

۲- مواد و روش کار

۲-۱- مواد و دستگاهها

مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل: محیط کشت آگار مغذی، اسید لاکتیک (یک درصد شرکت مرک^۲)، سود ۰/۵ و ۰/۱ نرمال (شرکت مرک)، فنل فتالین (شرکت مرک) بودند. از دستگاههای pH سنج الکتریکی (مدل M_{۱۲} با الکترودهای از جنس پلاتین، ساخت کارخانه هاریبا^۳ ژاپن) و دستگاه سنجش هدایت الکتریکی (مدل Dc_۴ با الکترودهایی از جنس پلاتین، ساخت کارخانه هاریبا ژاپن) استفاده گردید.

۲-۲- روش کار

۲-۲-۱- نمونه گیری

ابتدا ظروف نمونه گیری بعد از شستن با مواد پاک کننده با آب گرم و سرد آبکشی و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد سترون شدند و سپس در محل دریافت شیر یکی از کارخانه های شیر تهران بعد از به هم زدن و یکنواخت کردن، شیرهای تحویلی در هر مخزن مقدار ۲۵۰ میلی لیتر نمونه برداشت شد. روش نمونه گیری به صورت تصادفی منظم^۴

1. Mabrook

2. Merck

3. Hariba

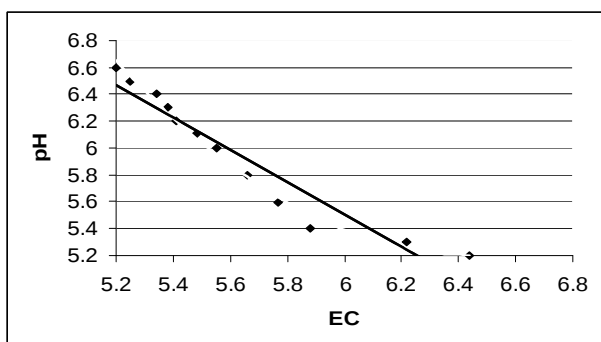
4. Systematic Random sampling

موثری در تغییر ایجاد شده نبود. داده‌ها دارای پراکندگی نرمال بودند. نمودار شماره ۱، رابطه رگرسیون خطی و معکوس بین pH و اسیدیته را با هدایت الکتریکی نشان می‌دهد ($p < 0.01$)، از این نمودارها همبستگی خطی مطابق رابطه زیر به دست آمد:

$$pH = 10.67 + 0.832EC$$

$$R^2 = 0.983$$

یعنی به ازای افزایش هریک ms/cm هدایت الکتریکی معادل ۰/۸۳۲ واحد pH کاهش می‌یابد.



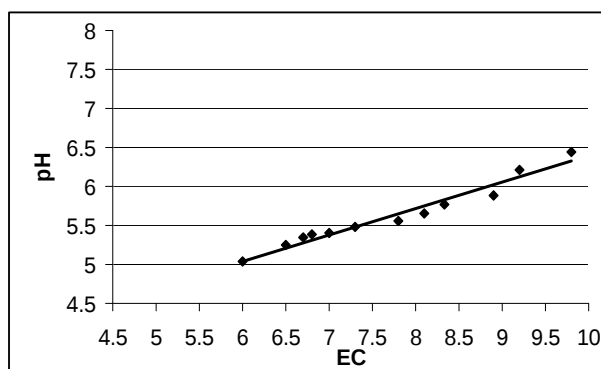
نمودار ۱ رابطه بین pH و هدایت الکتریکی (EC) در جهت کاهش pH در آزمایش تجربی اولیه (شیر بدون چربی در دمای ثابت)

زمانی که pH با افزودن سود به طرف قلیائی متمایل گردید، با توجه به نمودار شماره ۲ که رابطه رگرسیون خطی و مستقیم بین pH و هدایت الکتریکی را نشان می‌دهد، رابطه زیر به دست آمد

$$pH = 3.87 + 0.202 EC$$

$$R^2 = 0.964$$

یعنی به ازای افزایش هر یک ms/cm هدایت الکتریکی معادل ۰/۲۰۲ واحد pH افزایش می‌یابد.



نمودار ۲ رابطه بین pH و هدایت الکتریکی (EC) در جهت افزایش pH در آزمایش تجربی اولیه (شیر بدون چربی در دمای ثابت)

سود تا جائیکه حالت دو فازی در شیر دیده شد، استفاده گردید. سپس pH و اسیدیته و هدایت الکتریکی در ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. آزمایشها ۱۰ بار تکرار شدند. لازم به ذکر است نوع اسید یا باز اضافه شده می‌تواند عامل موثری بر هدایت الکتریکی باشد. بدین منظور در این آزمایش اسید اضافه شده اسید لاکتیک و باز مورد استفاده، سود انتخاب شد، که هر دو دارای خلوص ۹۹/۹۹٪ بودند.

ب- آزمون تعیین شاخص های مورد نظر بدون توجه به دمای شیر خام

کلیه آزمایشها در این مرحله بدون توجه به دمای شیر در هنگام اندازه‌گیری هدایت الکتریکی مطابق روشهای گفته شده در فوق انجام گردید. تعداد نمونه‌ها ۲۰۰ نمونه بود.

ج - آزمون تعیین شاخص های مورد نظر با ثابت نگهداشتن دمای شیر

کلیه آزمایشها در این مرحله، با ثابت نگه داشتن دمای شیر (۲۵°C) در هنگام تعیین هدایت الکتریکی انجام گردید. تعداد نمونه‌ها ۱۰۰ نمونه بود.

۲-۳- روش آماری

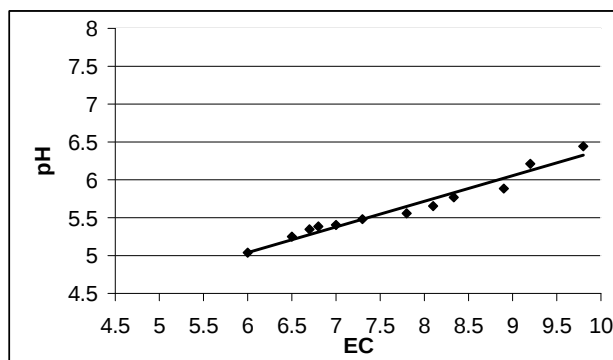
نتایج آزمایشها با کمک نرم افزار SPSS و آزمون آنالیز واریانس بررسی و ارزیابی شدند.

۳- نتایج و بحث

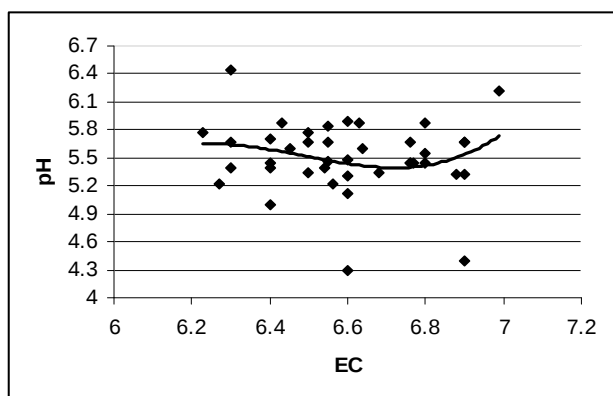
۳-۱- نتایج و بحث حاصل از بررسی ارتباط pH و اسیدیته با هدایت الکتریکی، در نمونه‌های شیر مورد آزمایش:

در آزمون تجربی اولیه، با افزودن اسید لاکتیک به شیر و تغییر pH و اسیدیته میزان هدایت الکتریکی شیر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. برای حصول اطمینان یک تکرار بعد از ۱۵ دقیقه (بعد از افزودن اسید لاکتیک) صورت گرفت. داده‌ها بسیار نزدیک به هم و گذشت زمان عامل

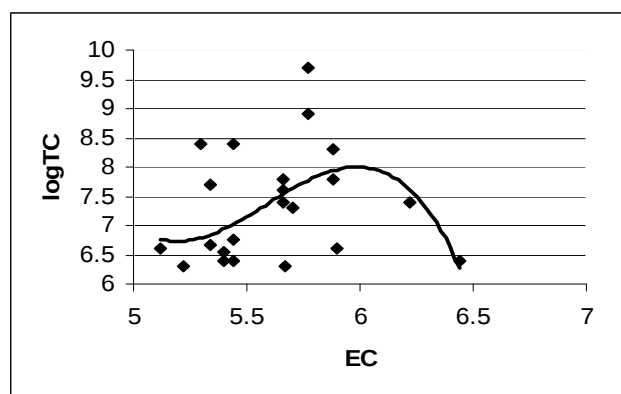
متغییر ($P=0/234$) استفاده شده بود نیز مشاهده گردید (نمودارهای شماره ۶ و ۷).



نمودار ۳ ارتباط معنادار بین pH و اسیدیته را با هدایت الکتریکی در دماهای متغیر در شیر کامل



نمودار ۴ ارتباط بین pH اسیدیته با هدایت الکتریکی در شیر کامل و خام در دمای ثابت (۲۵ درجه سانتیگراد)



نمودار ۵ رابطه بین شمارش کلی میکروبی (TC) و هدایت الکتریکی (EC) در آزمایش تجربی اولیه (شیر بدون چربی در دمای ثابت)

با توجه به اینکه عواملی مثل دما و چربی شیر در این مرحله آزمایش ثابت نگه داشته شد، لذا تصور می رود که تاثیر این عوامل در ایجاد ارتباط بین pH و اسیدیته با هدایت الکتریکی بسیار زیاد است. درحالی که در آزمایشهای بعدی که از شیر خام و کامل استفاده گردید در هیچ موردی ارتباط معنادار بین pH و اسیدیته با هدایت الکتریکی مشاهده نشد. به نظر می رسد که pH و اسیدیته تنها عوامل تاثیرگذار بر هدایت الکتریکی شیر نیستند و ممکنست کمیت‌های دیگری نیز در این امر تاثیر گذار باشند. این نتیجه گیری با تحقیقات سکیاری و همکاران در سال ۲۰۰۱ مطابقت دارد. آنها در مطالعه خود نتیجه گرفتند که نمی توان از هدایت الکتریکی به عنوان تنها معیار برای بررسی کمیت‌های شیر استفاده کرد [۱۹].

گلپز و همکار در سال ۱۹۹۵ به ارتباط بین pH و هدایت الکتریکی پی بردند و توانستند با تعیین pH شیر حدودا هدایت الکتریکی را تخمین بزنند [۲۵]. هماهنگی بین کار ما و این تحقیق استفاده از شیر بدون چربی به عنوان نمونه شیر مورد مطالعه است و نشان می دهد که چربی می تواند عامل تاثیرگذار بر تعیین هدایت الکتریکی در شیر باشد. این نتیجه هم در زمانی که در اندازه گیری هدایت الکتریکی، دمای شیر ثابت نگه داشته شد و هم زمانی که شیر در دمای متغیر، مورد آزمایش قرار گرفت، حاصل گردید. نمودار شماره ۳ عدم ارتباط معنادار بین pH و اسیدیته را با هدایت الکتریکی در دماهای متغیر در شیر کامل نشان می دهد ($P>0/05$). در نمودار شماره ۴ عدم ارتباط بین pH اسیدیته با هدایت الکتریکی در شیر کامل و خام در دمای ثابت (۲۵ درجه سانتیگراد) مشاهده می گردد ($P=0/000$)

۲-۳ نتایج و بحث حاصل از بررسی ارتباط بین شمارش کلی میکروبی با هدایت الکتریکی در نمونه های شیر مورد آزمایش

طبق نمودار ۵، در آزمایش تجربی اولیه ارتباطی بین شمارش کلی میکروبی با هدایت الکتریکی شیر به دست نیامد ($P>0/05$)، چنین نتیجه ای در آزمایشهای بعدی که از شیر خام و کامل در دمای ثابت ($P=0/919$) و دماهای

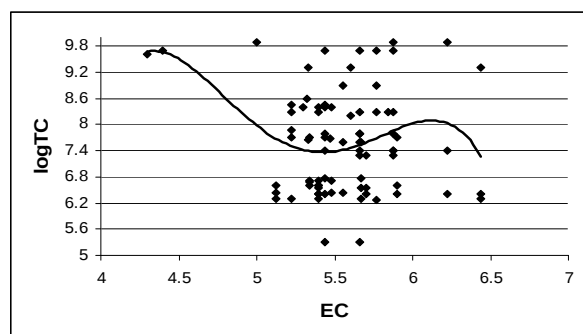
کارایی اندازه‌گیری هدایت الکتریکی برای شمارش کلی میکروبها باشد (کارمیناتی^۴ و همکار ۱۹۹۱) [۱۴].

۵- سپاسگزاری

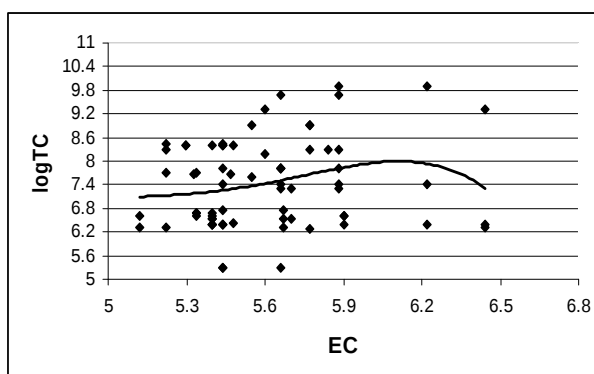
از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران و دانشکده دامپزشکی به خاطر تامین بودجه انجام این طرح سپاسگزاری می‌شود. همچنین از کارخانه شیر پاستوریزه پاک جهت همکاری در تهیه نمونه‌ها تشکر می‌گردد.

۶- منابع

- [1] Mabrook, M., Petty, M. (2003). Effect of composition on the electrical conductivity of milk. *Journal of Food Engineering*, 69(3): 321-325.
- [2] Lampert, I. M. (1978). *Modern Dairy Products*. Third edition, CRC.USA pp, 92-132, 157-177.
- [3] Shweizer, P. M., Vaihinger, S. and Gupel, W. (1994). Characterization of food freshness with Sensor Arrays. *Sensors Actuators B* 7-90.
- [۴] فرخنده، ع. (۱۳۷۳). روشهای آزمایش شیر و فرآورده‌های آن. انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۱۶۸-۱۶۵
- [5] Jay, J. M. (1992). *Modern Food Microbiology*. Fourth edition, Van Nostrand Reinold. New York, pp 122-142, 237-274.
- [6] Mabrook, M., Petty, M. (2003). A novel technique for the detection of added water to full fat milk using single frequency admittance measurement. *Journal of Food Engineering*, 69(4): 415-418.
- [7] Park, Y.W., Humphrey, R.D. (1986). Bacterial cell count in goat milk and their correlations with somatic cell count, percent of fat and protein, *Journal of Dairy Science*. (64) 32-37.
- [8] Park, Y.W. (1991). Intercorrelations between somatic cell counts, electrical conductivity, bacterial count, percent of fat



نمودار ۶ رابطه بین شمارش کلی میکروبی (TC) و هدایت الکتریکی (EC) بدون در نظر گرفتن دمای شیر کامل در نمونه‌های مورد آزمایش



نمودار ۷ رابطه بین شمارش کلی میکروبی (TC) و هدایت الکتریکی (EC) در شیر کامل و دمای ثابت ۲۵ درجه سانتیگراد

به نظرمی رسد که هدایت الکتریکی کارایی زیادی در مورد شیر خام مخلوط^۱ ندارد. این امر با تحقیقات تردتایی^۲ در سال ۲۰۰۲ مطابقت دارد زیرا در تحقیق حاضر نیز، در تمام موارد از شیر خام مخلوط استفاده شده است [۲۳]. در بسیاری از منابع، پیشنهاد گردیده که اندازه‌گیری هدایت الکتریکی می‌تواند جایگزین شمارش و تشخیص باکتریها باشد به عنوان نمونه می‌توان به تحقیق اوئنز^۳ و همکاران در سال ۱۹۸۹ اشاره نمود [۲۶]، ولی نظریه اینکه مطالعات انجام شده اکثراً بر روی یک میکروارگانیسم خاص صورت گرفته است و شیر دارای میکروفلور بسیار متنوعی هست که دارای مراحل رشد متفاوت و متابولیتهای مختلف می‌باشند، لذا این تنوع در نوع و تعداد میکروارگانیسمها می‌تواند دلیلی بر عدم

1. Bulk raw milk
2. Therdthai
3. Owens

4. Carminati

- [18] Gnan, S., Luedecke, L. O. (1982). Impedance measurements in raw milk as an alternative to the standard plate count. *Journal.Food Protection*: 45(1)47-49.
- [19] Secchiari, P. Serra, A., Paoletti, F. (2001). Application of tracking signal method to monitoring of udder health and oestrus in dairy cows. *livestock Production Science*: 72 (3-4)279-284.
- [20] Winkist, F. (1998). Monitoring of freshness of milk by an electronic tongue on the basis of voltametry. *Measurer Science Technology*, 919: 37-194.
- [21] Imamura, T., Toko, k. (1996). Monitoring of fermentation process of soybean paste using multi channel. *Sensors Actuators B* 371: 79-85.
- [22] Medsker, L., Liebowitz, J. (1994). Design and development of expert systems and neural networks. *McMillan College Publishing Company, Inc. USA* 273.
- [23] Therdthai, N., Zhou, W. (2001). Artificial neural network, modeling of the electrical conductivity property of recombined milk. *Journal of Food Engineering*: 50(20)107-111.
- [24] Therdthai, N., Zhou, W. (2002). Hybrid neural modeling of the electrical conductivity property of recombined milk. *International Journal of Food Properties*: 5(1) 496-490.
- [25] Gelains, D., Champagne, C.P. (1995). The use of electrical conductivity to follow acidification of dairy blends. *International Dairy Journal*, 5(5) 427-438.
- [26] Owens, J. D., Thomas, D. S., Thompson, P. S., Timmerman, J. (1989). Indirect conductivity: a novel approach to the conductimetric enumeration of microbial population. *Lett. Appl. Microbiol.*, (9) 245-246.
- and protein in goat milk. *Small Rumin. Res.* (5) 367-375.
- [9] Van Spreken, K. j. A., Stekelenburg, F.K. (1986). Rapid estimation of the bacteriological quality of fresh fish by impedance measurement. *Appl. Microbial Biotechnology*, 24: 95-96.
- [10] Paqurt, Y. (2000). Electrical conductivity as a tool for analyzing fermentation
- [10] Paqurt, Y. (2000). Electrical conductivity as a tool for analyzing fermentation processes for production of cheese starters. *International Dairy Journal*, 10: 391-399.
- [11] Nielen, M. (1993). Milking interval and fat content, with milk conductivity. *Dairy Science Abstracts*, 65: 670.
- [12] 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.
- [13] Zhung, W., Zhou, W. (1997). Determination of protein content of whey powder using electrical conductivity measurement. *International Dairy Journal*: 7(10)647-653.
- [14] Carminati, C., Neviani, E., (1991). Application of the conductance measurement technique for detection of *Streptococcus salivarius* spp. *thermophilus*. *Journal of Dairy Science*: 74, 1472-1476.
- [15] Curda, I., Plckova, M. (1995). Impedance measurement of growth of lactic acid bacteria in dairy cultures with Honey Addition. *International Dairy Journal*: 5,727-733.
- [16] Colquhoun, K.O., Fricher, C.R. (1995). Detection of *Echerichia coli* in potable water using direct impedance technology. *Journal. Appl. Bacteriol*: 79,635-639.
- [۱۷] موسسه استانداردها و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۴۶). روش شمارش کلی میکروبها در شیر استاندارد شماره ۳۵۶

The Relationship of Electrical Conductivity with pH, Acidity and Total Microbial Count in Raw Milk

Karim, G.^{1*}, Tabari, M.²

1- Professor, Dept. Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Tehran University.

2- Academic member of Food Science & Technology, Azad University of Lahijan

Electrical conductivity (EC) is the ability to conduct electricity which is expressed as micro Siemens per centimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$). The conductance of the milk is attributed mainly to its salts content especially Na, K and Cl ions. Since measuring the milk's EC is a rapid and inexpensive method for determining of the milk quality, therefore correlation between EC with pH, acidity, and total microbial count (TC) in raw milk was studied in order to assess the freshness of milk in this research. In a pilot study, using skim milk, pH, acidity, and TC were changed and EC measured at 25°C. Then a total of 200 samples of whole milk were obtained from the receiving platform of a dairy plant in Tehran. In one trial 100 samples of whole milk were examined for pH, acidity and TC. Also EC was measured in different temperatures of milk samples at the time of the analysis. In the second 100 samples of whole milk, pH, acidity and TC determined and EC measured at 25°C. According to the results obtained from the pilot study (with 10 repetition), increasing the pH caused a decrease in EC and vice versa ($P < 0.01$). There was no significant correlation between EC and TC ($P > 0.05$). No significant correlation was found between EC with pH, acidity and TC in other trials ($P > 0.05$). It seems many factors may affect the EC in raw whole milk. Therefore measuring EC solely can not determine the milk quality.

Key words: Milk, pH, Acidity, Total microbial count, Electrical conductivity.

* Corresponding author E-mail address: gkarim @ ut.ac.ir