Archive of SID

نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۸ شماره ۳/ سال ۱۳۹۷/ صفحات ۱۸۳ تا ۱۹۸

مقایسه مصرف انرژی روش‌های القائی و معمول کارخانه‌ای در پاستوریزاسیون شیر قبل و بعد از هدفمندی یارانه‌ها

سیمین حق نظری[۱]، سپهر مرادی[۲]، مصطفی معماریان[۳] و مرادپاشا اسکندری نسب[۴]

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۵

[۱] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان
[۳] استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان
[٤] دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان
*مسئول مکاتبه: Email: haghnazari.simin@znu.ac.ir

چکیده

سیستم حرارتی معمول پاستوریزاسیون، به دلیل کندی انتقال حرارت به شیر، با اتلاف انرژی همراه بوده و گاهی نیز در شیرهای بسیار آلوده، اجباراً با افزایش درجهٔ حرارت برای کفایت پاستوریزاسیون، تشکیل سنگِ شیر را موجب می‌شود. این اتفاق، تأثیر منفی در طعم و رنگ و ارزش غذائی شیر تولیدی، مشکل عدم انتقال حرارت کافی به شیر و در نتیجه مغایرت ویژگی‌های بهداشتی شیر با استاندارد مربوطه، ورود مواد مضر سمی ناشی از سوختگی مواد شیر و بالاخره مصرف بیشتر انرژی را نیز به دنبال خواهد داشت. در حالی که در روش القایی، جریان الکترومغناطیس حاصله، به دلیل سرعت انتقال حرارت، فاقد معایب پاستوریزاسیون معمولی شیر است. در این پژوهش، شیر پاستوریزه شده در دستگاه مولد جریان القائی با شدت انتقال الکتریسیته ۱۶۰۰ وات با زمان نگهداری ۳۰ ثانیه، دمای ۸۴ درجه سانتی¬گراد و قطر سطح اتکا ۲۳ سانتی¬متر (بهترین شرایط نمونه منتخب از پروژه تحقیقی)، از نظر مصرف انرژی با شیر پاستوریزه شده به روش معمول در شرایط مشابه و هزینه‌های مربوطه قبل و بعد از طرح هدفمندی یارانه‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که تلفات انرژی در دو روش پاستوریزاسیون معمول کارخانه و القائی به ترتیب ۴۶/۱۵ درصد و ۳۲ درصد و صرفه‌جویی در هزینه ریالی انرژی با استفاده از روش القائی نسبت به روش پاستوریزاسیون معمول کارخانه در طول سال، قبل و بعد از هدفمندی یارانه‌ها به ترتیب ۶۷٪ و ۸۲/۹٪ می‌باشد. که از نظر میزان مصرف انرژی و هزینه-های مربوطه، روش القائی در مقایسه با روش معمول کارخانه ارجحیت دارد.

واژگان کلیدی: الکترومغناطیس، انرژی، پاستوریزاسیون شیر، تکنولوژی القائی

مقدمه

در عرصهٔ رقابت جهانی در راستای مصرف کمتر یا بهینه و تولید هر چه بیشتر انرژی، کشورها، جوامع و صنایعی موفق‌تر خواهند بود که در این رقابت، با تحقیقات و مطالعات، موفق به یافتن و پس از آن بکار بردن راه‌های جلوگیری از اتلاف انرژی شوند. تلاش

www.SID.ir

Archive of SID

متخصصین و دانشمندان در جهت اختراع، ابداع و تولید وسایل و تجهیزات کارآمد نیز جبههٔ دیگری است که برای مبارزه با ائتلاف انرژی گشوده شده است (راهنماهای فنی مدیریت انرژی. ۱۳۸۹)

در حال حاضر فرآیند آماده‌سازی شیر برای خطوط تولید شیر پاستوریزه، عملاً به دلیل کارکرد طولانی مدت تجهیزات و دستگاه‌های مختلف، هزینه‌های سربار بالائی را داراست. امروزه با توجه به وقوع برخی تغییرات ساختاری در عرصه‌های مختلف اقتصادی و سیاسی در سطح بین‌المللی، موضوع امنیت انرژی و اصلاح زیرساخت‌های مرتبط با تولید، توزیع و مصرف انرژی، به عنوان یکی از مسائل کاملاً استراتژیک و مهم به ویژه در میان کشورهای در حال توسعه مطرح می‌باشد و مبتنی بر همین رویکرد موضوع بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی از مهم‌ترین چالش‌ها و دغدغه‌های مطرح در سطوح مختلف مدیریتی و ملی می‌باشد. در صنعت فرآوری شیر، بخش فرآیند و آماده‌سازی شیر خام و تبدیل آن به شیر پاستوریزه از بخش‌های مهم و کلیدی به شمار می‌آید.

میزان انرژی مصرفی در کارخانه‌های شیر، به نوع محصول تولید شده بستگی دارد. به عنوان مثال در کارخانه‌هایی که فقط به فرآوری شیر می‌پردازند نسبت به کارخانه‌هایی که محصولات تغلیظ شده را فرآوری می‌کنند، انرژی بسیار کمتری مصرف می‌شود. میزان مصرف انرژی به مساحت کارخانه، قدیمی یا پیشرفته بودن تجهیزات، بهره‌وری و همچنین به سطح خودکار بودن فرآیند تولید در کارخانه نیز بستگی دارد (فرهنگی ۱۳۸۳).

بررسی مصارف ویژه انرژی در صنعت شیر (پاستوریزاسیون به روش کلاسیک)

مصرف انرژی ویژه فسیلی و مصرف انرژی ویژه الکتریکی در صنعت شیر و فراورده‌های آن را می‌توان برای کل کارخانه و یا برای تک‌تک فرآورده‌ها، تعریف نمود. مصرف ویژه‌ی انرژی فسیلی در کشورهای پیشرفته جهان که بیشترین میزان تولید فراورده‌های لبنی را دارند، نظیر استرالیا و کانادا، در حدود ۰/۶ گیگا ژول به ازای یک تن شیر ورودی به کارخانه می‌باشد. از آنجائی که اکثر انرژی فسیلی مصرفی در این کارخانه‌ها به‌صورت بخار مصرف می‌شود، در صورت کارکرد مناسب و بهینه سیستم تولید و توزیع بخار، می‌توان این شاخص را بر اساس میزان مصرف بخار نیز بیان نمود. مقدار این شاخص در کشورهای پیشرفته در حدود ۰/۴۲ تن بخار به ازای یک تن شیر ورودی به کارخانه می‌باشد. با بررسی کارخانه‌های مختلف صنعت شیر در ایران، ملاحظه می‌شود که شاخص مصرف ویژه فسیلی بسیار بیشتر از شاخص جهانی بوده و در اکثر موارد بیشتر از ۲ برابر می‌باشد و فقط در بعضی از کارخانه‌های مدرن و جدید این شاخص نزدیک شاخص-های جهانی است. مصرف ویژه انرژی فسیلی در ۵ کارخانه تولید شیر در ایران، به‌عنوان مثال، GJ/ton ۱/۶۹، GJ/ton ۱/۳۳، GJ/ton ۱/۶۹، GJ/ton ۰/۶، GJ/ton ۱/۶۳ می‌باشد (فرهنگی. ۱۳۸۳). در بعضی موارد با برآورد و اندازه‌گیری میزان بخار مصرفی در پروسه، ملاحظه شده است که شاخص بخار مصرفی پروسه نسبت به شیر ورودی و در حد شاخص استاندارد می‌باشد، ولی شاخص مصرف انرژی فسیلی کارخانه (سوخت ورودی) نسبت به شیر ورودی، ۲ برابر استاندارد است. این بدان معنی است که پروسه تولید شیر و فرآورده‌های آن در نقطه بهینه و عملکرد مناسب خودکار می‌کند ولی سیستم تولید بخار و انرژی حرارتی کارخانه دارای راندمان بسیار پایینی است و انرژی فسیلی در آن هدر می‌رود. شاخص مصرف ویژه انرژی الکتریکی در کشورهای پیشرفته جهان، در حدود ۵۲ کیلووات ساعت به ازای یک تن شیر ورودی می‌باشد. در ایران این شاخص در اکثر کارخانه‌ها، شیری که مورد بررسی قرار گرفته‌اند، در حد ۲ یا بیش از ۲ برابر مقدار فوق است. با توجه به اینکه بیشترین درصد مصرف انرژی الکتریکی در کارخانه‌ها شیر را دستگاه‌های تبرید و پمپ‌ها مصرف می‌کنند، در یک نگاه کلی، بالا بودن شاخص مصرف انرژی الکتریکی در صنعت شیر ایران را می‌توان ناشی از عملکرد نامناسب و راندمان پائین سیستم تبرید و پمپ‌ها دانست (فرهنگی. ۱۳۸۳). با اندازه‌گیری‌های انرژی الکتریکی بر روی واحدهای اصلی

www.SID.ir

Archive of SID

تولید شیر و فرآورده‌های آن و همچنین واحدهای جانبی مختلف از جمله واحد تولید بخار، هوای فشرده، آبسرد، سردخانه‌ها و دستگاه‌های تبرید و با در نظر گرفتن درصد میزان مصرف برودت، بخار، هوای فشرده، آب و... در هر واحد اصلی، می‌توان میزان مصرف انرژی الکتریکی هر بخش از تولید را به دست آورد. از تقسیم مقدار مصرف انرژی الکتریکی هر واحد بر میزان تولید آن واحد لبنی، مصرف ویژه انرژی الکتریکی هر محصول لبنی محاسبه می‌گردد.

در سال‌های اخیر استفاده از انرژی تابشی مادون‌قرمز، به عنوان یکی از جایگزین‌های مناسب برای روش‌های فسیلی در پاستوریزاسیون مایعات غذایی از جمله شیر مورد تحقیق قرار گرفته است (حق نظری. ۲۰۱۴). اگرچه نتایج عمل پاستوریزاسیون با روش القایی از نظر میزان کاهش بار میکروبی و سرعت انهدام میکروب‌های پاتوژن نسبت به روش کلاسیک کارخانه‌ای ارجحیت قابل ملاحظه‌ای دارد. به طوری که کاهش بار میکروبی در روش منتخب القایی و روش کلاسیک کارخانه‌ای به ترتیب ۹۹/۵٪ و ۹۸/۲۳٪ را نشان می‌دهد؛ یعنی علاوه بر سرعت پاستوریزاسیون بالاتر در روش القایی نسبت به روش کارخانه‌ای کلاسیک، محصول از سلامت بالاتری نیز برخوردار است (حق نظری و همکاران ۱۳۹۳).

در مورد میزان مصرف ویژه انرژی فسیلی هر محصول نیز می‌توان مانند مورد بالا اقدام کرد. یعنی با توجه به میزان مصرف سوخت جهت تولید بخار و همچنین با برآورد میزان بخار مصرفی در هر واحد تولید، میزان مصرف انرژی فسیلی برای هر محصول به دست می‌آید. این مقادیر می‌توانند هم بر اساس واحد انرژی تقسیم بر تناژ محصول لبنی باشد. همچنین می‌تواند بر اساس واحد انرژی تقسیم بر تناژ معادل شیر ورودی هر محصول باشد. ضرایب تبدیل میزان شیر ورودی به محصولات لبنی مختلف، در اکثر کارخانه‌ها با فرآیند مشابه، تقریباً در یک حد و نزدیک هم می‌باشد (فرهنگی ۱۳۸۳).

انرژی حرارت القائی

حرارت القائی به عنوان فرآیندی که در آن جریان‌های الکتریکی از غذا یا مواد دیگر می‌گذرند، تعریف شده است. این حرارت دهی به شکل تولید انرژی داخلی در ماده روی می‌دهد (سودیر ۲۰۰۰).

در حرارت القائی، سیم‌پیچ‌های الکتریکی نزدیک غذا قرار دارند که بخش‌های الکترومغناطیسی نوسانی را به وجود می‌آورند و امواج الکترومغناطیس را از میان غذا عبور می‌دهند. چنین شرایطی می‌تواند از طریق مواد غذایی سیال به‌عنوان سیم‌پیچ ثانویه به وجود آید. تحقیقات درباره حرارت القائی محدود است. دستگاه حرارتی الکترومغناطیس مطمئن و کم‌هزینه می‌باشد و قادر است حرارت را به طور یکنواخت به ماده منتقل کند.

برآورد انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه

در حال حاضر به طور میانگین روزانه حدود ۸۰ تن شیر جهت آماده‌سازی برای ارسال به خط تولید شیر پاستوریزه، وارد کارخانه پگاه زنجان می‌گردد. در پاستوریزاسیون معمول کارخانه، که شیر توسط سوخت فسیلی (گاز) و حرارت مستقیم پاستوریزه می‌گردد، معایب و مشکلاتی به شرح زیر موجود است که هدف از انجام این تحقیق، ابداع روش القائی جهت پاستوریزاسیون شیر هست که قادر به رفع عیوب زیر می‌باشد.

الف- هزینه‌ی بالای تولید و اقتصادی نبودن آن،

ب- استفاده از مواد شیمیایی هنگام شستشوی خط تولید جهت از بین بردن سنگ شیر تولیدی،

ج- افزایش دمای پاستوریزاسیون (به علت وجود سنگ شیر) و کاهش کیفیت آن از نظر اتلاف مواد مغذی

مواد و روش‌ها

مواد و تجهیزات مورد استفاده: شیر خام و شیر پاستوریزه شاهد تهیه شده از کارخانه پگاه زنجان، قرص‌های فسفاتاز قلیایی برای بررسی کفایت پاستوریزاسیون، مواد و وسایل کشت آزمایشگاهی، کتری‌های آهنی برای پاستوریزاسیون شیر خام، ترمومتر

www.SID.ir

Archive of SID

دستگاه‌ها: دستگاه‌های تولید حرارت معمولی و حرارت القاییدر فرآیند پاستوریزاسیون، افزایش یا کاهش دمای موردنیاز به دو طریق بازیافت از حرارت شیر در حال فرآیند و همچنین تبادل با منبع انرژی رسانا شامل آب داغ (بخار آب داغ) و آب یخ تأمین می‌گردد. به این علت که شیر در خط لوله پاستوریزاسیون گردش می‌کند، شیر خام در زمان ورود به پاستوریزاتور از طریق تماس با لوله‌های حامل شیرهای پاستوریزه با دمای ۸۴ درجه سانتی‌گراد، دمای آن از ۶ درجه سانتی‌گراد به حدود ۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و در ادامه، در دستگاه‌های پاستوریزاتور معمول کارخانه، حامل انرژی موردنیاز جهت افزایش دمای شیر که سبب افزایش دما از ۶۰ به ۸۴ درجه سانتی‌گراد می‌شود (بخار آب) می‌باشد که گرمای خود را با واسطه آب داغ به محصول منتقل می‌نماید و متقابلاً شیر پاستوریزه شده‌ای که دمای بالا دارد، جهت سرمایش، توسط تماس با لوله‌های شیر خام سرد دمای شیر را از ۸۴ درجه سانتی‌گراد به ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌رساند و در ادامه توسط (آب یخ)، دمایش از ۳۵ به ۶ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد (جدول ۱).

جدول ۱- تغییرات دمایی و صرف انرژی در روش معمول کارخانه

فرآیند	اختلاف دما	تبدیل دمایی
افزایش دمای شیر توسط آب داغ	+°۲۴C	C °۸۴C →°۶۰
خنک کاری شیر توسط آب یخ	-°۲۹C	°۳۵ C →°۶C

نتایج و بحث

میزان انرژی حرارتی و برودتی (ورودی و مصرفی) در روش پاستوریزاسیون معمول کارخانه برای پروسه آماده‌سازی شیر جهت خط تولید شیر پاستوریزه، با احتساب ۳۳۰ روز کاری در طول سال، در زیر آورده شده است.

۱- انرژی ورودی حرارتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه فاصله گذاشته شود

$E_{\text{انرژی ورودی معمول کارخانه (حرارتی)}}$ = (میزان انرژی تولید شده توسط یک مترمکعب گاز) ×(میزان گاز مصرفی برای تولید

به ازای ۱ تن آب برای تبادل حرارتی ۱ تن شیر) $E_{\text{انرژی ورودی معمول کارخانه (حرارتی) بخار}}$ = ۰/۰۴ $Gj/m^3 \times ۲۵ m^3/ton$ = ۱ Gj/ton

به ازای ۸۰ تن ۸۰Gj/ton شبانه‌روز در $E_{\text{انرژی ورودی معمول کارخانه (حرارتی)}}$ = ۸۰تن×۱ =

به ازای ۲۶۴۰۰ تن شیر در سال ۲۶۴۰۰ Gj در سال (۳۳۰ روز) $E_{\text{انرژی ورودی معمول کارخانه (حرارتی)}}$ = ۲۶۴۰۰تن×۱ =

۲- انرژی مصرفی حرارتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه

$E_{\text{انرژی مصرفی افزایش دمای آب (حرارتی)}} = Q = mc\Delta\theta,\ Q = ۱۰۰۰ Lit \times ۴۲۰۰ \times (۶ - ۱۰۰) \div ۱۰^۹ = ۰/۳۹۴$ Gj/ton

$E_{\text{انرژی مصرفی افزایش دمای شیر (حرارتی)}} = Q = mc\Delta\theta, Q = ۰/۵ Lit \times ۴۲۰۰ \times (۸۴ - ۶۰) = ۵۰۴۰۰ J$

به ازای یک تن شیر $Q = ۵۰۴۰۰ \times ۲ \times ۱۰۰۰ \div ۱۰^۹ = ۰/۱$ Gj/ton

در شبانه‌روز $E_{\text{کل مصرفی حرارتی}} = ۰/۱ + ۰/۳۹۴ = ۰/۴۹۴$Gj/ton, $Q = ۰/۴۹۴ \times ۸۰ =$ ۳۹/۵۲Gj/ton

در سال $Q = ۰/۴۹۴ \times ۲۶۴۰۰ =$ ۱۳۰۴۱Gj/ton

۳- انرژی ورودی برودتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه

$E_{\text{انرژی ورودی یخچال (برودتی)}} = p_{\text{توان ورودی یخچال}} \times t_{\text{زمان تبادل حرارتی آب با یخچال (ایجاد آب یخ)}}$

$E_{\text{انرژی ورودی یخچال (برودتی)}} = ۱۳۰۰_{\text{وات}} \times ۰/۹_{\text{دقیقه}} \times ۶۰ = ۷۰۲۰۰$

$E_{\text{انرژی ورودی یخچال (برودتی)}} = ۷۲۰۰۰ \times ۲ \times ۱۰۰۰ \div ۱۰^۹ = ۰/۱۴۰$ Gj/ton

در شبانه‌روز $E_{\text{انرژی ورودی یخچال (برودتی)}} = ۰/۱۴۰ \times ۸۰ =$ ۱۱/۲Gj/ton

در سال $E_{\text{انرژی ورودی یخچال (برودتی)}} = ۰/۱۴۰ \times ۲۶۴۰۰ =$ ۳۶۹۶/۱Gj/ton

www.SID.ir

Archive of SID

۴- انرژی مصرفی برودتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه

$E_{(حرارتی)}$ انرژی مصرفی افزایش دمای شیر = $Q = mc\Delta\theta$, Q=۰/۵ Lit × ۴۲۰۰ × (۶ – ۳۵) = ۵۰۴۰۰ J

Q= ۵۰۴۰۰×۲×۱۰۰۰ ÷ $۱۰^{۹}$ = ۰/۱۲ Gj/ton

در شبانه‌روز Q = ۰/۱۲×۸۰= ۹/۶Gj/ton

در سال Q = ۰/۱۲×۲۶۴۰۰= ۳۱۶۸ Gj/ton

۵- راندمان انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه

راندمان انرژی معمول کارخانه$\int$ = $E_{کل مصرفی}$ / $E_{کل ورودی}$ ×۱۰۰ = $E_{کل مصرفی حرارتی}$ + $E_{کل ورودی حرارتی}$ / کل E + کل E

$\int$راندمان انرژی معمول کارخانه=۰/۴۹۴ + ۰/۱۲۱ + ۰/۱۴۰×۱۰۰ = ۵۳٪/۸۵ ,$\int$ورودی برودتی ×۱۰۰

۶- تلفات انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه

$\int$تلفات انرژی معمول کارخانه = ۵۳٪/۸۵ -۱۰۰٪ = ۴۶٪/۱۵ درصد راندمان انرژی معمول کارخانه ,۱۰۰٪-

هزینه انرژی حرارتی و برودتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه (قبل و بعد از هدفمندسازی یارانه‌ها)

۱- هزینه انرژی حرارتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه (قبل از هدفمندسازی یارانه)

میزان گاز مصرفی و بهای معادل آن برای تأمین انرژی حرارتی موردنیاز جهت پاستوریزاسیون ۸۰ تن شیر در شبانه‌روز و طول سال در جدول شماره ۲ ارائه شده است. (قیمت هر مترمکعب گاز = ۱۳۰ ریال):

C= $C_{قیمت یک مترمکعب گاز}$ ×(میزان گاز مصرفی برای تولید بخار آب) هزینه انرژی حرارتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه

C= ۱۳۰ریال ×۲۵مترمکعب گاز مصرفی= ۳۲۵۰ ریال هزینه انرژی حرارتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه ۱ تن شیر

C= ۱۳۰ریال ×۲۰۰۰مترمکعب گاز مصرفی= ۲۶۰۰۰۰ ریال در شبانه‌روز هزینه انرژی حرارتی ۸۰ تن شیر

C= ۱۳۰ریال ×۶۶۰۰۰۰مترمکعب گاز مصرفی=۸۵۸۰۰۰۰۰ ریال هزینه انرژی حرارتی ۲۶۴۰۰ تن شیر در سال

۲- هزینه انرژی برودتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه (قبل از هدفمندسازی یارانه)

میزان برق مصرفی و بهای معادل آن برای تأمین انرژی برودتی موردنیاز جهت پاستوریزاسیون ۸۰ تن شیر در شبانه‌روز و در طول سال در زیر ارائه‌شده است. (قیمت هر کیلووات ساعت برق = ۱۶۰ ریال)

C=$C_{قیمت یک کیلووات ساعت انرژی الکتریکی}$ × (kwh) میزان انرژی الکتریکی ورودی برای تولید آب یخ

C=ریال۱۶۰×۳۰$_{kwh}$ = ۴۸۰۰ ریال هزینه کارکرد ۱ ساعت یخچال

C=ریال۱۶۰×۳۰$_{kwh}$ × ۱۲=ساعت کارکرد یخچال ۵۷۶۰۰ ریال هزینه کارکرد شبانه‌روز یخچال در شبانه‌روز

C=ریال۱۶۰×۳۰$_{kwh}$ × ۳۹۶۰= ساعت کارکرد یخچال در سال ۱۹۰۰۸۰۰۰ ریال هزینه کارکرد سالانه یخچال

$C_{هزینه انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه}$ = C هزینه انرژی حرارتی + C هزینه انرژی برودتی

C= ۸۵۸۰۰۰۰۰ + ۱۹۰۰۸۰۰۰ = ۱۰۴۸۰۸۰۰۰ ریال کل هزینه انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه در سال

۳- هزینه انرژی حرارتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه (بعد از هدفمندسازی یارانه)

میزان گاز مصرفی و بهای معادل آن برای تأمین انرژی حرارتی موردنیاز جهت پاستوریزاسیون ۸۰ تن شیر در شبانه‌روز و در طول سال در زیر ارائه شده است. (قیمت هر مترمکعب گاز = ۷۰۰ ریال)

C= $C_{قیمت یک مترمکعب گاز}$ ×(میزان گاز مصرفی برای تولید بخار آب) هزینه انرژی حرارتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه

C=ریال۷۰۰ ×۲۵مترمکعب گاز مصرفی=۱۷۵۰۰ ریال هزینه انرژی حرارتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه ۱ تن شیر

C=ریال۷۰۰ ×۲۰۰۰مترمکعب گاز مصرفی=۱۴۰۰۰۰۰ ریال هزینه انرژی حرارتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه ۸۰ تن در شبانه‌روز

www.SID.ir

Archive of SID

ریال هزینه انرژی حرارتی ۲۶۴۰۰ تن شیر در سال ۴۶۲۰۰۰۰۰۰ =۶۶۰۰۰۰مترمکعب گاز مصرفی×ریال ۷۰۰=C

۴- هزینه انرژی برودتی پاستوریزاسیون معمول کارخانه (بعد از هدفمندسازی یارانه)

میزان برق مصرفی و بهای معادل آن برای تأمین انرژی برودتی موردنیاز جهت پاستوریزاسیون ۸۰ تن شیر در شبانه‌روز و در طول سال در زیر ارائه شده است. (قیمت هر کیلووات ساعت برق = ۴۰۰ ریال)

میزان انرژی الکتریکی ورودی برای تولید آب یخ (kwh) × قیمت یک کیلووات ساعت انرژی الکتریکی $C=C$

ریال هزینه کارکرد ۱ ساعت یخچال ۱۲۰۰۰ = $_{kwh}$۳۰×۴۰۰ریال $C=$

ریال هزینه کارکرد شبانه‌روز یخچال ۱۴۴۰۰۰ =۱۲ساعت کارکرد یخچال در شبانه‌روز × $_{kwh}$۳۰×۴۰۰ریال $C=$

ریال هزینه کارکرد سالانه یخچال ۴۷۵۲۰۰۰۰ =۳۹۶۰ساعت کارکرد یخچال در سال × $_{kwh}$۳۰×۴۰۰ریال $C=$

هزینه انرژی برودتی C +هزینه انرژی حرارتی C =هزینه انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه C

ریال کل هزینه انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه در سال ۵۰۹۵۲۰۰۰۰ =۴۷۵۲۰۰۰۰+۴۶۲۰۰۰۰۰۰=C

هزینه انرژی حرارتی و برودتی پاستوریزاسیون به روش القائی (قبل و بعد از هدفمندسازی یارانه‌ها)

شیر در روش القائی توسط حرارت القائی حاصل از امواج الکترومغناطیس پاستوریزه می‌شود.

الف- در روش پاستوریزاسیون القائی فقط از انرژی الکتریکی استفاده می‌شود

تغییرات دمایی که در طول پاستوریزاسیون به روش القائی به وجود می‌آید طبق جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲- تغییرات دمایی و صرف انرژی در روش القائی

فرآیند	اختلاف دما	تبدیل دمایی
افزایش دمای شیر توسط امواج الکترومغناطیس	+°۲۴ C	C °۸۴C →°۶۰
خنک کاری شیر توسط آب یخ	-°۲۹C	°۳۵ C →°۶C

میزان انرژی حرارتی و برودتی (ورودی و مصرفی) در روش پاستوریزاسیون القائی برای پروسه آماده‌سازی شیر جهت خط تولید شیر پاستوریزه در تیمار منتخب(۳α*۳ß*£۳*γ۲) با احتساب ۳۳۰ روز کاری در زیر ارائه شده است.

۱ - ۳α*۳ß*£۳*γ۲ : αi = قطر سطح اتکا، i = (۱۲=۲α=۱۷ ، ۱α و ۳α=۲۳ سانتیمتر قطر)، ßj = الکترومغناطیس ، j = (۳۵۰= ، ۱ß ۲ß=۱۰۰۰ و ۳ß=۱۶۰۰ وات)، £k= دما، k = (۷۲= ۱£ ، ۷۵= ۲£ و ۸۴=

۳£ سانتی‌گراد)، γl= زمان، l = (۱۵= ۱γ ، ۲۰= ۲γ و ۳۰= ۳γ ثانیه)، شیر پاستوریزه شده در دستگاه مولد جریان القائی با شدت انتقال الکتریسیته ۱۶۰۰ وات با زمان نگهداری ۳۰ ثانیه، دمای ۸۴ درجه سانتی‌گراد و قطر سطح اتکا یا سطح انتقال حرارتی ۲۳ سانتیمتر

www.SID.ir

Archive of SID

۱- انرژی ورودی حرارتی پاستوریزاسیون القائی

$E_{(\text{انرژی ورودی القائی (حرارتی)})} = W = p_{(\text{توان ورودی دستگاه القائی})} \times t_{(\text{زمان پاستوریزاسیون به روش القائی})}$

تکرار اول تیمار مورد آزمون:

$E_{(\text{انرژی ورودی القائی (حرارتی)})} = W = p \times t$

$W = ۱۶۰۰ \times ۱/۰۴ \times ۹۹۸۴۰ = ۶۰ J \quad W = ۹۹۸۴۰ \times ۲ \times ۱۰۰۰ \div ۱۰^{۹} = ۰/۱۹۹ \text{ Gj/ton}$

$E_{(\text{انرژی ورودی القائی (حرارتی)})} = \text{در شبانه‌روز } ۰/۱۹۹ \times \text{تن}۸۰ = ۱۵/۹۲ \text{Gj/ton}$

$E_{(\text{انرژی ورودی القائی (حرارتی)})} = \text{در سال } ۰/۱۹۹ \times \text{تن}۲۶۴۰۰ = ۵۲۵۳/۶ \text{ Gj/ton}$

تکرار دوم تیمار مورد آزمون:

$E_{(\text{انرژی ورودی القائی (حرارتی)})} = W = p \times t$

$W = ۱۶۰۰ \times ۰/۹۷ \times ۹۳۱۲۰ = ۶۰ J \quad W = ۹۳۱۲۰ \times ۲ \times ۱۰۰۰ \div ۱۰^{۹} = ۰/۱۸۶ \text{ Gj/ton}$

$E_{(\text{انرژی ورودی القائی (حرارتی)})} = \text{در شبانه‌روز } ۰/۱۸۶ \times \text{تن}۸۰ = ۱۴/۸۸ \text{Gj/ton}$

$E_{(\text{انرژی ورودی القائی (حرارتی)})} = \text{در سال } ۰/۱۸۶ \times \text{تن}۲۶۴۰۰ = ۴۹۱۰/۴ \text{Gj/ton}$

تکرار سوم تیمار مورد آزمون:

$E_{(\text{انرژی ورودی القائی (حرارتی)})} = W = p \times t$

$W = ۱۶۰۰ \times ۲/۷۵ \times ۲۶۴۰۰۰ = ۶۰ J \quad W = ۲۶۴۰۰۰ \times ۲ \times ۱۰۰۰ \div ۱۰^{۹} = ۰/۵۲۸ \text{ GJ/ton}$

$E_{(\text{انرژی ورودی القائی (حرارتی)})} = \text{در شبانه‌روز } ۰/۵۲۸ \times \text{تن } ۸۰ = ۴۲/۲۴ \text{Gj/ton}$

$E_{(\text{انرژی ورودی القائی (حرارتی)})} = \text{در سال } ۰/۵۲۸ \times \text{تن } ۲۶۴۰۰ = ۱۳۹۳۹/۲ \text{Gj/ton}$

۲- انرژی مصرفی حرارتی پاستوریزاسیون القائی

در این روش مرحله تولید بخار آب حذف گردیده است.

$E_{(\text{انرژی مصرفی افزایش دمای شیر (حرارتی)})} = Q = mc\Delta\theta, \; Q = ۰/۵ \times ۴۲۰۰ \times (۸۴ - ۶۰) = ۵۰۴۰۰ \text{ J}$

$Q = ۵۰۴۰۰ \times ۲ \times ۱۰۰۰ \div ۱۰^{۹} = ۰/۱ \text{ Gj/ton}$ حرارتی

$Q = ۰/۱ \times ۸۰ = ۸ \text{ Gj/ton}$ در شبانه‌روز

$Q = ۰/۱ \times ۲۶۴۰۰ = ۲۶۴۰ \text{Gj/ton}$ در سال

۳- انرژی ورودی برودتی پاستوریزاسیون القائی

$E_{(\text{انرژی ورودی یخچال (برودتی)})} = p_{(\text{توان ورودی یخچال (ایجاد آب یخ)})} \times t_{(\text{زمان تبادل حرارتی آب با یخچال})}$

$E_{(\text{انرژی ورودی یخچال (برودتی)})} = \text{وات}۱۳۰۰ \times \text{دقیقه}۰/۹ \times ۶۰ = ۷۰۲۰۰$

$E_{(\text{انرژی ورودی یخچال (برودتی)})} = ۷۲۰۰۰ \times ۲ \times ۱۰۰۰ \div ۱۰^{۹} = ۰/۱۴۰ \text{ Gj/ton}$

$E_{(\text{انرژی ورودی یخچال (برودتی)})} = \text{در شبانه‌روز } ۰/۱۴۰ \times ۸۰ = ۱۱/۲ \text{Gj/ton}$

$E_{(\text{انرژی ورودی یخچال (برودتی)})} = \text{در سال } ۰/۱۴۰ \times ۲۶۴۰۰ = ۳۶۹۶/۱ \text{Gj/ton}$

۴- انرژی مصرفی برودتی پاستوریزاسیون القائی

$E_{(\text{انرژی مصرفی افزایش دمای شیر (حرارتی)})} = Q = mc\Delta\theta$

$Q = ۰/۵ \text{ Lit} \times ۴۲۰۰ \times (۶ - ۳۵) = ۶۰۹۰۰ \text{ J}$

$Q = ۵۰۴۰۰ \times ۲ \times ۱۰۰۰ \div ۱۰^{۹} = ۰/۱۲ \text{ Gj/ton}$

$Q = ۰/۱۲ \times ۸۰ = ۹/۶ \text{ Gj/ton}$ در شبانه‌روز

www.SID.ir

Archive of SID

Q= ۰/۱۲×۲۶۴۰۰= ۳۱۶۸ Gj/ton در سال

۵- راندمان انرژی پاستوریزاسیون القائی

راندمان انرژی القائی $\int$ = E کل مصرفی حرارتی / E کل ورودی حرارتی + E کل مصرفی برودتی / E کل ورودی ×۱۰۰ = راندمان انرژی القائی $\int$ کل مصرفی برودتی ×۱۰۰

تکرار اول تیمار مورد آزمون:

راندمان انرژی القائی $\int$ =۰/۱ + ۰/۱۲ / ۰/۰+۱۴۰/۱۹۹×۱۰۰ = ۶۵٪

تکرار دوم تیمار مورد آزمون:

راندمان انرژی القائی $\int$ =۰/۱ + ۰/۱۲ / ۰/۰+۱۴۰/۱۸۶×۱۰۰ = ۶۸٪

تکرار سوم تیمار مورد آزمون:

راندمان انرژی القائی $\int$ =۰/۱ + ۰/۱۲ / ۰/۰+۱۴۰/۲۶۲×۱۰۰ = ۵۴٪

۶- تلفات انرژی پاستوریزاسیون القائی

تکرار اول تیمار مورد آزمون:

تلفات انرژی القائی = ۶۵٪ -۱۰۰٪ = ۳۵٪

تکرار دوم تیمار مورد آزمون:

تلفات انرژی القائی = ۶۸٪ -۱۰۰٪ = ۳۲٪

تکرار سوم تیمار مورد آزمون:

تلفات انرژی القائی = ۵۴٪ -۱۰۰٪ = ۴۶٪

۷- هزینه انرژی حرارتی و برودتی پاستوریزاسیون القائی (قبل و بعد از هدفمندسازی یارانه)

۱-۷- هزینه انرژی حرارتی پاستوریزاسیون القائی (قبل از هدفمندسازی یارانه)

میزان برق مصرفی و بهای معادل آن برای تأمین انرژی حرارتی موردنیاز جهت پاستوریزاسیون ۸۰ تن شیر در شبانه‌روز و در طول سال در زیر ارائه شده است. (قیمت هر کیلووات ساعت برق مصرفی = ۱۶۰ ریال)

هزینه انرژی حرارتی القائی C = قیمت یک کیلووات ساعت برق C × میزان انرژی الکتریکی ورودی القائی (kwh)

هزینه کارکرد ۱ ساعت دستگاه القائی ریال C =۱۶۰×۲۵$_{kwh}$ ریال = ۴۰۰۰

هزینه کارکرد شبانه‌روز دستگاه القائی ریال C =۱۶۰×۲۵$_{kwh}$ ریال ×ساعت کارکرد دستگاه القائی در شبانه‌روز ۱۲= ۴۸۰۰۰

هزینه کارکرد سالانه یخچال ریال C =۱۶۰×۲۵$_{kwh}$ ریال ×ساعت کارکرد دستگاه القائی در سال ۳۹۶۰= ۱۵۸۴۰۰۰۰

۲-۷- هزینه انرژی برودتی پاستوریزاسیون القائی (قبل از هدفمندسازی یارانه)

میزان برق مصرفی و بهای معادل آن برای تأمین انرژی برودتی موردنیاز جهت پاستوریزاسیون ۸۰ تن شیر در شبانه‌روز و در طول سال در زیر ارائه شده است. (قیمت هر کیلووات ساعت برق مصرفی = ۱۶۰ ریال).

میزان انرژی الکتریکی ورودی برای تولید آب یخ (kwh) × قیمت یک کیلووات ساعت انرژی الکتریکی C=C

هزینه کارکرد ۱ ساعت یخچال ریال C =۱۶۰×۳۰$_{kwh}$ ریال = ۴۸۰۰

هزینه کارکرد شبانه‌روز یخچال ریال C =۱۶۰×۳۰$_{kwh}$ ریال ×ساعت کارکرد یخچال در شبانه‌روز ۱۲= ۵۷۶۰۰

هزینه کارکرد سالانه یخچال ریال C =۱۶۰×۳۰$_{kwh}$ ریال ×ساعت کارکرد یخچال در سال ۳۹۶۰= ۱۹۰۰۸۰۰۰

هزینه انرژی پاستوریزاسیون القائی C =هزینه انرژی حرارتی C +هزینه انرژی برودتی C

www.SID.ir

Archive of SID

ریال کل هزینه انرژی پاستوریزاسیون القائی در سال ۳۴۸۴۸۰۰۰ =۱۹۰۰۸۰۰۰+۱۵۸۴۰۰۰۰=C

۳-۷- هزینه انرژی حرارتی پاستوریزاسیون القائی (بعد از هدفمندسازی یارانه)

میزان برق مصرفی و بهای معادل آن برای تأمین انرژی حرارتی موردنیاز جهت پاستوریزاسیون ۸۰ تن شیر در شبانه‌روز و در طول سال در زیر ارائه شده است. (قیمت هر کیلووات ساعت برق مصرفی = ۴۰۰ ریال)

C هزینه انرژی حرارتی القائی = C قیمت یک کیلووات ساعت برق × (kwh) میزان انرژی الکتریکی ورودی القائی

$C=$ریال ۴۰۰×۲۵kwh =۱۰۰۰۰ هزینه کارکرد ۱ ساعت دستگاه القائی ریال

$C=$ریال ۴۰۰×۲۵kwh × ساعت کارکرد دستگاه القائی در شبانه‌روز =۱۲۰۰۰۰ ریال هزینه کارکرد شبانه‌روز دستگاه القائی ۱۲=

$C=$ریال ۴۰۰×۲۵kwh × ساعت کارکرد دستگاه القائی در سال ۳۹۶۰=۳۹۶۰۰۰۰۰ ریال هزینه کارکرد سالانه یخچال

۴-۷- هزینه انرژی برودتی پاستوریزاسیون القائی (بعد از هدفمندسازی یارانه)

میزان برق مصرفی و بهای معادل آن برای تأمین انرژی برودتی موردنیاز جهت پاستوریزاسیون ۸۰ تن شیر در شبانه‌روز و در طول سال در زیر ارائه شده است. (قیمت هر کیلووات ساعت برق = ۴۰۰ ریال)

$C=C$ قیمت یک کیلووات ساعت انرژی الکتریکی × (kwh) میزان انرژی الکتریکی ورودی برای تولید آب یخ

$C=$ریال ۴۰۰×۳۰kwh =۱۲۰۰۰ هزینه کارکرد ۱ ساعت یخچال ریال

$C=$ریال ۴۰۰×۳۰kwh × ۱۲=۱۴۴۰۰۰ ساعت کارکرد یخچال در شبانه‌روز هزینه کارکرد شبانه‌روز یخچال ریال

$C=$ریال ۴۰۰×۳۰kwh × ساعت کارکرد یخچال در سال ۳۹۶۰=۴۷۵۲۰۰۰۰ ریال هزینه کارکرد سالانه یخچال

C هزینه انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه= C هزینه انرژی حرارتی + C هزینه انرژی برودتی

$C=$ ۳۹۶۰۰۰۰۰ + ۴۷۵۲۰۰۰۰ =ریال ۸۷۱۲۰۰۰۰ کل هزینه انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه در سال

۸- مقایسه میزان انرژی، راندمان، تلفات و هزینه انرژی در پاستوریزاسیون القائی و معمول کارخانه (قبل از هدفمندسازی یارانه)

با توجه به جدول ۳ پاستوریزاسیون القائی نسبت به پاستوریزاسیون معمول کارخانه دارای راندمان انرژی بالاتر و تلفات انرژی کمتری می‌باشد (شکل ۲) و علل اصلی آن عبارت‌اند از:

الف- حذف مرحله بخار آب

ب- نوع انرژی مورد استفاده در روش القائی

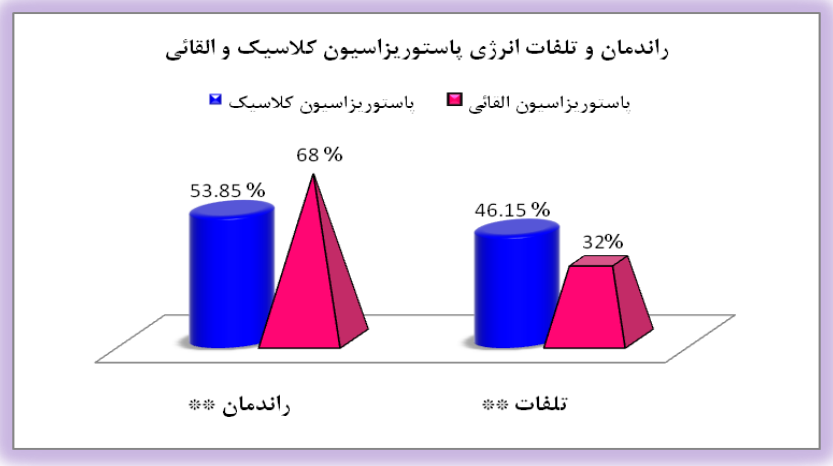
ج- کوتاه‌تر بودن زمان پاستوریزاسیون نسبت به روش معمول کارخانه

جدول ۳- برآورد انرژی ورودی، مصرفی، راندمان و تلفات انرژی در دو روش پاستوریزاسیون معمول کارخانه و القائی

	تبدیل دمایی	میزان انرژی ورودی برای هر تن شیر در سال بر حسب گیگا ژول بر تن	میزان انرژی مصرفی برای تن شیر در سال برحسب گیگا ژول بر تن	راندمان ٪	تلفات ٪
پاستوریزاسیون معمول کارخانه	°۶۰ C →°۸۴C	۲۶۴۰۰	۱۳۰۴۱	**	**
	°۳۵ C →°۶C	۳۶۹۶	۳۱۶۸	۵۳/۸۵[a]	۴۶/۱۵[a]
پاستوریزاسیون القائی	°۶۰ C →°۸۴C	۴۹۱۰/۴	۲۶۴۰	۶۸[b]	۳۲[b]
۲ * γ۲ *£۲ß*۲α	°۳۵ C →°۶C	۳۶۹۶	۳۱۶۸		

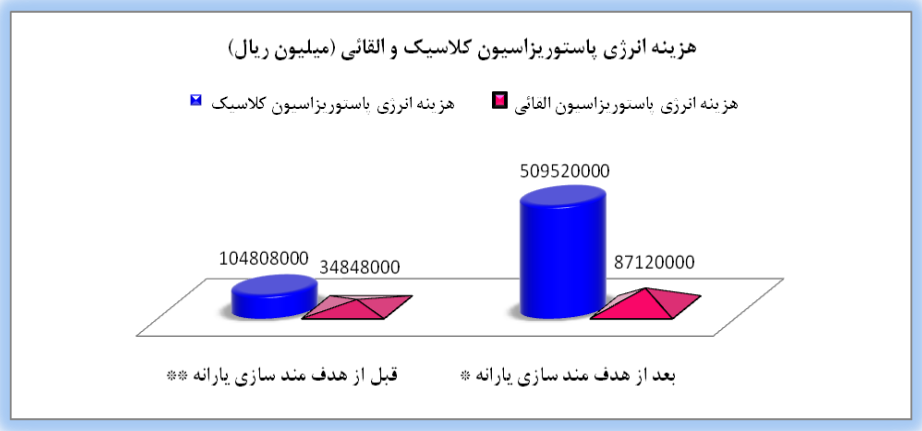
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ - راندمان و تلفات انرژی پاستوریزاسیون کلاسیک و القائی

با توجه به نتایج جداول ۴ و ۵، هزینه انرژی پاستوریزاسیون القائی نسبت به پاستوریزاسیون معمول کارخانه بسیار پائین تر (قبل و بعد از هدفمندی یارانه) بود و علت اصلی آن حذف بخش‌هایی از تلفات انرژی و نوع انرژی مورد استفاده در روش القائی بود (شکل ۳).



شکل ۳ - هزینه انرژی پاستوریزاسیون کلاسیک و القائی (قبل و بعد از هدفمندسازی یارانه)

جدول ۴- برآورد هزینه انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه و القائی (قبل از هدفمندسازی یارانه)

پاستوریزاسیون معمول کارخانه	میزان گاز مصرفی (انرژی حرارتی برای ۸۰ تن شیر در سال) (m^3)	هزینه انرژی حرارتی در سال (ریال)	میزان برق مصرفی (انرژی برودتی برای ۸۰ تن شیر در سال) (kwh)	هزینه انرژی برودتی در سال (ریال)
	۶۶۰۰۰۰	۸۵۸۰۰۰۰۰	۱۱۸۸۰۰	۱۹۰۰۸۰۰۰
پاستوریزاسیون القائی ۲ * γ۳ *£۴ß*۳α	میزان برق مصرفی (انرژی حرارتی برای ۸۰ تن شیر در سال) (kwh)	هزینه انرژی حرارتی در سال (ریال)	میزان برق مصرفی (انرژی برودتی برای ۸۰ تن شیر در سال) (kwh)	هزینه انرژی برودتی در سال (ریال)
	۹۹۰۰۰	۱۵۸۴۰۰۰۰	۱۱۸۸۰۰	۱۹۰۰۸۰۰۰
جمع هزینه انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه				**
جمع هزینه انرژی پاستوریزاسیون القائی				۱۰۴۸۰۸۰۰۰ b

www.SID.ir

Archive of SID

میزان کاهش هزینه ریالی موردنیاز در طول سال بین دو روش معمـول کارخانـه و القـائی (قبـل از هدفمندسـازی یارانه) در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۵- برآورد هزینه انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه و القائی (بعد از هدفمندسازی یارانه)

پاستوریزاسیون معمول کارخانه	میزان گاز مصرفی (انرژی حرارتی برای ۸۰ تن شیر در سال) (m^3)	هزینه انرژی حرارتی در سال (ریال)	میزان برق مصرفی (انرژی برودتی برای ۸۰ تن شیر در سال) (kwh)	هزینه انرژی برودتی در سال (ریال)
	۶۶۰۰۰۰	۴۶۲۰۰۰۰۰۰	۱۱۸۸۰۰	۴۷۵۲۰۰۰۰
پاستوریزاسیون القائی $\alpha_{۲}\beta_{۳}\pounds_{۳}*\gamma_{۳}*_{۲}$	میزان برق مصرفی (انرژی حرارتی برای ۸۰ تن شیر در سال) (kwh)	هزینه انرژی حرارتی در سال (ریال)	میزان برق مصرفی (انرژی برودتی برای ۸۰ تن شیر در سال) (kwh)	هزینه انرژی برودتی در سال (ریال)
	۹۹۰۰۰	۳۹۶۰۰۰۰۰	۱۱۸۸۰۰	۴۷۵۲۰۰۰۰
جمع هزینه انرژی پاستوریزاسیون معمول کارخانه				۵۰۹۵۲۰۰۰۰[b] *
جمع هزینه انرژی پاستوریزاسیون القائی				۸۷۱۲۰۰۰۰[a]

جدول۶ – میزان و درصد کاهش هزینه ریالی در طول سال بین دو روش معمول کارخانه و القائی (قبل از هدفمندسازی یارانه)

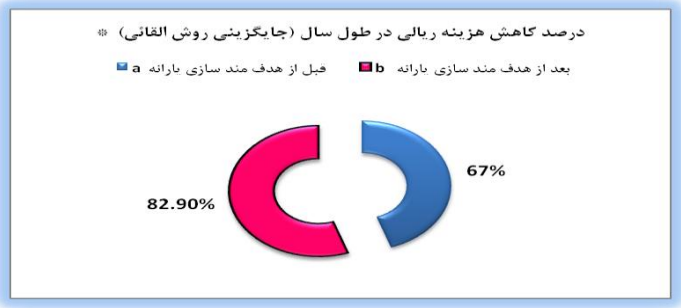
معمول کارخانه	میزان هزینه ریالی در طول سال القائی $\alpha_{۲}\beta_{۳}\pounds_{۳}*\gamma_{۲}*_{۲}$	میزان کاهش در طول سال	درصد کاهش
۱۰۴۸۰۸۰۰۰ ریال	۳۴۸۴۸۰۰۰ ریال	۶۹۹۶۰۰۰۰ ریال	۶۷٪

میزان کاهش هزینه ریالی موردنیاز در طول سال بین دو روش معمول کارخانه و القائی (بعـد از هدفمندسـازی یارانـه) در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷- میزان و درصد هزینه ریالی در طول سال برای دو روش معمول کارخانه و القائی (بعد از هدفمندسازی یارانه)

نمونه معمول کارخانه	میزان هزینه ریالی در طول سال نمونه القائی $\alpha_{۲}\beta_{۳}\pounds_{۳}*\gamma_{۲}*_{۲}$	میزان کاهش هزینه در طول سال	درصد کاهش هزینه
۵۰۹۵۲۰۰۰۰ ریال	۸۷۱۲۰۰۰۰ ریال	۴۲۲۴۰۰۰۰۰ ریال	۸۲٪/۹

با توجه به نتایج جـداول ۶ و ۷، کـاهش هزینـه ریـالی در روش القائی (قبل و بعد از هدفمندسازی) مشاهده گردیـد، که این نتایج نشان دهنده به‌صرفه‌تر و اقتصادی‌تر بـودن روش القائی نسـبت بـه روش معمـول کارخانـه می‌باشـد (شکل۴).



شکل ۴- درصد کاهش هزینه ریالی در طول سال (جایگزینی روش القائی)

www.SID.ir

Archive of SID

۹- ارزش فعلی هزینه‌های انرژی[1] (NPV)

۹-۱- ارزش فعلی هزینه‌های انرژی پاستوریزاسیون به روش معمول کارخانه

$NPV= C_0 + C_1/(1+r) + C_2/(1+r)^2 + \cdots + C_n/(1+r)^n$

C= هزینه سالیانه, r= نرخ بهره بانکی (نرخ بازگشت سرمایه)

NPV معمول کارخانه= ۸۱۷۷۴۰۰۰ + ۶۵۲۶۱۷۷/۷ + ۴۹۱۴۲۳/۸۶ + ۳۹۵۹۲/۵ + ۳۱۵۵ + ۱۱۳۶/۳ = ارزش ۸۸۸۳۵۴۸۵۹-۲/۴

فعلی هزینه‌های انرژی پاستوریزاسیون به روش القائی (شکل ۵)

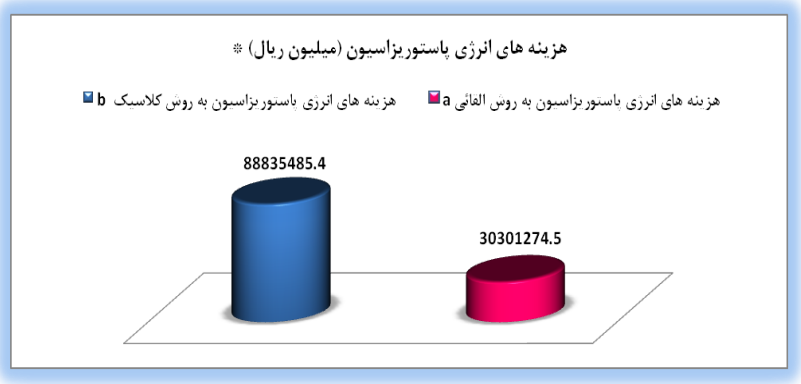
$NPV= C_0 + C_1/(1+r) + C_2/(1+r)^2 + \cdots + C_n/(1+r)^n$

C= هزینه سالیانه, r = نرخ بهره بانکی (نرخ بازگشت سرمایه)

NPV القائی= ۲۸۰۱۴۰۰۰ + ۲۱۰۵۴۰۰ + ۱۶۷۳۰۸/۶ + ۱۳۳۲۲/۶ + ۱۰۴۹ + ۱۹۴/۳ = ۳۰۳۰۱۲۷۴/۵

NPV معمول کارخانه > NPV القائی

۸۸۸۳۵۴۸۵/۴ معمول کارخانه> القایی ۳۰۳۰۱۲۷۴/۵



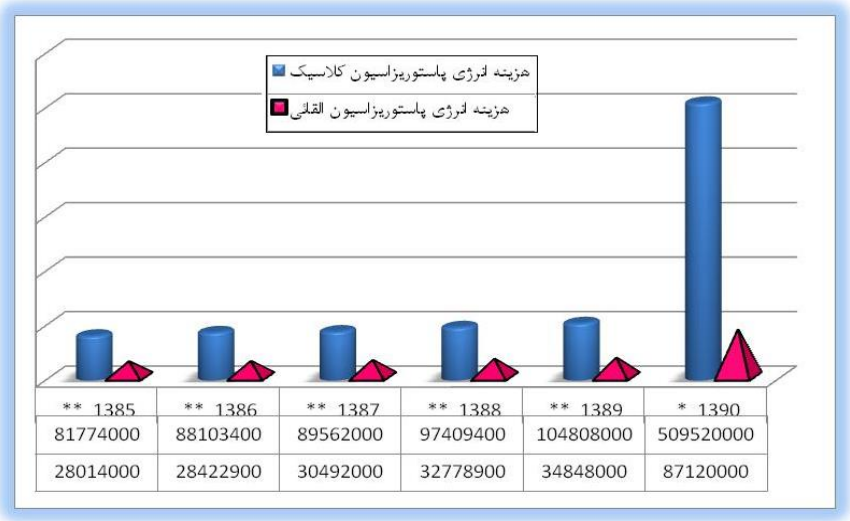
شکل ۵- مقایسه هزینه‌های انرژی پاستوریزاسیون

[1]Net Present Value

www.SID.ir

Archive of SID

هزینه‌های پاستوریزاسیون القائی کمتر از روش معمول کارخانه بوده و از این نظر روش القائی در ارجحیت می‌باشد. ضمناً مقایسه هزینه‌های انرژی ۵ سال گذشته ۲ روش پاستوریزاسیون در زیر آمده است (شکل ۶).



** 1385	** 1386	** 1387	** 1388	** 1389	* 1390
81774000	88103400	89562000	97409400	104808000	509520000
28014000	28422900	30492000	32778900	34848000	87120000

شکل ۶- مقایسه هزینه‌های انرژی ۵ سال گذشته ۲ روش پاستوریزاسیون

در نمودار شماره ۶، مقایسه هزینه‌های انرژی در طی ۵ سال بین سال‌های ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۸۹ نشان داد که هزینه انرژی پاستوریزاسیون کلاسیک به تدریج افزایش یافته است ولی با هدفمندی یارانه‌ها که با آزاد شدن نرخ سوخت همراه شده است، هزینه انرژی کارخانه لبنیات به شدت افزایش یافته است، ولی این افزایش در روش القایی پاستوریزاسیون در سال ۱۳۹۰ با محاسبه قیمت برق با مصرف کم روش القایی، با افزایش قیمت شدید همراه نمی‌باشد.

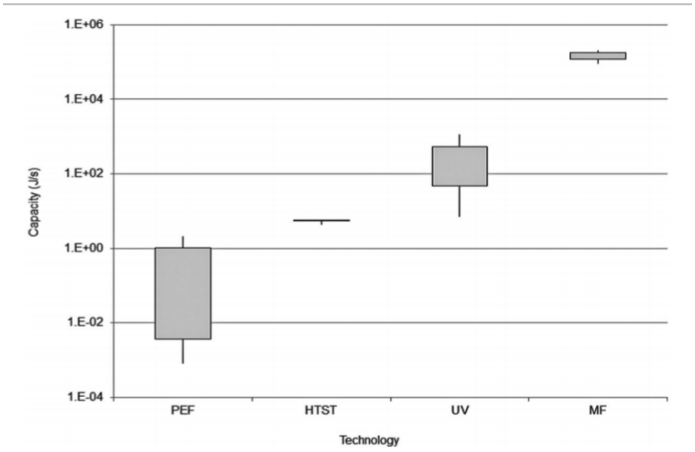
جایگزینی تکنولوژی‌های دیگر نیز با روش‌های حرارتی معمول، توسط دانشمندانی نظیر گونزالس و همکاران در سال ۲۰۱۵ برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، مورد بررسی قرار گرفت که مؤثر بودن انواعی از روش‌ها را در صرفه‌جویی انرژی به اثبات رسانده است. این محقق روش‌های فرایند فشار بالا[۱] فیلتراسیون غشایی[۲] روش پالس الکتریکی -[۳]و روش تابش اشعه ماوراءبنفش[۴]را با روش حرارتی دمای بالا در زمان کم[۵]از نظر میزان مصرف انرژی برای فرآوری آب سیب، در شکل ۷ مقایسه کرده است. به این منظور ایشان روش‌های اعمال انرژی را در سه سطح مقداری به کار بردند و میزان انهدام اشرشیا کولی را در آب سیب فرآیند شده بررسی نمودند. نتیجه مقایسه به‌کارگیری انرژی‌های مختلف در شکل زیر مشاهده می‌شود.

۱- High-pressure processing
۲- Membrane filtration
۳- Pulsed electric fields
۴ Ultraviolet radiation

۵- HTST

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- مقایسه روش‌های فرایند[1] فشار بالا، فیلتراسیون غشایی (MF)، روش پالس الکتریکی (PEF) و روش تابش اشعه ماوراءبنفش (UV) با روش حرارتی دمای بالا در زمان کم (HTST)، از نظر میزان مصرف انرژی برای فرآوری آب سیب (گونزالس و همکاران ۲۰۱۵).

[1] - HPP, high-pressure processing; MF: microfiltration; PEF: pulsed electric fields; UF, ultrafiltration; UV, ultraviolet light.

گونزالس و همکاران (۲۰۱۵) نتیجه گرفتند که مصرف انرژی در روش‌های فیلتراسیون غشایی و تشعشع ماوراءبنفش از سه روش دیگر کمتر بوده است و کارایی میزان مصرف انرژی در هر نوع نیز بستگی به تکنولوژی به‌کاررفته در آن داشته و قابل بهبود است. روش فرایند فشار بالا در این شکل به دلیل تفاوت ماهیتی با انرژی-های دیگر (انرژی ساکن) حذف شده است. مصرف انرژی در سیستم غیر مداوم فرآوری شیر و فرآورده‌ها، توسط پرابهاکار و همکارانش در سال ۲۰۱۵، بررسی شد. این محققین با محاسبه انرژی در فرایندهای مختلف کارخانه به این نتیجه رسیدند که تکنولوژی‌های غیر مداوم و همچنین ماشین‌آلات قدیمی قادر به حفظ مناسب انرژی نیستند و بایستی به دستگاه‌های فرآوری جدیدتری، ارتقاء یابند.

با اینکه در ارزیابی انرژی القایی با انرژی روش‌های کلاسیک به طور مقایسه‌ای تا به حال گزارشی دیده نشده است. در این پژوهش این نتیجه حاصل شد که روش جدید القایی جهت پاستوریزاسیون شیر از نظر مصرف انرژی باصرفه‌تر از روش کلاسیک مداوم دمای بالا و زمان کوتاه بوده است

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، شیر پاستوریزه شده در دستگاه مولد جریان القائی با شدت انتقال الکتریسیته ۱۶۰۰ وات با زمان نگهداری ۳۰ ثانیه، دمای ۸۴ درجه سانتی‌گراد و قطر سطح اتکای حرارتی ۲۳ سانتیمتر (بهترین شرایط نمونه منتخب از پروژه تحقیقی نویسنده)، از نظر مصرف انرژی با شیر پاستوریزه شده به روش معمول در شرایط مشابه و هزینه‌های مربوطه قبل و بعد از طرح هدفمندی یارانه‌ها مقایسه شد و نتایج حاصل نشان داد که تلفات انرژی در دو روش پاستوریزاسیون معمول کارخانه و القائی به ترتیب ۴۶/۱۵ درصد و ۳۲ درصد بود- و درصد کاهش هزینه ریالی انرژی با استفاده از روش القائی نسبت به روش پاستوریزاسیون معمول کارخانه در طول سال، قبل و بعد از هدفمندی یارانه‌ها به ترتیب ۶۷٪ و ۸۲/۹٪ می‌باشد. که از نظر میزان مصرف انرژی و هزینه‌های مربوطه، روش القائی در مقایسه با روش معمول کارخانه ارجحیت دارد و با توجه به گران‌تر شدن هزینه‌های گاز، برق به عنوان جایگزین برای روش معمول کارخانه پیشنهاد می‌شود. ضمناً نتایج محاسبه هزینه انرژی‌های مصرفی بعد از هدفمندی یارانه‌ها نسبت به قبل از هدفمندی، به شدت بالا رفته

www.SID.ir

Archive of SID

است. ولی این میزان در روش القایی، افـزایش چنـدانی را نشان نمی‌دهد.

منابع مورد استفاده

حق نظری س، عظیمی م ,درگاهی ج .۱۳۹۳. پاستوریزاسیون شیر به روش القایی و تأثیر آن بر کیفیت میکروبیولوژیکی شیر. پژوهش‌های صنایع غذایی (دانش کشاورزی)، دوره ۲۴، شماره ۴، از صفحه ۵۹۹ تا صفحه ۶۱۲.

دفتر بهینه‌سازی مصرف انرژی، ۱۳۸۹. راهنماهای فنی مدیریت انرژی. کنترل‌ها و صرفه‌جویی انرژی، جلد ۳. وزارت نیرو، معاونت انرژی وزارت نیرو.

فرهنگی ز، ۱۳۸۳. بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت شیر، سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا). ۹۴ صفحه.

Ardehali MM, Smith TF, 1997. Evaluation of HVAC system operational strategies for commercial buildings. Energy Conversion and Management 38, 3: 225–236.

Bokalders V, Kristoferson L, A, 1986. Renewable Energy Technologies, Their Application in Developing Countries. Pergamon Press, Oxford, U.K.

Duffie JA, Beckman, WA, 1980. Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley and Sons, London, U.K.

Farla J, Blok K, Schipper L, 1997. Energy, Efficiency developments in the pulp and paper industry: A cross-country comparison using physical production data. Energy Policy 25: 7–9, Pages 745–758.

Evans A, Strezov V, Evans T.J, 2009. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, Issue 5, Pages 1082–1088.

Gonzalez O.R, Buckow R, Koutchma T, Balasubramania V.M, 2015. Energy Requirements for Alternative Food Processing Technologies. Principles, Assumptions, and Evaluation of Efficiency. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Volume 14: 5. 536–554.

Hagh Nazari S, 2014. Impact of using infrared irradiation energy in food processing. Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research. 32, 2: 1387-1396.

Hunt V D, 1981. Wind Power. Van Nostrand, New York, U.S.A.

Sudhir K. Sastry, Barach T. 2000. Ohmic and Inductive Heating. Journal of Food Sceince 65, No. 4.

www.SID.ir

Archive of SID

Comparison of energy consumption by Induction heating and usual factory methods for milk pasteurization before and after targeted subsidies

S Hagh Nazari[1*], S Moradi[2], M Memarian[3], M P Eskandari Nasab[4]

Received: January 2, 2018 Accepted: April 25, 2018

[1]Assistant Professor, Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[2]MSc Student, Animal Science Department, Agriculture Faculty, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[3]Assistant Professor, Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[4]Associate Professor, Animal Science Department, Agriculture Faculty, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Abstract

The Conventional heat pasteurization systems, due to the slowness of heat transfer to the milk, are associated with energy losses. Sometimes by increasing the temperature for the adequate pasteurization of the highly contaminated milk, it is associated with formation of the milk stone; lack of adequate heat transfer to the milk would be inconsistent with the relevant standard of health characteristics. Also, with increasing the temperature of the pasteurization, the burnt layer of milk would be thicker together with the negative impact on flavor, color and nutritional value of milk and also addition of the toxic substances to the milk. The increase in temperature will follow the more energy consumption. The other side the increase in the temperature will follow the more energy consumption. While in the induction method, the resulting electromagnetic flow has no disadvantages of conventional pasteurization of milk due to the heat transfer rate.

In this study, the pasteurized milk by induction current in the device with 1600 watt of electricity transmission and 30 seconds storage time in 84 ° C and the diameter of the supporting surface of heat transfer: 23 cm (the best conditions of selected sample) was compared to the conventional method in a similar situation in terms of energy consumption and the costs were determined before and after targeted subsidies. The results showed that energy losses in both conventional and induced pasteurization methods were 46.15% and 32% respectively, and the percentage of saving energy consumption by using the induction method compared to the usual pasteurization method during the year before and after targeted subsidies, were 67% and 82.9% respectively. So, the energy consumption of induced pasteurization of milk is preferable to conventional method.

Keywords: Electromagnetic, Energy, Induction technology, Milk pasteurization

www.SID.ir