Archive of SID

نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۴ شماره ۴/ سال ۱۳۹۳

پاستوریزاسیون شیر به روش القایی و تاثیر آن بر کیفیت میکروبیولوژیکی شیر

سیمین حق نظری[۱*]، محمد رضا عظیمی[۲] و جواد درگاهی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/٦/۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۲۸

[۱] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان
[۲] استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان
[۳] مسئول آزمایشگاه فرآوری علوم دامی دانشگاه زنجان
[*]مسئول مکاتبه: E mail: haghnazari@znu.ac.ir

چکیده

افزایش درجه حرارت فرآیند در روش معمول پاستوریزاسیونِ شیرجهت تکمیل و کفایت عمل در شیرهای آلوده، موجب سوختگی لایه‌های شیر در سطح جداره پاستوریزاتور و ایجاد لایه ضخیم سنگ شیر می‌نماید که این اتفاق علاوه بر ممانعت از انتقال حرارت کافی، با تولید ترکیبات سرطانزا، تغییر رنگ در شیر و بار میکروبی باقیماندهٔ بالا، سلامت محصول را تهدید می‌کند. در روش حرارتی مورد استفاده در این تحقیق (روش القایی)، جریان الکترومغناطیسی به داخل شیر القاء شده و موجب داغ کردن سریع آن می‌شود. در این پژوهش، با استفاده از دستگاه مولد جریان القائی، شیر در ۲٤۳ شرایط مختلف پاستوریزه شده و روش بهینه جهت فرآیند مکفی با به کارگیری طرح آزمایشی فاکتوریل انتخاب گردید. در این آزمایش اثر ٤ عامل مختلف شامل سه شدت انتقال الکتریسیته (۳۵۰، ۱۰۰۰ و ۱٦۰۰ وات)، سه سطح اتکای ظروف آزمایش (۱۲، ۱۷ و۲۳ سانتیمتر)، سه درجه حرارت (۷۲، ۷۵ و $۸٤^{\circ}C$) و سه زمان پاستوریزاسیون (۱۵، ۲۰ و ۳۰ ثانیه) با سه تکرار استفاده شد. انتخاب روش بهینه در سه مرحله به ترتیب بر اساس ۱) کمترین درصد بار میکروبی باقیمانده، ۲) کمترین زمان سپری شده برای پاستوریزاسیون و ۳) کمترین انرژی مصرفی برای فرآیند برگزیده شدند. نتیجه مقایسه، ۹۹/۵٪ انهدام کل میکروبی در نمونه منتخب روش القایی و ۹۸/۲۳٪ در نمونه معمولی را نشان داد. ضمناً شمارش کلی فرم و اشرشیای باقیمانده در روش القایی یک دهم روش معمول بوده است و در روش القایی به دلیل سرعت رسیدن به درجه پاستوریزاسیون، سنگ شیر هم ایجاد نشد.

واژگان کلیدی: پاستوریزاسیون، سلامت شیر، حرارت القایی، میکروبیولوژی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

درصنعت فرآوری شیر و تولید انواع محصولات لبنی، بخش آماده سازی و فرآوری شیر خام بخش‌های مهم و کلیدی واحد به شمار می‌آیند چرا که این بخش‌ها علاوه بر اثر مستقیم بر کیفیت محصولات نهایی، تاثیرگذاری قابل توجهی در تعیین قیمت تمام شده انواع محصولات تولیدی و همچنین تعیین هزینه‌های سربار از جمله انرژی را با خود به همراه دارند (فرهنگی، ۱۳۸۳).از طرفی شیر، محیط بسیار مناسبی جهت رشد و تکثیر میکروبهاست، به طوری که فلور میکروبی شیر خام شامل باکتری‌های لاکتیک، استرپتوکوک ها، استرپتوکوکوس لاکتیس، استرپتوکوکوس کرموریس، لوکونوستک، لاکتوباسیل ها، پدیوکوکوکوس، میکروکوک ها- استافیلوکوک ها، باسیلوس های اسپورزا، باسیلوس های غیر اسپورزا، باسیل‌های اسید فست و بروسلاها، قارچ ها، مخمرها، باکتریوفاژها می باشد که در پستان و پوست گاو وجود دارند (فرانک. ۱۹۹۷، بی نام. ۱۹۸۰). لذا مهمترین مساله-ای که در فرآیند تولید شیر وجود دارد، سالم سازی آن (یونیدو. ۱۹۹۵) و افزایش عمر نگهداری شیر از ساعتها به ماهها‌ست (سوکومار. ۱۹۹۱). بنابراین، شمارش کل باکتری‌های زنده[1] یا شمارش کل میکروبی در تعیین شرایط ماده خام، موثر بودن مراحل عمل آوری، پاکیزگی وسایل و ظروف و کنترل زمان و درجه حرارت فرآیند و در نهایت در نگهداری و توزیع شیر مفید می-باشد (رابینسون. ۱۹۹۰). در بررسی های انجام یافته چای و همکاران میانگین بار کلی میکروبی شیر خام را $۱۲\times۱۰^{۶} cfu/ml$ (۲۰۰۳)، بروک حداکثر میزان بار کلی میکروبی در شیر خام ممتاز را (با توجه به استاندارد موجود در ایالات متحده آمریکا cfu/ml (۱×۱۰^{۴})، $۱\times۱۰^{۵} cfu/ml$(بروک و همکاران. ۲۰۰۷)، گزارش کردند.

از طرف دیگر جستجو و شمارش باکتری‌های کلیفرم ، میزان آلودگی ثانویه شیر پاستوریزه و کیفیت بهداشتی محصول را بخوبی نشان می‌دهد (فرخنده. ۱۳۵۱.). چای و همکاران (۲۰۰٤) میانگین کلیفرم را در شیر $۹/۱\times۱۰^{۳} cfu\ ml$ گزارش کردند. دریک و همکاران در تحقیقی (۲۰۰۳) اعلام کردند، ۹۹/۲ درصد کلیفرم ها در دمای $۶۳^{\circ}C$ به مدت ۳۰ دقیقه و ۱۰۰ درصد کلیفرم‌ها در دمای $۶۷^{\circ}C$ در مدت ۳۰ دقیقه از بین می روند.

کنترل آلودگی شیر و لبنیات از نظر اشرشیا کلی، نشان دهنده خطر وجود باکتری بیماری زای انتریک در آن است (*Robinson.* رابینسون ۱۹۹۰). رید و همکاران (۱۹۵۷) از قول هوولند و دالبرگ نقل کردند که D_{value} اشریشیا کلی شیر خام ($D_{140^{F}_{=۰/۸\ دقیقه}}$، $D_{160^{F}_{=۰/۰۰۸\ دقیقه}}$) و ($D_{170^{F}_{=۰/۰۰۰۸\ دقیقه}}$) می‌باشد.

اهمیت مخمرها در واحدهای تولید لبنیات بخاطر تخمیر قند شیر و تبدیل آن به الکل و دی اکسید کربن است (حکمتی. ۱۳۷۰). روستیتا و فلیر(۱۹۹۵)، حداکثر جمعیت کپک ومخمر را $۱۰^{۷}$ تا $۱۰^{۸} cfu/ml$ و چای و همکاران(۲۰۰٤) میانگین کپک و مخمر را $۱۰^{٤}$ تا $۱۰^{۳}$ $cfu\ ml^{-}$ در شیر خام اعلام کردند.

فرآیندهای حرارتی پاستوریزاسیون

هدف اصلی فرآیندهای مختلف پاستوریزاسیون حذف میکروارگانیزم های بیماری زا یا کاهش سطح آنها جهت حفظ امنیت غذایی و سلامتی انسان و افزایش عمر نگهداری بدون تاثیر بر ارزش غذایی شیر می باشد (گود. ۱۹۹۵، دیلونگ. ۱۹۰٦). آخرین روش حرارتی معمول پاستوریزاسیون شیر در حال حاضر روش دمای بالا و زمان کوتاه۲ می‌باشد که در این روش، گرمای مورد نیاز بوسیله ی آب گرم تامین شده و شیر بین دو جداره نازک صفحاتی از استیل جریان می‌یابد. حداکثر کارآیی این روش پاستوریزاسیون برای انهدام باکتری‌ها، حدود ۹۹ درصد است (ورکمن. ۱۹٤۱). رنیر و بور (۲۰۰۹)،

[1]Total Bacterial Count

۲-HTST

www.SID.ir

Archive of SID

میـــزان کـــاهش بـــار میکروبـــی را در اثـــر فرآینـــد پاستوریزاسیون *HTST* تا ۹۲٪ گزارش کردند. این روش نسبت به روش القائی دارای معایبی می‌باشد کـه عبارتنـد از: درصد کاهش کمتر بـار کلـی میکروبـی، تولیـد سـنگ شیر، ایجاد طعم پختگی و مصرف انرژی بیشتر.

تولید حرارت به روش القایی

اساس کار دستگاه ایجاد کنندهٔ حرارت القائی، مبتنـی بـر کشف آمپر بوده است. آمپر در سال ۱۸۲۱ نشان داد کـه یک سیم لولهٔ حامل جریان الکتریکی، مانند یـک آهنربـای میله ای عمـل مـی کنـد. او نتیجـه گرفـت کـه کلیـهٔ اثـرات مغناطیسـی بـه علـت جریانهـای الکتریکـی القـائی اسـت (مورتـون، ۲۰۰۳). در روش القـایی یعنـی روش حرارتـی مورد استفاده در این تحقیق، کویل هـای الکتریکـی بـدون تمـــاس بـــا مـــاده ی غـــذایی مـــایع (شـــیر)، جریـــان الکترومغناطیسی ایجاد می کنند که این جریـان بـه داخـل شیر القاء شده و موجب گرم کردن آن می شود. یعنی در واقع محیط شیر به عنوان کویل دومِ این جریان الکتریکی (ترانسفورمر) عمل کرده و جریـان عبـور الکتریسـیته را ممکن می سازد. در این روش، حرارت‌دهی سریع بوده و اتلاف انرژی کم می باشد (یوشیجیما و فوجیتا. ۲۰۰۰).

هـدف ازایـن پـژوهش، بهینـه سـازی روش معمـولی یـا کلاسیک فرآیند پاستوریزاسـیون *HTST* بـا کمـک روش جدید حرارت القایی است تا شیر فرآیند شـدهٔ سـالمتر بـا بار میکروبی کمتر، بدون ایجاد طعم پختگی و عـدم تولیـد سنگ شیر در لوله‌های پاستوریزاتور و با مصرف انرژی کمتر نسبت به روش معمول حاصل شود.

مواد و روش‌ها

از شیر خام ورودی کارخانه پگاه بـه عنـوان مـاده اولیـه آزمایش استفاده شـد. سـایر مـواد آزمایشـگاهی شـامل محیطهای کشت پلیت کانت آگار، وای جی سی، بریلیانـت گرین بایل براث و آگار جهت جامـد کـردن محـیط کشـت بـرای آزمونهـای میکروبـی و از قـرص هـای آزمـون فسفاتاز قلیایی جهت آزمون کفایت پاستوریزاسیون شیر استفاده گردید.

پاستوریزاسیون شیر خام کارخانـه پگـاه زنجـان بـه دو روش کلاسیک (در پاستوریزاتور شرکت پگاه زنجـان) و روش القـائی (در دسـتگاه حرارتـی القـایی مـدل *TPI-B*ساخت شرکت هیتـاچی) در ۲۴۳ وضـعیت مختلـف کـه بصـورت آزمـایش فاکتوریـل ۳×۳×۳×۳ (۸۱ تیمـار) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی، با ۳ تکـرار در آزمایشـگاه میکروبیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام گرفت. در این آزمایش اثـر ٤ عامـل مختلـف شـامل سـه سطح اتکای ظروف آزمایش (۱۲، ۱۷ و۲۳ سانتیمتر)، سه شدت انتقال الکتریسـیته (۳۵۰، ۱۰۰۰ و ۱۶۰۰ وات)، سـه درجـــه حـــرارت ($72^{\circ}C$، $75^{\circ}C$ و $84^{\circ}C$) و ســـه زمـــان پاستوریزاسـیون (۱۵، ۲۰ و ۳۰ ثانیـه) بـا سـه تکـرار استفاده شـد. سـپس کشـت میکروبـی شـیر خـام وشـیر پاسـتوریزه شـده بـا دو روش کلاسـیک و القـائی جهـت شمارش کل میکروبـی، کلیفـرم، اشرشـیا کلـی و کپـک و مخمر(رفرنس) همراه بـا آزمـون فسـفاتاز قلیـایی انجـام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج شمارش میکروبی شیر پاستوریزه شده به روش القایی

نتایج تجزیه واریانس و اثـر عوامـل مختلـف شـامل سـه سطح اتکای ظروف آزمایش (۱۲، ۱۷ و۲۳ سانتیمتر)، سه شدت انتقال الکتریسـیته (۳۵۰، ۱۰۰۰ و ۱۶۰۰ وات)، سـه درجـــه حـــرارت (۷۲، ۷۵ و $84^{\circ}C$) و ســـه زمـــان پاستوریزاسیون (۱۵، ۲۰ و ۳۰ ثانیـه) بـا سـه تکـرار بـر صفات اندازه گیری شده شامل بار کل میکروبی، کلیفرم-ها، اشرشیا کلی، کپـک و مخمـر در جـدول ۱ ارائـه شـده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ - تجزیه واریانس کمیتهای اندازه گیری شده در پاستوریزاسیون القایی شیر

Treatment.	df	٪ باقیمانده بار کلی میکروبی	٪ باقیمانده کلیفرم	٪ باقیمانده اشریشیا کلی	٪ باقیمانده کپک و مخمر
$(cm)\ \alpha_i$		*	**	**	*
$(cm)\alpha_1$	۲	۰/۵٤۷٤±۰/٦۱۳۰^{c}	۰/۰۰۰٦±۰/۰۰۰۱^{c}	۰^{b}	۰^{c}
$(cm)\alpha_2$		۰/۹۰۸۳±۰/۲۱۸۱^{b}	۰/۰۰۰۹±۰/۰۰۰۲^{b}	۰^{b}	۰/۰۳٤٦±۰/۰۱۳۷^{b}
$(cm)\alpha_3$		۱/۸۳۳۳±۰/٤۰۱٤^{a}	۰/۰۰۱٤±۰/۰۰۰۳^{a}	۰/۰۰۰٤±۰/۰۰۰۱^{a}	۰/۰۸۹۵±۰/۰۳۲۰^{a}
$(W)\beta_j$		*	*	**	**
$(W)\beta_1$	۲	۱/۷٤۷۰±۰/۳۸۲۹^{a}	۰/۰۰۱٦±۰/۰۰۰۳^{a}	۰/۰۰۰۳±۰/۰۰۰۱^{a}	۰/۰۹۵۲±۰/۰۲۸۳^{a}
$(W)\beta_2$		۱/۰٤٦۱±۰/۲۵۹٤^{b}	۰/۰۰۱۱±۰/۰۰۰۲^{b}	۰^{b}	۰^{b}
$(W)\beta_3$		۰/٤۹۵۹±۰/۱۲٤۳^{c}	۰/۰۰۰۲±۰/۰۰۰۲^{c}	۰^{b}	۰^{b}
$(^{C})\pounds_k$		*	*	**	**
$(^{C})\ \pounds_1$	۲	۲/۰۷٦۲±۰/۳۷۰۳^{a}	۰/۰۰۲۱±۰/۰۰۰۳^{a}	۰/۰۰۰٤±۰/۰۰۰۱^{a}	۰/۱۱۷۳±۰/۰۳۱۱^{a}
$(^{C})\ \pounds_2$		۰/۹۷۸۰±۰/۲۲۵۱^{b}	۰/۰۰۰۷±۰/۰۰۰۲^{b}	۰^{b}	۰/۰۲۹۲±۰/۰۱۵۲^{b}
$(^{C})\ \pounds_3$		۰/۲۳٤۹±۰/۰۷٦۱^{c}	۰^{c}	۰^{b}	۰^{b}
$(Sec)_{,,l}$		*	**	**	*
$(Sec)\ _{,,1}$	۲	۱/۹٦۲۲±۰/۳۷۹٦^{a}	۰/۰۰۱٦±۰/۰۰۰۳^{b}	۰/۰۰۰٤±۰/۰۰۰۱^{a}	۰/۱۱۲۵±۰/۰۳۱۰^{a}
$(Sec)\ _{,,2}$		۰/۹۵۷۵±۰/۲۳۳۱^{b}	۰/۰۰۰۸±۰/۰۰۰۲^{b}	۰^{b}	۰/۰۳۸۱±۰/۰۱٦٦^{b}
$(Sec)\ _{,,3}$		۰/۳٦۹٤±۰/۱۰٦۳^{c}	۰/۰۰۰٤±۰/۰۰۰۲^{b}	۰^{b}	۰^{c}
$_{ij}\beta a$	٤	NS	NS	NS	NS
$a\pounds_{i\,k}$	٤	*	NS	NS	NS
$a_{,,i\,l}$	٤	*	*	**	NS
$\pounds_{jk}\beta$	٤	*	NS	NS	NS
$_{,,jl}\beta$	٤	*	*	NS	NS
$\pounds_{,,kl}$	٤	*	*	NS	**
$\pounds_{i\,jk}\beta a$	۸	NS	NS	NS	NS
$_{,,ijl}\beta a$	۸	NS	NS	NS	NS
$a\pounds_{,,ikl}$	۸	NS	NS	NS	NS
$\pounds_{,,jkl}\beta$	۸	NS	NS	NS	NS
$\pounds_{,,ijkl}\beta a$	۱٦	NS	NS	NS	NS
R-square		۰/۸	۰/٤	۰/٦	۰/٤
CV		۸/٤	۷/۱	٤/٦	٦/٦

α_i= سطح اتکا، i = (۱۲=α_1، ۱۷=α_2و ۲۳=α_3سانتیمتر)، βj = الکترومغناطیس، j = (۳۵۰=$\beta 1$ ، ۱۰۰۰=$\beta 2$ و ۱٦۰۰=$\beta 3$ وات)، $\pounds k$= دما، k= (۷۲= ۱£ ، ۷۵= ۲£ و ۸٤= ۳£ سانتیگراد)، γl= زمان، l = (۱۵= ۱٪، ۲۰= ۲٪و ۳۰= ۳٪ثانیه)، *- در سطح ۱٪ معنی دار، **- در سطح ۵٪ معنی دار، NS- غیر معنی دار

مقایسه میانگین درصد بار کلی میکروبی باقیمانده پس از فرآیند پاستوریزاسیون القائی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام و نتایج در جدول ۲ ارائه گردید.

نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که سطوح تمامی فاکتور ها تفاوت معنی داری را در سطح ۵ و ۱ درصد از نظر صفات اندازه گیری شده نشان دادند.

اثر عوامل سطح اتکا، الکترومغناطیس، دما و زمان بر درصد کاهش و باقیمانده میکروبهای شیر پاستوریزه به روش القایی

اثر سطح اتکا، الکترومغناطیس، دما و زمان در مورد باقیمانده درصد بار کلی میکروبی، کلیفرم، اشرشیا و کپک و مخمر تیمارها معنی دار بودند ($P\leq$۰/۰۱).

رابطهٔ مستقیم بین سطح اتکای ظرف آزمایش و بار میکروبی نابود شدهٔ شیر وجود دارد. یعنی با افزایش سطح تماس ظرف شیر با سیم پیچ دستگاه القایی، حرارت بیشتری به شیر وارد می شود.

رابطهٔ غیر مستقیم بین شدت جریان الکترومغناطیس و درصد بار میکروبی باقیمانده شیر موجود است و با افزایش شدت جریان القایی، میکروب بیشتری در شیر نابود می شوند.

رابطهٔ مستقیم بین سطوح مختلف دمایی بر درصد بار میکروبی باقیمانده شیر وجود دارد. یعنی با افزایش درجه حرارت،میزان انهدام میکروبی بیشتر است که این امر کاملاً بدیهی است. همچنین رابطهٔ مستقیم بین سطوح مختلف زمان بر درصد بار میکروبی منهدم شدهٔ شیر

www.SID.ir

Archive of SID

وجود دارد که این امر نیز بدیهی است چرا که با طولانی کردن زمان حرارت دهی، مسلماً شیر، میکروبهای بیشتری را از دست می دهد.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس، مطلوبترین و نا مطلوبترین سطوح فاکتورهای سطح اتکا، الکترومغناطیس، دما و زمان به ترتیب(۲۳ سانتیمتر، ۱۶۰۰ وات، ۸۴ درجه سانتیگراد و ۳۰ ثانیه) و (۱۲ سانتیمتر، ۳۵۰ وات، $^{\circ}C$ ۷۲ و ۲۰ ثانیه) بودند.

جدول ۲- تیمارهای پاستوریزاسیون القائی و درصد بار کلی میکروبی باقیمانده پس از فرآیند

ردیف	تیمار زمان*دما * الکترومغناطیس *سطح اتکا $\alpha_i*ß_j*£_k*\gamma_l$	درصد بار کلی میکروبی باقیمانده پس از فرآیند
۱	$\alpha_۳*ß_۱*£_۱*\gamma_۱$	abcd۲/۶۴
۲	$\alpha_۳*ß_۱*£_۱*\gamma_۲$	ab۱/۵۴
۳	$\alpha_۳*ß_۱*£_۱*\gamma_۳$	ab۱/۴۰
۴	$\alpha_۳*ß_۱*£_۲*\gamma_۱$	abc۲/۰۷
۵	$\alpha_۳*ß_۱*£_۲*\gamma_۲$	ab۱/۴۹
۶	$\alpha_۳*ß_۱*£_۲*\gamma_۳$	ab۱/۳۰
۷	$\alpha_۳*ß_۱*£_۳*\gamma_۱$	abc۱/۸۰
۸	$\alpha_۳*ß_۱*£_۳*\gamma_۲$	ab۱/۳۶
۹	$\alpha_۳*ß_۱*£_۳*\gamma_۳$	a۰/۵۰
۱۰	$\alpha_۳*ß_۲*£_۱*\gamma_۱$	ab۱/۵۲
۱۱	$\alpha_۳*ß_۲*£_۱*\gamma_۲$	ab۱/۴۰
۱۲	$\alpha_۳*ß_۲*£_۱*\gamma_۳$	ab۱/۳۱
۱۳	$\alpha_۳*ß_۲*£_۲*\gamma_۱$	ab۱/۲۵
۱۴	$\alpha_۳*ß_۲*£_۲*\gamma_۲$	ab۱/۲۰
۱۵	$\alpha_۳*ß_۲*£_۲*\gamma_۳$	ab۱/۲۰
۱۶	$\alpha_۳*ß_۲*£_۳*\gamma_۱$	ab۱/۳۲
۱۷	$\alpha_۳*ß_۲*£_۳*\gamma_۲$	ab۱/۲۸
۱۸	$\alpha_۳*ß_۲*£_۳*\gamma_۳$	a۰/۷۴
۱۹	$\alpha_۳*ß_۳*£_۱*\gamma_۱$	ab۱/۴۹
۲۰	$\alpha_۳*ß_۳*£_۱*\gamma_۲$	ab۱/۲۹
۲۱	$\alpha_۳*ß_۳*£_۱*\gamma_۳$	ab۱/۲۰
۲۲	$\alpha_۳*ß_۳*£_۲*\gamma_۱$	ab۱/۲۱
۲۳	$\alpha_۳*ß_۳*£_۲*\gamma_۲$	ab۱/۲۰
۲۴	$\alpha_۳*ß_۳*£_۲*\gamma_۳$	ab۱/۲۰
۲۵	$\alpha_۳*ß_۳*£_۳*\gamma_۱$	ab۱/۲۷
۲۶	$\alpha_۳*ß_۳*£_۳*\gamma_۲$	a۰/۸۹
۲۷	$\alpha_۳*ß_۳*£_۳*\gamma_۳$	a۰/۵۰
۲۸	$\alpha_۲*ß_۱*£_۱*\gamma_۱$	abcde۴/۴۰
۲۹	$\alpha_۲*ß_۱*£_۱*\gamma_۲$	abcd۲/۶۷
۳۰	$\alpha_۲*ß_۱*£_۱*\gamma_۳$	ab۱/۲۴
۳۱	$\alpha_۲*ß_۱*£_۲*\gamma_۱$	abcd۳/۳۵
۳۲	$\alpha_۲*ß_۱*£_۲*\gamma_۲$	ab۱/۴۴
۳۳	$\alpha_۲*ß_۱*£_۲*\gamma_۳$	ab۱/۲۲
۳۴	$\alpha_۲*ß_۱*£_۳*\gamma_۱$	abcd۳
۳۵	$\alpha_۲*ß_۱*£_۳*\gamma_۲$	abc۲/۴۷
۳۶	$\alpha_۲*ß_۱*£_۳*\gamma_۳$	a۱/۱۹
۳۷	$\alpha_۲*ß_۲*£_۱*\gamma_۱$	c۲/۶۵
۳۸	$\alpha_۲*ß_۲*£_۱*\gamma_۲$	abc۱/۸۰
۳۹	$\alpha_۲*ß_۲*£_۱*\gamma_۳$	ab۱/۴۰
۴۰	$\alpha_۲*ß_۲*£_۲*\gamma_۱$	ab۱/۳۶
۴۱	$\alpha_۲*ß_۲*£_۲*\gamma_۲$	ab۱/۳۰
۴۲	$\alpha_۲*ß_۲*£_۲*\gamma_۳$	ab۱/۲۰
۴۳	$\alpha_۲*ß_۲*£_۳*\gamma_۱$	ab۱/۳۰
۴۴	$\alpha_۲*ß_۲*£_۳*\gamma_۲$	ab۱/۲۰
۴۵	$\alpha_۲*ß_۲*£_۳*\gamma_۳$	a۰/۸۱
۴۶	$\alpha_۲*ß_۳*£_۱*\gamma_۱$	ab۱/۴۵
۴۷	$\alpha_۲*ß_۳*£_۱*\gamma_۲$	ab۱/۳۸
۴۸	$\alpha_۲*ß_۳*£_۱*\gamma_۳$	ab۱/۲۰
۴۹	$\alpha_۲*ß_۳*£_۲*\gamma_۱$	ab۱/۳۵
۵۰	$\alpha_۲*ß_۳*£_۲*\gamma_۲$	ab۱/۲۶
۵۱	$\alpha_۲*ß_۳*£_۲*\gamma_۳$	ab۱/۲۰
۵۲	$\alpha_۲*ß_۳*£_۳*\gamma_۱$	ab۱/۲۴
۵۳	$\alpha_۲*ß_۳*£_۳*\gamma_۲$	ab۱/۲۰
۵۴	$\alpha_۲*ß_۳*£_۳*\gamma_۳$	a۰/۵۱
۵۵	$\alpha_۱*ß_۱*£_۱*\gamma_۱$	h۸/۰۶
۵۶	$\alpha_۱*ß_۱*£_۱*\gamma_۲$	abcdef۵/۱۴
۵۷	$\alpha_۱*ß_۱*£_۱*\gamma_۳$	abc۲/۲۲
۵۸	$\alpha_۱*ß_۱*£_۲*\gamma_۱$	abcdef۴/۹۰
۵۹	$\alpha_۱*ß_۱*£_۲*\gamma_۲$	abc۲/۳۰
۶۰	$\alpha_۱*ß_۱*£_۲*\gamma_۳$	abc۱/۸
۶۱	$\alpha_۱*ß_۱*£_۳*\gamma_۱$	ab۱/۵۴
۶۲	$\alpha_۱*ß_۱*£_۳*\gamma_۲$	ab۱/۲۳
۶۳	$\alpha_۱*ß_۱*£_۳*\gamma_۳$	ab۱/۲۰
۶۴	$\alpha_۱*ß_۲*£_۱*\gamma_۱$	abcdefg۶/۲۷
۶۵	$\alpha_۱*ß_۲*£_۱*\gamma_۲$	abcd۳/۱۸
۶۶	$\alpha_۱*ß_۲*£_۱*\gamma_۳$	abc۱/۶۲
۶۷	$\alpha_۱*ß_۲*£_۲*\gamma_۱$	abc۲/۳۵
۶۸	$\alpha_۱*ß_۲*£_۲*\gamma_۲$	ab۱/۲۶
۶۹	$\alpha_۱*ß_۲*£_۲*\gamma_۳$	ab۱/۲۲
۷۰	$\alpha_۱*ß_۲*£_۳*\gamma_۱$	ab۱/۳۳
۷۱	$\alpha_۱*ß_۲*£_۳*\gamma_۲$	ab۱/۲۴
۷۲	$\alpha_۱*ß_۲*£_۳*\gamma_۳$	ab۱/۲۱
۷۳	$\alpha_۱*ß_۳*£_۱*\gamma_۱$	abcd۲/۷۰
۷۴	$\alpha_۱*ß_۳*£_۱*\gamma_۲$	abc۱/۸۲
۷۵	$\alpha_۱*ß_۳*£_۱*\gamma_۳$	ab۱/۴۰
۷۶	$\alpha_۱*ß_۳*£_۲*\gamma_۱$	abc۱/۴۹
۷۷	$\alpha_۱*ß_۳*£_۲*\gamma_۲$	ab۱/۲۱
۷۸	$\alpha_۱*ß_۳*£_۲*\gamma_۳$	ab۱/۲۰
۷۹	$\alpha_۱*ß_۳*£_۳*\gamma_۱$	ab۱/۳۰
۸۰	$\alpha_۱*ß_۳*£_۳*\gamma_۲$	ab۱/۲۰
۸۱	$\alpha_۱*ß_۳*£_۳*\gamma_۳$	a۱/۰۷

α_i= سطح اتکا، $_i$ = (۱۲=$\alpha_۱$، ۱۷=$\alpha_۲$و ۲۳=$\alpha_۳$سانتیمتر)، $ß_j$ = الکترومغناطیس ،$_j$ = (۳۵۰=$ß_۱$ ، ۱۰۰۰=$ß_۲$ و ۱۶۰۰=$ß_۳$ سانتیگراد)، $£_k$= دما، $_k$ = (۷۲=$£_۱$ ، ۷۵=$£_۲$ و ۸۴=$£_۳$ وات)، γ_l= زمان، $_l$ = (۱۵=$\gamma_۱$، ۲۰=$\gamma_۲$و ۳۰=$\gamma_۳$ثانیه

www.SID.ir

Archive of SID

انتخاب تیمار های برگزیده

انتخاب تیمار ها در سه مرحله انجام گرفت.

انتخاب مرحلهٔ اول

به دلیل اهمیت انهدام میکروبی در طی پاستوریزاسیون القایی، تیمارهایی از شیر که پس از اعمال روش مذکور، کمترین درصد بار میکروبیِ باقیمانده را داشته و همچنین هیچ اختلاف معنی داری را با یکدیگر نشان ندادند به عنوان تیمارهای منتخب این روش در مرحلهٔ اول، مطابق جدول ۳ برگزیده شدند. کمترین و بیشترین درصد باقیمانده و درصد کاهش کلیفرم، اشرشیا کلی و کپک و مخمر در تیمارهای منتخب بالا به ترتیب ۰ و ۱۰۰٪ گزارش شد.

جدول ۳- تیمار های منتخب مرحلهٔ اول بر اساس کمترین درصد بار میکروبیِ باقیمانده

تیمار های منتخب بر اساس ٪ بار میکروبی باقیمانده	٪ بار میکروبی باقیمانده شیر پاستوریزه	٪ کاهش بار میکروبی
۱۲*۱۶۰۰*۸٤*۳۰	۱/۰۷	۹۸/۹
۱۷*۳۵۰*۸٤*۳۰	۱/۱۹	۹۸/۸۱
۱۷*۱۰۰۰*۸٤*۳۰	۰/۸۱	۹۹/۱۹
۱۷*۱۶۰۰*۸٤*۳۰	۰/۵۱	۹۹/٤۹
۲۳*۳۵۰*۸٤*۳۰	۰/۵۰	۹۹/۵
۲۳*۱۰۰۰*۸٤*۳۰	۰/۷٤	۹۹/۳
۲۳*۱۶۰۰*۸٤*۳۰	۰/۵۰	۹۹/۵۰
۲۳*۱۶۰۰*۸٤*۲۰	۰/۸۹	۹۹/۱۱

انتخاب مرحلهٔ دوم

به دلیل اهمیت زمان و هزینه بر بودن اتلاف زمان در محاسبات اقتصادی کارخانه (مانند هزینهٔ دستمزد کارگر و مصرف برق)، در این مرحله از میان ۸ تیمار منتخب، تیمارهایی که زمان بیشتری برای پاستوریزاسیون صرف کرده اند، حذف شدند.

محاسبه زمان مصرفی

زمان رسیدن به درجه پاستوریزاسیون به اضافه زمان نگهداری در آن دما(*Holding*) مساوی زمان مصرفی برای پاستوریزاسیون است، بطوری که زمان پاستوریزاسیون تیمارهای ۱۷*۳۵۰*۸٤*۳۰ ، ۲۳*۳۵۰*۸٤*۳۰ و ۱۷*۱۰۰۰*۸٤*۳۰ به ترتیب ۹/۷۵ ، ۷/۲۵ و ٤/۵ دقیقه می باشد، که نسبت به ۵تیمار دیگر دارای زمان بیشتری است. بدین ترتیب ۳ تیمار مذکور طبق جدول ٤ حذف گردیدند.

انتخاب مرحلهٔ سوم

انتخاب مرحلهٔ سوم بر اساس حداقل انرژی ورودی، بالاترین راندمان و کمترین تلفات انرژی در پاستوریزاسیون القایی انجام گرفت. به این منظور شدت جریان الکترومغناطیسِ به کار گرفته شده، در زمان مصرفی برای پاستوریزاسیون القایی ضرب گردید.

تیمارهای ۱۷*۱۰۰۰*۸٤*۳۰ و۱۲*۱۶۰۰*۸٤*۳۰ دارای بالاترین انرژی ورودی که به ترتیب ۰/٤۷۶ و ۰/۵۲۸ گیگا ژول بر تن ودارای پائین ترین راندمان انرژی که به ترتیب ۳۵/۷٪ و ۳۲/۹٪ و بالاترین تلفات انرژی که به ترتیب ٦٤/٤٪ و ٦۷/۱٪ می باشند، بدین ترتیب این ۲ تیمار حذف گردیدند و در نتیجه تیمارهای منتخب در جدول ۵ ارائه شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- تیمار هایی با کمترین درصد بار میکروبی باقیمانده و کمترین مدت زمان مصرفی در میان ۸۱ تیمار

زمان فرآیند (*min*)	٪ کاهش بار میکروبی	٪ بار میکروبی باقیمانده شیر پاستوریزه	تیمار های منتخب بر اساس ٪ بار میکروبی باقیمانده
۲/۷۵*b*	۹۸/۹	۱/۰۷	۳۰*۸٤*۱٦۰۰*۱۲
۳/۹۷*a*	۹۹/۱۹	۰/۸۱	۳۰*۸٤*۱۰۰۰*۱۷
۲/٦٦*c*	۹۹/۳	۰/۷٤	۳۰*۸٤*۱۰۰۰*۲۳
۱/۰٤*e*	۹۹/٥	۰/٥۰	۳۰*۸٤*۱٦۰۰*۲۳
۰/۹*f*	۹۹/۱۱	۰/۸۹	۲۰*۸٤*۱٦۰۰*۲۳

جدول ٥- تعیین تیمارهای منتخب مرحلهٔ سوم بر اساس حداقل انرژی ورودی، بالاترین راندمان و کمترین تلفات در پاستوریزاسیون القایی شیر

تیمار های منتخب بر اساس کمترین انرژی ورودی، بالاترین راندمان و کمترین تلفات	٪ بار کلی میکروبی باقیمانده شیر پاستوریزه	٪ کاهش بار کلی میکروبی	میزان انرژی ورودی گیگا ژول بر تن	راندمان انرژی ٪	تلفات انرژی ٪
	NS	*NS*	**	**	**
۳۰*۸٤*۱٦۰۰*۲۳	۰/٥۰	۹۹/٥۰	۰/۱۹۹*ab*	٦٥*ab*	۳٥*ab*
۳۰*۸٤*۱۰۰۰*۲۳	۰/٥۰	۹۹/٥۰	۰/۲٦۲*b*	٥٤*b*	٤٦*b*
۳۰*۸٤*۱٦۰۰*۱۷	۰/۸۹	۹۹/۱۱	۰/۱۸٦*a*	٦۸*a*	۳۲*a*
میانگین	۰/٦۳	۹۹/۳۷	۰/۲۱٥	٦۲/۳	۳۷/٦

نتایج میکروبی شیر پاستوریزه کلاسیک

نتـایج پاستوریزاسـیون کلاسـیک سـه نمونـه شـیرخام توسط کارخانه در جدول ٦ ارائه شده است.

جدول ۶-اثر پاستوریزاسیون کلاسیک بر بار کلی میکروبی

پاستوریزاسیون کلاسیک	٪ باقیمانده بار کلی میکروبی
	NS
نمونه شماره ۱	۱/۸۳٥
نمونه شماره ۲	۱/۹٤۹
نمونه شماره ۳	۱/٥۱۹
میانگین	۱/۷٦۷

با توجه به نتـایج، اخـتلاف معنـی داری میـان نمونـه هـا مشاهده نگردید و نمونه شماره ۳ دارای کمتـرین درصـد بار کلی میکروبی می باشد.

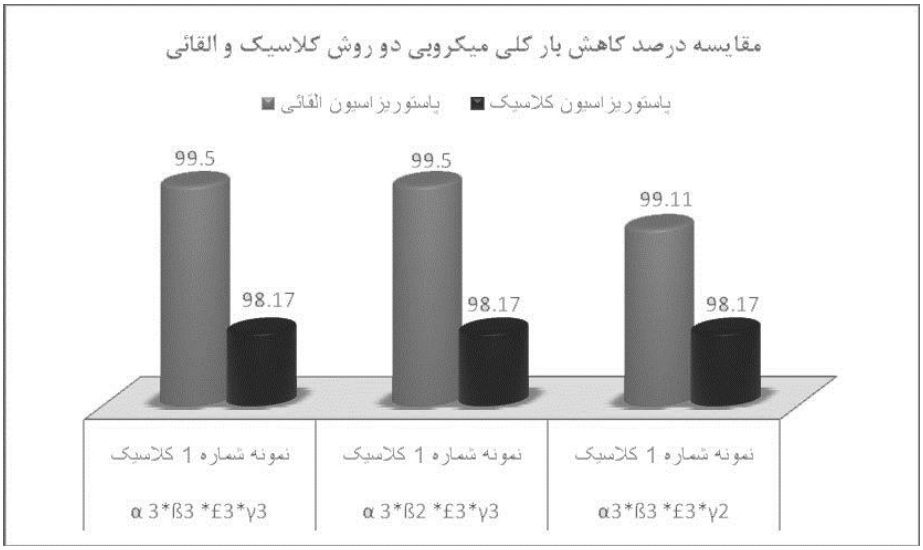
مقایسـه اثـر دو روش پاستوریزاسـیون القـائی و کلاسیک بر کیفیت میکروبی شیر

حداقل و حداکثر درصـد کـل بـار میکروبـی باقیمانـده در روش القـائی بـه ترتیـب ۰/٥۰٪ و ۸/۰٦٪ و بـه عبـارتی کاهش بار کلی میکروبی مـا بـین ۹۱/۹٤ تـا ۹۹/٥ درصـد می باشـد. میـانگین درصـد باقیمانـده و کـاهش کـل بـار میکروبی در روش کلاسیک به ترتیـب ۱/۷٦٪ و ۹۸/۲۳٪ بود. میانگین درصد باقیمانده و کاهش بار کـل میکروبـی تیمار هـای منتخـب در روش القـائی بـه ترتیـب ۰/٦۳٪ و ۹۹/۳۷ ٪ بود. میانگین درصد باقیمانده و کاهش بار کلـی میکروبـی ۳ تیمـار منتخـب القـائی و نمونـه شـماره ۱ کلاسیک در جدول ٦ ارائـه شـده اسـت. ۳ تیمـار منتخـب

www.SID.ir

Archive of SID

القائی فقط با نمونه شماره ۱ کلاسیک مقایسه شدند زیرا شیر خام نمونه شماره ۲ و ۳ جزء نمونه هایی هستند که تیمارهای غیر منتخب از آنها حاصل شده اند. در مورد تمام تیمارهای منتخب تاثیر پاستوریزاسیون القائی بیش از ۹۹٪ بوده است در صورتی که درصد کاهش بار کلی میکروبی در شیر پاستوریزه به روش کلاسیک کارخانه حدود ۹۸٪ بود (شکل ۱).



شکل ۱- اثر روش پاستوریزاسیون القائی و کلاسیک بر میزان کاهش بار کلی میکروبی

در تیمارهای $\alpha3*ß3*£3*\gamma3$ و $\alpha3*ß2*£3*\gamma3$ بیشترین درصد کاهش بار میکروبی مشاهده گردید که علت آن مدت زمان نگهداری ۳۰ ثانیه، دمای ۸٤ $^{\circ}C$ و سطح اتکای ۲۳ سانتیمتر می باشد و در از بین رفتن میکروارگانیسم ها بسیار موثر هستند در حالیکه این عدد در نمونه کلاسیک، ۱/۸۳ درصد کاهش بار کلی میکروبی را از خود نشان داد و تعداد میکروب کمتری را نسبت به روش القائی از بین برده است (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه اثر دو روش پاستوریزاسیون القائی و کلاسیک بر درصد کاهش بار کلی میکروبی

تیمار های منتخب القائی	٪ بار میکروبی باقیمانده روش القائی	٪ کاهش بار کلی میکروبی روش القائی	نمونه های شیر پاستوریزه کلاسیک	٪ بار میکروبی باقیمانده تیمارهای کلاسیک	٪ کاهش بار کلی میکروبی روش کلاسیک	P_{Value}
۱	۰/۵۰^{b}	۹۹/۵۰	نمونه ۱	۱/۸۳^{a}	۹۸/۱۷	*
۲	۰/۵۰^{b}	۹۹/۵۰	نمونه ۱	۱/۸۳^{a}	۹۸/۱۷	*
۳	۰/۸۹^{b}	۹۹/۱۱	نمونه ۱	۱/۸۳^{a}	۹۸/۱۷	*
میانگین	۰/٦۳	۹۹/۳۷	میانگین	۱/۸۳	۹۸/۱۷	

α= سطح اتکا، i = (۱۲=α_1، ۱۷=α_2و ۲۳=α_3سانتیمتر)، $ß_j$ =الکترومغناطیس، j= (۳۵۰=ß1 ، ۱۰۰۰=ß2 و ۱٦۰۰=ß3 وات)، $£k$= دما، k= (۷۲=$£_1$ ، ۷۵=$£_2$ و ۸٤=$£_3$ سانتیگراد)، γl= زمان، l = (۱۵=γ_1، ۲۰=γ_2و ۳۰=γ_3ثانیه)، $\alpha_{3*3*}ß_{3*}£_{3*}\gamma_3$= $\alpha_{1}ß_{2*}£_{3*}\gamma_3$ ، $\alpha_{2}ß_{3*}£_{3*}\gamma_2$ = ۳

www.SID.ir

Archive of SID

تیمار ۲γ* ۳£*۳ß*۳α دارای بالاترین درصد بار میکروبی باقیمانده در میان ۳ تیمار منتخب می باشد زیرا بعد از ۲۰ ثانیه حرارت قطع می شود، لذا میکروارگانیسم ها زمان کوتاهتری را در معرض حرارت بوده و تعداد کمتری از آنها کاهش یافته اند ولی این تیمار با وجود اینکه دارای بیشترین بار کلی میکروبی در میان ۳ تیمار دیگر می باشد، به علت کم بودن مدت زمان پاستوریزاسیون و مصرف حداقل انرژی در میان ۳ تیمار دیگر دارای ارجحیت می باشد.

با توجه به شکل ۲، درصد کاهش بار کلی میکروبی در هر ۳ تیمار منتخب روش القائی و نمونه ۱ کلاسیک بهینه تر از حد استاندارد بود (استاندارد شماره ۲۴۰۶ ملی ایران. ۱۳۸۷) و اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد میان دو روش پاستوریزاسیون و استاندارد مشاهده گردید.

شکل ۲- مقایسه درصد کاهش بار کلی میکروبی تیمارهای القائی (۳γ* £۳* α ۳ß۳)، (۳γ* £۳* α ۳ß۲)، (۲γ* £۳* α ۳ß۳) و نمونه ۱ کلاسیک با استاندارد

در مراجع تاثیر پاستوریزاسیون به روش *LTLT*، ۹۹/۵ درصد و به روش *HTST* ۹۸/۵-۹۹ درصد ذکر شده است(پوراحمد. ۱۳۸۶).

بر اساس استاندارد ملی ایران حداکثر مجموع کلنی های میکروبی شیر پاستوریزه ممتاز در هر میلی لیتر شیر در زمان مصرف نباید از ۳۰۰۰۰ *cfu/mL* تجاوز نماید و درصد باقیمانده بار کلی میکروبی نباید از ۵ ٪ بیشتر باشد و همچنین درصد کاهش بار کلی میکروبی نباید از ۹۵ ٪ کمتر باشد و بر اساس استاندارد ملی ایران (استاندارد شماره ۲۴۰۶ ملی ایران. ۱۳۸۷) تعداد میکروب های شیر پاستوریزه معمولی در هر میلی لیتر در زمان خروج از کارخانه، از ۵۰۰۰۰ *cfu/mL* و در موقع مصرف از ۷۵۰۰۰ *cfu/mL* تجاوز ننماید و درصد کاهش بار کلی میکروبی نباید از ۹۴ ٪ کمتر باشد (استاندارد شماره ۲۴۰۶ ملی ایران. ۱۳۸۷) و بر اساس استاندارد ملی ایران، در زمان مصرف، درصد باقیمانده بار کلی میکروبی نباید از ۷/۵ ٪ بیشتر باشد (استاندارد شماره ۲۴۰۶ و ۵۴۸۴ ملی ایران. ۱۳۸۷)، نتایج ارائه شده در این مقاله در حد استاندارد های ایران و بین المللی و حتی مطلوبتر از آنها می باشد.

بنابراین طبق نتایج این پروژه، روش القائی نسبت به روش کلاسیک اثر بیشتری را بر کاهش بار کلی میکروبی گذاشته بود و میزان آن در هیچ یک از تیمارهای منتخب از ۹۹٪ پائین تر نبود که می توان گفت اولاً،به دلیل سرعت بالای افزایش درجه حرارت و ایجاد شوک حرارتی باعث دناتوراسیون پروتئین ها و آنزیمهای سلولی و مرگ سلولی می شود. ثانیاً، استفاده از امواج الکترومغناطیس، احتمالاً موجب حالتی مانند برق گرفتگی و اختلال در انتقال علایم هشدار دهنده برای انجام واکنش های به موقع برای میکروب ایجاد می نماید

www.SID.ir

Archive of SID

زیرا روی غشاء سلولی مولکولهای خاصی بصورت مولکولهای رسپتور[3]به عنوان سیستم تشخیصی قرار گرفته که سیگنالهایی را به سلول جهت انجام واکنش دفاعی مناسب می دهد که پاستوریزاسیون با روش القایی با دریافت امواج الکترومغناطیس همراه بوده و قبل از تاثیر حرارت، اختلال در عملکرد سیستم بیوسنسور میکروب ایجاد کرده است (تالارو. ۲۰۰۵).

به دلیل جدید بودن استفاده از روش القایی برای پاستوریزاسیون، این روش با روشهای معمول مقایسه می شود. مثلاً ماری و همکاران، شیر خام دارای بار کلی میکروبی cfu/ml ۵ ۱۰× ۱را توسط فرآوری با فشار بالا و فشار معمولی، در شش حالت، ($55\ ^{\circ}C$، فشار معمولی)، ($55\ ^{\circ}C$، ۲۰۰ مگا پاسکال) و ($55\ ^{\circ}C$، ۲۵۰ مگا پاسکال)، ($70\ ^{\circ}C$، فشارمعمولی)، ($70\ ^{\circ}C$، ۲۰۰ مگا پاسکال) و ($70\ ^{\circ}C$، ۲۵۰ مگا پاسکال) پاستوریزه نموده بودند،مشاهده کردند در حالت اول فقط ۹۵ درصد کاهش بار کلی میکروبی، در حالت دوم و سوم ۹۹ درصد و در حالت چهارم ۹۸ درصد کاهش بار میکروبی مشاهده گردید. در حالت‌های پنجم و ششم نیز بالای ۹۹ درصد کاهش گزارش شد (ماری و همکاران. ۲۰۰۶). نتایج این تحقیق به دلیل تاثیر در ساختمان سلول میکروب، قابل مقایسه با روش القایی می باشد. دریک و همکاران (۲۰۰۶) نیز اثر فرآیند فشار بالا را بر کیفیت میکروبی شیر گزارش کردند، و اختلاف معنی داری میان بار کلی میکروبی شیر پاستوریزه و شیر فرآوری شده با روش فشار بالا گزارش گردید.

کارل با روش $LTLT$ شیر را با موفقیت در ظرف های دوجداره بزرگی با آب گرم در دمای حدود $63/5\ ^{\circ}C$–$60\ ^{\circ}C$ به مدت ۳۰ دقیقه $(D\ value\ 60^{\circ}c = 30\ min)$ پاستوریزه کرد و بلافاصله بعد از این مدت دمای شیر را به $10\ ^{\circ}C$ رساند (کارل .۱۹۶۸). پتروس و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند، روش پاستوریزاسیون شیر در بطری با دمای $65\ ^{\circ}C$ و نگهداری به مدت ۳۰ دقیقه در دمای فوق و سپس خنک کردن با کمک آب یا جریان هوای سرد، میزان کاهش بار کلی میکروبی در این روش ۹۹/۹۹ ٪ بوده است . اگرچه روش القائی در مقایسه با روش کند دارای درصد کاهش بار کلی میکروبی کمتری می باشد ولی روش القایی از نظر عدم تولید سنگ شیر، کاهش زمان فرآیند و حفظ مواد مغذی نسبت به روش کند در ارجحیت می‌باشد.

استر و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از روش دمای بالا و زمان کوتاه و بلافاصله خنک کردن تا دمای $10\ ^{\circ}C$، تاثیر روش پاستوریزاسیون بر دو گروه شیر خام را بررسی کردند. گروه اول و دوم نمونه های شیر دارای بار کلی میکروبی CFU/ml ۱۰۵×٤ و CFU/ml ۱۰۷×۱بودند که توسط این روش به ترتیب ۹۹/۹ و ۹٤ درصد کاهش بار میکروبی در آنها حاصل گردید. رانیری و همکاران (۲۰۰۹)، اثر فرآیند پاستوریزاسیون $HTST$ را بر روی باکتری های بومی آمریکا مورد بررسی قرار دادند و میزان کاهش بار میکروبی را تا ۹۲٪ گزارش کردند. در مقایسه می توان نتیجه گرفت که این روش نسبت به روش القائی دارای معایبی می باشد که عبارتند از: درصد کاهش بار میکروبی کمتر، تولید سنگ شیر و مصرف انرژی بیشتر نسبت به حرارت القائی.

کلاره و بنگ (۲۰۰۵) گزارش کردند که در روش دمای خیلی بالا UHT[4] به شیر تحت فشار بخار، برای مدت چند ثانیه، $135\ ^{\circ}C$ تا $150\ ^{\circ}C$حرارت داده و بلافاصله خنک می کنند و در دمای $75\ ^{\circ}C$ تا $80\ ^{\circ}C$ شیر در بطری ها پر می شود. میزان کاهش بار کلی میکروبی با استفاده از این روش ۹۹–۹۵٪ بوده است. همانطور که مشاهده می شود با وجود استفاده از دمای بالا، عملکرد پاستوریزاسیون پایینتر از روش القایی است.

ابدالا و دافالا (۲۰۱۰) گزارش کردندکه شیر توسط انرژی زغال چوب، انرژی خورشیدی و گازی (در ۱۲ دقیقه $D\ value$ ۹۹ $^{\circ}C$) پاستوریزه و تا $20\ ^{\circ}C$ خنک گردید. این روش اثر معنی داری در سطح ۵ درصد بر میزان بار

[3] -Receptors

[4] -*Ultra High Temperature*

www.SID.ir

Archive of SID

کلی میکروبی نشان داد. درصد باقیمانده بار میکروبی شیر گاو توسط انرژی زغال چوب، خورشیدی و گاز به ترتیب، ۸/۶۹ ٪، ۱۸/۰۱٪ و ۱۰/۸۱٪ اعلام شد. نتایج نشان می دهد که این روشها برای پاستوریزاسیون شیر در مقایسه با روش القایی مناسب نمی باشند.

مونیکا و همکاران (۱۹۸٤) اثر سه دما (۷۲، ۷۸ و ۸۳ درجه سانتیگراد) در پاستوریزاسیون شیر به مدت ۲۰ ثانیه را بر کیفیت میکروبی شیر بررسی کردند، بطوری که در دمای C° ۸۳ کیفیت میکروبی بهتر از ۷۸ و ۷۲ درجه سانتیگراد بود ولی کیفیت حسی کاهش یافت ولی ۷۸ درجه سانتیگراد از نظر میکروبی و حسی بهترین درجه حرارت گزارش گردید. ولی در روش القایی، با وجود استفاده از دمای بالاتر، نتایج تحقیق نشا ن دهنده تولید شیری با رنگ وطعم شیرخام و فاقد آکریل آمید و رادیکال آزاد بوده است.

الزویر و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که پاستوریزاسیون به سه روش حرارت آهسته، پاستوریزاسیون سریع و اولتراپاستوریزاسیون هیچکدام نمی توانند کل بار میکروبی شیر را از بین ببرند و این میزان را به ترتیب، ۹۲/۸۳، ۹۳/۵۹ و ۹۷/۱۰ درصد انهدام گزارش کردند.

الویل و باربانو (۲۰۰٦)، با استفاده از میکروفیلتراسیون در دمای C° ۵۰ ، درصد بار میکروبی را فقط ۲۰ درصد کاهش دادند. بنابراین، این روش به تنهایی برای کفایت عمل پاستوریزاسیون، قابل استفاده نمی باشد.

ویلامیل و همکاران (۱۹۹٦)، اثر فرآیند مایکرویو را بر روی درصد کاهش بار کلی میکروبی ۹۹/۹۹ درصد گزارش کردند. دافین و همکاران (۲۰۰۱) با روش غشایی وتوسط غشائی با قطر ۱/٤ میکرومتر توانستند ۹۹٪ بار کلی میکروبی را کاهش دهند.

تعیین استاندارد شمارش کل میکروبی شیر خام دریافتی جهت پاستوریزاسیون به روش القائی

حداکثر میزان مجاز بار کل میکروبی شیر خام دریافتی از دامداریها ۱۰٦×۵ می باشد که با امکانات و شرایط کلاسیک قابل پاستوریزاسیون است ولی به دلیل کارآیی بالایِ روشِ حرارت القایی بدون بروز خطر آلودگی میکروبی مغایر با استاندارد، می توان شیرهای آلوده تری هم دریافت نموده و آن را پاستوریزه نمود.

برای محاسبهٔ میزان بار کل میکروبی شیر خام دریافتی از دامداری‌ها (تعیین استاندارد)، می توان به صورت زیر عمل نمود.

در این طرح بر اساس استاندارد شیر خام دریافتی کارخانه ها (بار کلی میکروبی تا $1000000 cfu/ml$) و طبق استاندارد بار میکروبی شیر پاستوریزه ($75000 cfu/ml$) (استاندارد شماره ۲٤۰٦) بایستی کارخانه بتواند حداقل ۹۲/۵ درصد کاهش بار میکروبی در شیر ایجاد نماید. در کارخانه مورد آزمایش خوشبختانه حدود ۹۸/۲۳ درصد کاهش بار میکروبی در شیر ایجاد می شد. لذا این کارخانه قادر است شیرهای خام آلوده تر تا ٤۲٤٤٤۸۲ عدد در میلی لیتر را نیز در حد استاندارد ایران (۷۵۰۰۰)، پاستوریزه نماید.

$$n = \frac{75000 * 100}{(100 - 98.23)} = 4244482$$

حال می توان برای روش القائی نیز استاندارد درصد بار میکروبی شیر خام، تعیین کرد. با توجه به این که درصد کاهش میکروبی در روش پاستوریزاسیون القایی بالاتر از روش کلاسیک یعنی ۹۹/۵ تا ۹۹/۱۱ درصد است، لذا این روش طبق فرمول مربوطه قادر است شیرهای خام آلوده تر از ۸٤۲٦۹٦٦ تا ۱۵۰۰۰۰۰۰ عدد در میلی لیتر را نیز در حد استاندارد ایران (۷۵۰۰۰)، پاستوریزه نماید.

$$n = \frac{75000 * 100}{(100 - 99.5)} = 15000000$$

$$n = \frac{75000 * 100}{(100 - 99.11)} = 8426966$$

بنابراین، روش پاستوریزاسیون القایی نسبت به روش پاستوریزاسیون کلاسیک ، ترجیح داده می شود. زیرا با توجه به برآورد بالا به این نتیجه می رسیم که شیر

www.SID.ir

Archive of SID

پاستوریزه شده به روش القائی، علاوه بر اینکه دارای درصد بار میکروبی باقیمانده کمتری می باشد، توانایی دریافت شیر خام با بار میکروبی بالاتر از حد استاندارد را نیز دارا ست که این یک مزیت انحصاری برای روش القائی می باشد.

تشکر و قدردانی

به این وسیله از مسئولین محترم وزارت صنعت و معدن و تجارت (بخش طرحهای فلگ شیپ)، شرکت شیر پگاه زنجان، آقای مهندس جواد درگاهی مسئول محترم آزمایشگاه میکروبیولوژی که در انجام این پروژه نهایت همکاری را با مجری پروژه داشته اند، بسیار سپاسگزارم.

منابع مورد استفاده

استاندارد ملی ایران. ۱۳۸۷. شماره ۲٤۰٦. " میکروبیولوژی شیر و فراورده های آن –ویژگیها.

استاندارد ملی ایران. ۱۳۸۷. "شماره ٥٤٨٤. شیر و فرآورده‌های آن - روش شمارش کلی پرگنه‌های میکروارگانیسم‌ها در ۳۰ درجه سلسیوس چاپ۱.

پوراحمد ر، ۱۳۸٦، فرآوری شیر، بهبود کیفیت فرآورده های لبنی، (ترجمه)، جلد اول، انتشارات مرز دانش.

حکمتی م، ۱۳۷۰، اصول تهیه شیر، مرکز نشر دانشگاهی تهران.

فرخنده ع، ۱۳۵۱، روش های آزمایش شیر و فرآورده های آن، انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم.

فرهنگی ز، ۱۳۸۳، بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت شیر، سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا).

Abdalla MOM, and Daffalla MS, 2010. Comparison of chemical and Microbiological parameters of charcoal Varus Gas and Solar Energy treated Milk, Advance Journal of food Science and Technology. 2(5): 286-290.

Anonymous. ICMSF, 1980. Microbial ecology of foods. Foods commodities: Vol.II. New York: Academic Press (pp. 470–513. International Commission on Microbiological Specifications for Foods.

Brooks G F, Carroll K C, Butel J S, Morse SA, 2007. Pseudomnads, actinetobacters, &uncommon Gram-negative bacteria. In: Jawetz, Melnick & Adelberg's medical microbiology. 24th edition, New York, Lange Medical Books/McGraw-Hill; 263.

Chye F Y, Abdullah A, and Ayob M K, 2004. Bacteriological quality and safety of raw milk in Malaysia, Journal of Food Microbiology, 535-541.

Clare DA, Beng WS, Cartwright G, Darke MA, Coronel P and Simunovic J, 2005. Comparison of sensory, microbiological and biochemical parameters of microwave versus indirect UHT fluid skim milk during storage. Journal of Dairy Science, 88: 4172-4182.

Daufin G, Escudier J P, Carrere H, Berot S, Fillaudeau L and Decloux M, 2001. Recent and emerging applications of membnrance processes in the food and Daity Industry. Jo Institution of Chemical Engineers,79:89.

De Jong, DA, and De Graaff WC, 1906. De coli-contrôle der gepasteurizeerde melk. Ned. Weekblad v. Zuiveltijdschr. On Veeteelt, 12:37-42.

Drake MA, Karagul-Yuceer Y, K R Cadwallader, Civille GV, and Tong PS, 2003. Determination of the sensory attributes of dried milk powders and dairy ingredients. J. Sens. Stud. 18:199–216.

Drake M, Harrison S, Asplund M, Barbosa-Canovas G and Swanson B, 2006. High Pressure Treatment of Milk and Effects on Microbiological and Sensory Quality of Cheddar Cheese. Journal of Food Science, 62: 843–860. Doi: 10.1111/j.1365-2621.1997.tb15468.x

Elwell MW and Barbano DM, 2006. Use of microfiltration to improve fluid milk quality. Journal of Dairy Science, 89(E. Suppl.): E10-E30.

Elzubeir EMI, Gabriechise V and Johnson Q, 2007. Study on some quality control measures of pasteurized milk of the Western Cape, South Africa. International Journal of Dairy Science, 2(4): 372-379.

www.SID.ir

Archive of SID

Esther N, Aaku Ernest K, Collison Berhanu A,Gashe Sisai M, 2003. Microbiological quality of milk from two processing plants in Gaborone Bostswana. Journal of Food Control. 15: 181-186.

Frank J F, 1997. Milk and dairy products. In M. P. Doyle, L. R. Beuchat, & T. J. Montville (Eds.), Food microbiology, fundamentals and frontiers. Washington, DC: American Society for Microbiology (pp. 101–116, 581–594).

Gould G W, 1995. New methods of food preservation. Glasgow, UK: Blackie cademic and Professional.

Monika JA, Schröder and Michael A, Bland, 1984, Effect of pasteurization temperature on the keeping quality of whole milk, Reading RG2 9AT, UK.

Morton B, "Technology innovation in electricity use". A corn stone of economic progress electricity technology, Final report, December 2003.

Petruse R R, Loiola CG, Oliveira CAF, 2010. Microbiological Shelf Life of Pasteurized Milk in Bottle and Pouch, Journal of Food Science, 75: M36–M40.

Pfenninger HB, 1979. Methods of quality control in brewing. Schweizer Brauerei-Rundschau 90, 121.

Ranieri ML and Boor K J, 2009. Short communication: Bacterial ecology of high-temperature, short-time pasteurized milk processed in the United States, J. Dairy Sci. 92:4833–4840.

Read RB, JR, Norcross N L, Hankinson DJ, and Litsky W, 1957. Come-up time method of milk pasteurization. III. Bacteriological studies. Journal of Dairy Science. 40:28-36.

Robinson RK, 1990. Dairy Microbiology, Vol. I, Second edition, Elsevier Science Publications, New York.

Roostita R, Fleet GH, 1995, Growth of yeasts in milk and associated changes to milk composition, International Journal of food Microbiology, 31: 205-219

Sukumar DE, 1991. Outlines of Dairy Technology, Delhi Oxford University press. 9th edition.

Talaro KP, Talaro A, 2005. Foundation in microbiology. McGraw Hill Companies. ISBN-13: 9781259255793.

UNIDO, 1995, Food Processing Industry, Handy Manual, Out Put Of a seminar on Energy Conservation in Food Processing Industry,.

Ushijima K, Fujita T, 2000, Induction Heating for Heating Food, Fluids or the like, Invention Letter.

Villamiel M, Lo´pez-Fandin R Corzo O N, Martı´nez-Castro I, and Olano A, 1996b. Effects of continuous-flow microwave treatment on chemical and microbiological characteristics of milk. Z. Lebensm. Unters. F. A 202:15–18.

Workman TW, 1941. Short Time high temperature pasteurization, Bulletin of the International Association of Milk Dealers 22, 585-588.

www.SID.ir

Archive of SID

Milk pasteurization by induction heating and its effect on the microbiological quality of milk

S Hagh Nazari[1*], MR Azimi[2] and J Dargahi[3]

Received: August 31, 2013 Accepted: August 19, 2014

[1]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Plant Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[3]Head of Animal Product Lab, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[*]Corresponding author: E mail: haghnazari@znu.ac.ir

Abstract

Increasing the pasteurizing temperature of contaminated milk in classic method for completing the heating process causes burning the milk layer on pasteurizer and creates thick milk stone. This event in addition to prevents the sufficient transfer of heat, produces carcinogenic compounds, changes milk color and increases remained microbial load in the milk, therefore threaten the product's safety. In the method used in this study (induction heating), electromagnetic current was induced into milk which could rise milk temperature faster than classic method. In this research, milk was pasteurized by using an induction heater in 243 different conditions and optimized method was selected for adequate process via a factorial experiment design. In this experiment, the effects of four different factors including: 1) 3 intensities of electricity transmittance (350, 1000 and 1600 watts), 3 levels of test containers surface (12, 17 and 23 cm), 3 temperatures (72, 75 and 84 °C) and 3 pasteurization time (15, 20 and 30 seconds) were used in three replications. The optimized method was selected in three steps based on 1) the minimum percentage of microbial load, 2) a minimum elapsed time for milk pasteurization and 3) the lowest energy consumption for processing, respectively. Consequently, the results showed that the destruction of total bacterial load was 99.5 % in selected induced heating method in comparison to classic method (98.23%). Moreover, coliform and Escherichia counts in induced heating method have been one tenth to classic method. In induced heating method, milk stone was not produced due to the fast heating transfer.

Key words: Pasteurizing, Dairy, Milk safety, Induction heating, Microbiology

www.SID.ir