طراحی، ساخت و بررسی عملکرد سیستم حرارتی اهمیک ناپیوسته

محسن زندی [۱]، مهرداد نیاکوثری [۱و۲*]

۱- فارغ التحصیل گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۲- پژوهشکده نانوفناوری دانشگاه شیراز

(تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۹ تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۲۵)

چکیده

هدف کلی از این مطالعه طراحی، ساخت و بررسی عملکرد یک سیستم اهمیک می باشد. حرارت دهی اهمیک تکنیکی برای گرم کردن مستقیم مواد غذایی با استفاده از انرژی الکتریکی است. در این پژوهش ابتدا سیستم اهمیکی با محفظه تیمار استوانه ای شکل از جنس تفلون به قطر و طول۲۰۰ و ۹۴ میلی متر طراحی و ساخته شد. سپس مواد غذایی مورد آزمایش با اعمال ولتاژ ۱۵ ولت بر سانتی متر گرم گردید. در این تحقیق از سیستم های غذایی مختلفی شامل محلول نمک در غلظت های بین ۰/۲ تا ۰/۶ درصد (وزنی/ حجمی (یعنی نسبت وزن ماده حل شده به حجم آب))، محلول نشاسته با غلظتی بین ۲ تا ۵ درصد (وزنی/ حجمی) در حضور ۰/۵ درصد نمک و سیستم دو فاز حاوی ۵ درصد نشاسته، ۰/۵ درصد نمک و ۱ تا ۱۰ درصد روغن (وزنی/ حجمی) استفاده گردید. سرعت گرم شدن سیستم های غذایی مختلف از طریق ثبت دما در فاصله های زمانی معین بدست آمد و از آن برای مطالعه تاثیر غلظت نمک، نشاسته و روغن بر سرعت گرم کردن استفاده گردید. نتایج نشان داد که این میزان با افزایش غلظت نشاسته و نمک افزایش یافته (با R^2 بیشتر از ۹۹٪) در حالیکه افزایش در مقدار روغن، سرعت حرارت دهی را کاهش می دهد (با R^2 بیشتر از ۹۸٪).

کلید واژگان: سیستم حرارت دهی اهمیک، سرعت گرم شدن، حرارت دهی ژول، هدایت الکتریکی

* مسئول مکاتبات: niakosar@shirazu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۱- مقدمه

در گذشته غذا تنها به عنوان منبعی برای تامین انرژی محسوب می گردید اما امروزه مواد غذایی علاوه بر تامین انرژی باید از نظر کیفی نیز دارای خصوصیاتی نظیر عاری بودن از مواد ضد تغذیه ای، عدم افزودن مواد نگهدارنده، حفظ مواد تغذیه ای آن) در طی فرآیند تولید و فرآوری آنها (نظیر ویتامین ها، املاح و مواد معدنی باشد [۱]. حرارت دهی از روش های قدیمی و رایج در فرآوری مواد غذائی به حساب آمده که از طریق غیر فعال سازی میکروارگانیسم ها، آنزیم ها و مواد ضد تغذیه ائی سبب بالارفتن عمر انبارمانی، مقبولیت مصرف مواد غذائی و حتی در برخی موارد کیفیت مواد غذائی می گردد [۲]. کاهش ارزش تغذیه ائی ماده غذایی و حذف و تخریب بسیاری از ویتامین ها، مواد معدنی و املاح، مشکل عمده در هنگام اعمال حرارت می باشد. از اینرو امروزه تحقیقات مختلفی به منظور استفاده از شیوه های متفاوت حرارت دهی برای به حداقل رساندن اثرات نامطلوب حرارت صورت گرفته است [۴,۳]. فرآیند حرارت دهی اهمیک به عنوان یک روش حرارت دهی مواد غذایی بوده که در آن مواد غذایی با عبور جریان الکتریکی به عنوان یک مقاومت الکتریکی عمل نموده و گرم می گردند. با تبدیل انرژی الکتریکی به حرارت در این روش، یک حرارت دهی یکنواخت و سریع حاصل می شود. این فرآیند حرارتی با نام های حرارت دهی ژول، حرارت دهی مقاومت الکتریکی، حرارت دهی مقاومت الکتریکی مستقیم، حرارت دهی الکتریکی و یا حـــرارت دهی رسانایی الکتریکی نیز شناخته می شود [۵].

در روش های معمول حرارت دهی کیفیت محصول به علت سرعت پایین انتقال حرارت (چه بصورت هدایت و چه به صورت جابجایی) آسیب می بیند [۶]، اما در روش اهمیک حرارت به صورت گسترده و سریع منتقل گردیده و باعث حفظ کیفیت غذا می شود. (گاها امکان رسیدن به سرعت حرارت دهی معادل ۵۰ درجه سانتی گراد در دقیقه وجود دارد) در این تکنیک امکان حرارت دهی قطعات بزرگ مواد غذایی (بیشتر از ۱ اینچ) هم به راحتی فراهم می باشد. علاوه بر آن وسایل مورد نیاز برای تمیز کردن سیستم اهمیک کمتر از روش های معمول حرارت دهی بوده که علت این امر هم کاهش زمان حرارت دهی و نبود سطوح گرم در فرآیند اهمیک می باشد [۷و۸]. روش اهمیک برای مواد غذایی مایع حاوی قطعات جامد [۹] (نظیر سوپ ها، تاس کباب، تکه های میوه در شربت)، مواد غذایی پروتئین دار (که تمایل به دناتوراسیون و کواگولاسیون در طی حرارت دهی دارند نظیر تخم مرغ مایع که می تواند در عرض کسری از ثانیه بدون منعقد شدن حرارت ببیند) [۴-۶]،[۱۰-۱۲] و [۱۳]، آب میوه ها (به منظور غیر فعال سازی آنزیم ها بدون از دست دادن طعم) [۲] ،[۱۴] و [۱۵]، پوره ها [۱۶] و همچنین مواد غذایی ویسکوز (به علت سرعت پایین حرارت دهی در سیستم های حرارت دهی همرفتی (معمولی) در ویسکوزیته بالا) [۳]، [۱۷- ۱۹] مناسب می باشد.

همانطور که بیان گردید در روش حرارت دهی اهمیک ماده غذایی به عنوان محیط حد واسط برای عبور جریان الکتریسته عمل نموده و از اینرو سرعت گرم شدن آن به ترکیب و میزان مقاومت ماده غذایی و نیز میزان ولتاژ اعمالی در واحد سطح وابسته است. در این پژوهش سعی بر آن شد تا طراحی جدیدی از سیستم اهمیک (از نظر شکل محفظه تیمار، جنس الکترودها، فاصله الکترودها) ایجاد گردد تا بیشترین میزان اعمال ولتاژ و متعاقب آن بیشترین میزان اعمال حرارت دهی صورت پذیرد. همچنین سیستم اهمیک طراحی شده دارای قابلیت کنترل و ثبت دما، ولتاژ و آمپر به صورت آنلاین باشد. از سوی دیگر تلاش گردید تا با استفاده از سیستم های غذایی مختلف، تاثیر ترکیب غذایی (شامل نمک، نشاسته و روغن) بر سرعت حرارت دهی مورد بررسی قرار گیرد.

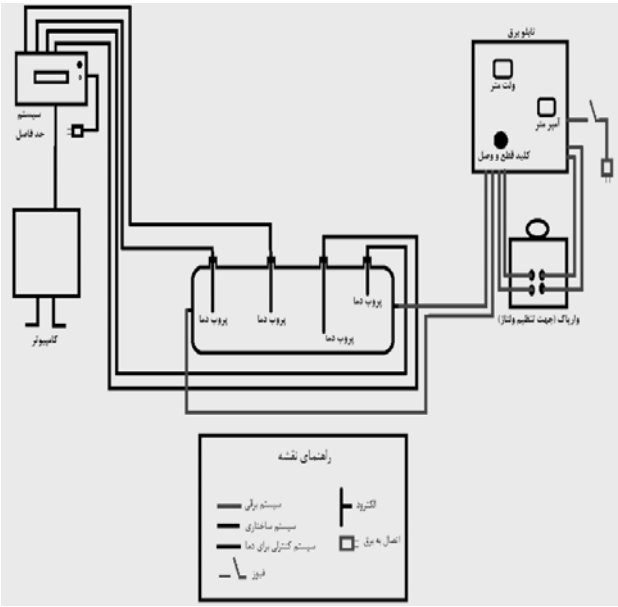
۲- مواد و روش ها

۱-۲- طراحی آزمایشگاهی سیستم اهمیک ساخته شده

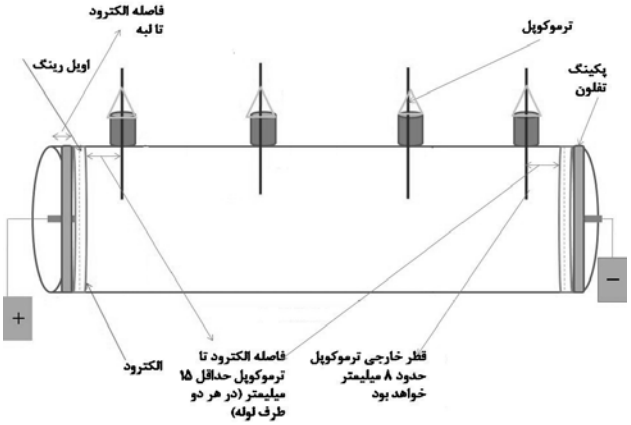
دیاگرامی از سیستم اهمیک طراحی شده در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. این سیستم از سه بخش سیستم تامین برق، محفظه تیمار و سیستم کنترلی تشکیل شده است. در سیستم برق به منظور تغییر در ولتاژ ورودی به دستگاه و بالطبع تغییر در سرعت حرارت دهی از یک واریاک ۵ کیلووات جریان متناوب با

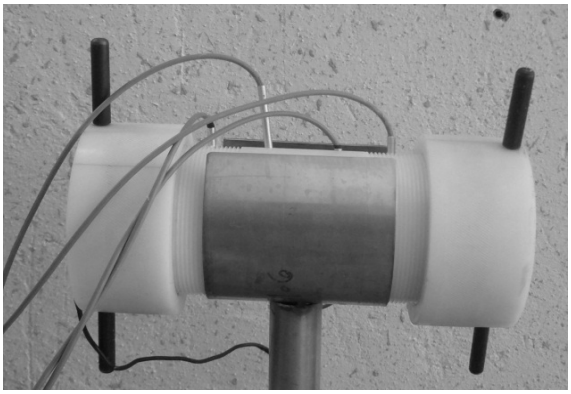
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

فرکانس ۵۰-۶۰ هرتز استفاده شده است. برای بالا بردن ایمنی سیستم قبل و بعد از واریاک فیوزهای ۱۰ آمپر نصب شده که این فیوزها همچنین مانع از وارد آمدن فشار به دستگاه می گردد و در صورتیکه آمپر مصرفی از حد مشخصی بگذرد به طور اتوماتیک جریان را قطع می نماید. در سیستم برق به منظور مسائل ایمنی از محافظ جان نیز استفاده شده است. محفظه تیمار به شکل استوانه و دارای طول و قطر داخلی ۲۰۰ و ۹۴ میلی متری (به ترتیب) است (شکل ۲) که این محفظه دارای درب استوانه ای قابل باز و بسته شدن می باشد. محفظه و درب آن کاملاً از تفلون ساخته شده اند که چهار سوراخ به قطر ۶ میلیمتر به منظور اندازه گیری دما و نصب شیر ایمنی (جلوگیری از بالا رفتن احتمالی فشار) در بدنه آن تعبیه شده است. محفظه دیگری که مجدداً با هدف مشاهده نحوه انجام فرآیند طراحی گردیده از جنس شیشه بوده و دارای قطر داخلی ۷۰ میلیمتری و طول ۳۰۰ میلیمتری می باشد.



شکل۱ طرح شماتیکی از سیستم اهمیک ناپیوسته طراحی شده





شکل۲ طرح شماتیک و تصویری از محفظه اهمیک طراحی شده

در دو انتهای محفظه تیمار دو الکترود دایره ای شکل نصب شده است. این الکترودها که خود به عنوان عامل اولیه عبور جریان از ماده غذائی به حساب می آیند، از جنس تیتانیم (جهت جلوگیری از خوردگی) به ضخامت ۴ میلیمتر و قطر ۹۰ میلیمتر بوده و با واشر حلقوی و تفلون آببندی گردیده است. الکترودهای سیستم جدید دارای قطر و ضخامت ۶۹ و ۴ میلی متری می باشند. سیستم کنترلی شامل سیستم ثبت دما، ولتاژ و آمپر می باشد. به منظور ثبت دما از حسگرهای دقیق PT100 (با دقت و حساسیت ۰/۱ درجه سانتی گراد) استفاده شده که این حسگرها به یک سیستم حد فاصل[1] متصل هستند، این سیستم به منظور انتقال داده های ثبت شده توسط حسگرهای دمائی به کامپیوتر از طریق درگاه کام[2] یا یو اس بی[3] استفاده می گردد و در هر ثانیه ۳

1. Interface
2. Com Port
3. USB Port

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

دما ثبت گردیده که این عمل توسط نرم افزار نوشته شده در محیط متلب صورت می پذیرد. ولتاژ و آمپر نیز توسط ولت متر و آمپر متر اندازه گیری و توسط نرم افزار ثبت می گردد.

۲-۲- مواد مورد استفاده و آماده سازی نمونه

به منظور بررسی کارایی و سرعت حرارت دهی سیستم اهمیک طراحی شده، مجموعه از آزمون ها طراحی گردید. مواد مورد استفاده در این آزمون ها نمک NaCl خالص، نشاسته گندم، روغن کلزا و آب مقطر بود. آماده سازی خاصی برای نمونه لازم نبوده و تنها مواد با درصدهای معین با هم مخلوط و در دمای محیط (حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی گراد) به درون محفظه تیمار پر می شدند. لازم به ذکر است حجم محفظه تیمار طراحی شده در حدود ۱۱۰۰ میلی لیتر بوده که کاملاً با نمونه پر می گردید.

۲-۳- فرآیند اعمال حرارت در محفظه تیمار

بعد از پر شدن محفظه تیمار با نمونه های مورد نظر ترمینال ها به دو انتهای الکترودهای دستگاه متصل شده و مقدار ولتاژ (۵±۲۲۵ ولت) قبل از آغاز آزمون توسط واریاک تنظیم می گردد. پس از استارت نمودن برنامه با وصل کردن جریان دو انتهای محفظه تیمار، آزمون آغاز می گردد. بعد از رسیدن به دمای مورد نظر (دمای ۸۰ درجه سانتی گراد) جریان دو سر محفظه تیمار قطع گردیده و دماهای ثبت شده در هر زمان، ولتاژها، مدت زمان لازم برای رسیدن به دمای ۸۰ درجه سانتی گراد و آمپرهای ثبت شده به منظور آنالیزهای بعدی مورد استفاده قرار می گیرد.

۲-۴- هدایت اکتریکی

هدایت الکتریکی از مقاومت ماده و شکل محفظه تیمار تعیین می گردد [۱۳]. نحوه محاسبه هدایت الکتریکی طبق معادله زیر می باشد [۲۱] و [۲۰]:

$$\text{هدایت الکتریکی} = \frac{\text{طول محفظه تیمار}}{\text{مقاومت ماده} \times \text{سطح مقطع الکترودها}}$$

که در این معادله طول محفظه تیمار و سطح مقطع الکترودها مشخص بوده و مقاومت ماده را می توان از تقسیم ولتاژ عبوری به آمپر مصرفی در هر لحظه بدست آورد.

۲-۵- آنالیز آماری داده ها

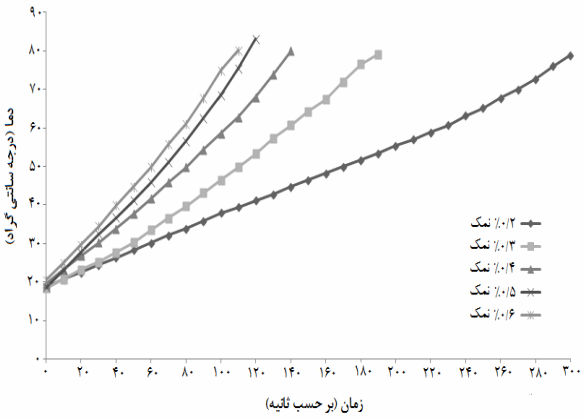
برای انجام آنالیز آماری داده‌ها و بررسی اطلاعات از آزمایش‌های مختلف، از طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد و سپس میانگین و انحراف معیار بدست آمد. آنالیز واریانس برای بررسی اختلاف معنی‌دار در سطح $p < ۰/۰۱$ بکار برده شد. به منظور تعیین اختلاف بین میانگین اعداد، پس از آنالیز واریانس از آزمون دانکن استفاده گردید. در تمام مراحل تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، نرم افزار آماری SPSS۱۶ بکار گرفته شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی تاثیر غلظت نمک بر سرعت حرارت دهی

به منظور تعیین تاثیر نمک و یون های محلول (NaCl) بر سرعت حرارت دهی محلولی با حجم ۱۱۰۰ میلی لیتر با ۵٪ نشاسته و مقدار نمک بین ۰/۲ تا ۰/۶ درصد آماده گردید. میزان ولتاژ در این آزمایش ۵±۲۲۵ ولت (۱۵ ولت بر سانتی متر) تنظیم شد. آزمایشات نشان می دهند که با افزایش میزان نمک سرعت حرارت دهی به شدت افزایش یافته و جالب آنکه بین افزایش درجه حرارت و زمان رابطه خطی وجود دارد که ضریب R^2 برای این رابطه خطی بسیار بالا می باشد (ضریب R^2 برای همه نمونه ها بالاتر از ۹۹٪ می باشد) (نمودار ۱). سرعت حرارت دهی برای ولتاژ ۵±۲۲۵ ولت در نمونه های حاوی ۰/۲٪، ۰/۳٪، ۰/۴٪، ۰/۵٪ و ۰/۶٪ نمک به ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۳۲، ۰/۴۴، ۰/۵۲ و ۰/۵۵ درجه سانتی گراد در هر ثانیه به ازای کل حجم محلول می باشد (جدول ۱). افزایش سرعت البته باید این نکته را نیز مورد توجه قرار داد که با اینکه افزایش میزان نمک سبب بالا رفتن سرعت حرارت دهی می گردد ولی در صورت افزودن مقدار نمک بیشتر از ۰/۶ درصد امکان ایجاد خوردگی در الکترودها زیاد می گردد. آزمایشات سه بار تکرار شده و از آنجائیکه ضریب تغییرات برای آزمایش در هر نقطه کمتر از ۱/۲۵ درصد می باشد، از اینرو نوار خطاها (error bar) در شکل قابل تشخیص نمی باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]



نمودار ۱ تاثیر افزودن نمک بر سرعت حرارت دهی محلول حاوی ۵٪ نشاسته (ولتاژ دو سر الکترودها ۵±۲۲۵ولت است)

جدول۱ سرعت حرارت دهی در غلظت های مختلف نمک

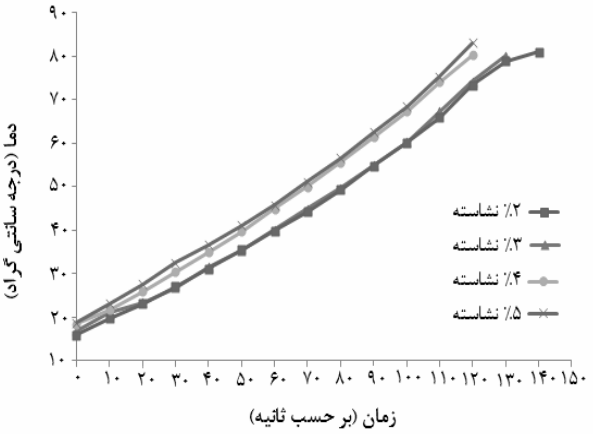
غلظت نمک (بر حسب درصد)	سرعت حرارت دهی (درجه سانتی گراد در ثانیه)	ضریب R^2
۰/۲	۰/۲±۰/۰۱۳[a]	٪۹۹/۶۱
۰/۳	۰/۳۲±۰/۰۱۹[b]	٪۹۹/۴۷
۰/۴	۰/۴۴±۰/۰۲۰[c]	٪۹۹/۲۱
۰/۵	۰/۵۲±۰/۰۱۷[d]	٪۹۹/۲۸
۰/۶	۰/۵۵±۰/۰۱۴[d]	٪۹۹/۵۱

*مقادیر سرعت حرارت دهی میانگین آن به همراه انحراف معیار می‌باشد.

اعداد با حروف لاتین مشابه در هر ستون تفاوت معنی داری در سطح ۹۵ درصد ندارند.

۲-۳- بررسی تاثیر غلظت نشاسته بر سرعت حرارت دهی

در این آزمایش تاثیر حضور نشاسته بر سرعت حرارت دهی در ولتاژ ۵±۲۲۵ ولت (۱/۱۵ ولت بر سانتی متر) مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور محلول هایی حاوی ۰/۵ درصد نمک و مقادیر نشاسته مختلف بین ۲٪ تا ۵٪ تهیه شد و مشاهده گردید که حضور نشاسته تاثیر اندکی بر افزایش سرعت حرارت دهی دارد. همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می نمایید، میزان ۲٪ یا ۳٪ نشاسته و نیز ۴٪ و ۵٪ نشاسته نمودارهای کاملاً مشابهی را حاصل می آورد. تنها سرعت حرارت دهی در ۴٪ یا ۵٪ بیشتر از ۲٪ یا ۳٪ نشاسته می باشد. آزمایشات نشان می دهند که بین افزایش درجه حرارت و زمان مانند افزودن نمک رابطه خطی وجود دارد که ضریب R^2 برای این رابطه خطی نیز بسیار بالا می باشد (ضریب R^2 برای همه نمونه ها بالاتر از ۹۹٪ می باشد) (نمودار ۲). سرعت حرارت دهی برای ولتاژ ۵±۲۲۵ ولت در نمونه های حاوی ۲٪، ۳٪، ۴٪ و ۵٪ نشاسته به ترتیب برابر ۰/۴۷، ۰/۴۷، ۰/۵۱ و ۰/۵۲ درجه سانتی گراد در هر ثانیه به ازای کل حجم محلول می باشد، که مشاهده می شود با کاهش مقدار نشاسته سرعت حرارت دهی به میزان کمی کاهش می یابد(جدول ۲). لازم به ذکر است که آزمایشات سه بار تکرار شده و چون ضریب تغییرات برای آزمایش در هر نقطه کمتر از ۱/۵ درصد می باشد، از اینرو نوار خطاها در شکل قابل تشخیص نمی باشد.



نمودار ۲ تاثیر افزودن نشاسته بر سرعت حرارت دهی محلول حاوی ۰/۵ درصد نمک (ولتاژ دو سر الکترودها ۵±۲۲۵ولت است)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

جدول ۲ سرعت حرارت دهی در غلظت های مختلف نشاسته

غلظت نشاسته (بر حسب درصد)	سرعت حرارت دهی (درجه سانتی گراد در ثانیه)	ضریب R^2
۲	۰/۴۷±۰/۰۱۵[a]	٪۹۹/۷۱
۳	۰/۴۷±۰/۰۲۳[a]	٪۹۹/۲۲
۴	۰/۵۱±۰/۰۱۸[b]	٪۹۹/۳۱
۵	۰/۵۲±۰/۰۱۷[b]	٪۹۹/۷۳

*مقادیر سرعت حرارت دهی میانگین آن به همراه انحراف معیار می‌باشد.

اعداد با حروف لاتین مشابه در هر ستون تفاوت معنی داری در سطح ۹۵ درصد ندارند.

۳-۳- بررسی تاثیر حضور روغن بر سرعت حرارت دهی

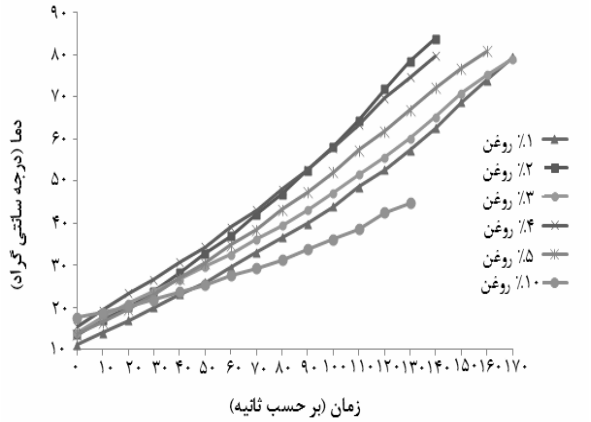
به منظور تعیین تاثیر حضور روغن بر سرعت حرارت دهی محلولی با حجم ۱۱۰۰ میلی حاوی ۵ درصد نشاسته، ۰/۵ درصد نمک و میزان روغن بین ۱ تا ۱۰ درصد تهیه گردید. میزان ولتاژ در این آزمایش ۵±۲۲۵ ولت تنظیم شد. آزمایشات نشان می دهند که با افزایش میزان روغن سرعت حرارت دهی به سبب اثرات عایقی روغن کاهش می یابد. ولی این کاهش سرعت حرارت دهی با افزایش میزان روغن نظم مشخصی ندارد یعنی سرعت حرارت دهی برای ولتاژ ۵±۲۲۵ ولت در نمونه های حاوی ۱٪، ۲٪، ۳٪، ۴٪، ۵٪ و ۱۰٪ روغن به ترتیب برابر ۰/۳۹، ۰/۵۰، ۰/۳۷، ۰/۴۵، ۰/۴۰ و ۰/۲۰ درجه سانتی گراد در هر ثانیه به ازای کل حجم محلول می باشد. شاید علت این نوسانات به سبب نحوه قرار گیری روغن درون محفظه باشد (نمودار۳)(جدول ۳). در کل می توان گفت افزودن روغن سبب کاهش سرعت حرارت دهی می شود. نکته جالب توجه این بوده که با افزایش میزان روغن به سبب اثر پوششی آن، فشار درون محفظه نیز افزایش می یابد. آزمایشات سه بار تکرار شده و چون ضریب تغییرات برای آزمایش در هر نقطه کمتر از ۱/۹۸ درصد می باشد، از اینرو نوار خطاها در شکل قابل تشخیص نمی باشد. زل و همکاران نیز در سال ۲۰۰۹ در تحقیقی که بر روی پخت گوشت در یک سیستم اهمیک انجام دادند، مشاهده نمودند که افزایش میزان چربی سبب افزایش زمان پخت می گردد. توجیه این محققان نیز برای این پدیده، کاهش انتقال حرارت به سبب اثر عایق چربی بود[۱۲]. نتایج مشابهی نیز در تحقیقات کانجاناپونگکو و همکاران در سال ۲۰۰۹ بر روی انعقاد پروتئین ضایعات سورمی [۱۰] و مطالعات لاکاکولا و همکاران در سال ۲۰۰۴ بر روی پایدار سازی سبوس برنج و استخراج روغن از آن مشاهده گردید [۲۲].

جدول ۳ سرعت حرارت دهی در غلظت های مختلف روغن

غلظت روغن (بر حسب درصد)	سرعت حرارت دهی (درجه سانتی گراد در ثانیه)	ضریب R^2
۱	۰/۳۹±۰/۰۱۱[b]	٪۹۷/۴۱
۲	۰/۵۰±۰/۰۲۱[d]	٪۹۸/۲۱
۳	۰/۳۷±۰/۰۱۶[b]	٪۹۷/۶۷
۴	۰/۴۵±۰/۰۱۲[c]	٪۹۷/۵۲
۵	۰/۴۰±۰/۰۱۱[b]	٪۹۸/۱۷
۱۰	۰/۲۰±۰/۰۱۷[a]	٪۹۷/۷۰

*مقادیر سرعت حرارت دهی میانگین آن به همراه انحراف معیار می‌باشد.

اعداد با حروف لاتین مشابه در هر ستون تفاوت معنی داری در سطح ۹۵ درصد ندارند.



نمودار ۳ تاثیر افزودن روغن بر سرعت حرارت دهی محلول حاوی ۰/۵درصد نمک، ۵ درصد نشاسته (ولتاژ دو سر الکترودها ۵±۲۲۵ولت است)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش سیستم اهمیک ناپیوسته ایی طراحی گردید و به منظور بررسی عملکرد آن تاثیر افزودن نمک، نشاسته و روغن بر سرعت حرارت دهی مورد بررسی قرار گرفت. مشخص شد که افزایش درصد نمک تاثیر بسزایی در تسریع فرآیند حرارت دهی دارد (مثلاً با ۵ برابر شدن میزان نمک، سرعت حرارت دهی نیز به همین میزان افزایش می یابد)، البته غلظت های بالای نمک نیز سبب تشدید در خوردگی الکترودها شده و مشکلات بعدی را حاصل می آورد. نشاسته تاثیر اندکی بر افزایش سرعت حرارت دهی داشته، ولی با این حال با افزایش در میزان نشاسته باعث تسریع در سرعت حرارت دهی می گردد. روغن هم به سبب اثر عایقی آن باعث کاهش سرعت حرارت دهی می شود که البته این کاهش از الگوی مشخصی پیروی نکرده و به پارامترهای مختلفی وابسته است. نتایج نشان می دهد که می توان به استفاده از این سیستم در بخش های مختلف فرآوری غذا امید داشت که البته کاربرد آن نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. امروزه گرانتر شدن حامل های انرژی و سوخت های فسیلی از یک سو و امکان تامین انرژی الکتریسته از منابع طبیعی مانند باد از سوی دیگر، استفاده از تکنیک هایی نظیر اهمیک را اقتصادی تر نموده است.

۵- منابع

[1] Anderson, D.R. . (2003). *Ohmic heating as an alternative food processing technology.* Johnson & Wales University.

[2] Praporscic, I., Lebovka, N.I., Ghnimi, S., Vorobiev, E. (2006). Ohmically Heated, Enhanced Expression of Juice from Apple and Potato Tissues. Biosystems Engineering, 93 (2), 199–204.

[3] Ghnimi, S., Flach-Malaspina, N., Dresch, M., Delaplace, G., Maingonnat, J.F. (2008). Design and performance evaluation of an ohmic heating unit for thermal processing of highly viscous liquids. chemical engineering research and design, 8 6, 626–632.

[4] Lei, L., Zhi, H., Xiujin, Z., Takasuke, I., Zaigui, L. (2007). Effects of different heating methods on the production of protein–lipid film. Journal of Food Engineering, 82, 292–297.

[5] Wang, L.J., Li, D., Tatsumi, E., Liu, Z., Chen, X., Li, L.T. (2007). Application of two-stage ohmic heating to tofu processing. Chemical Engineering and Processing, 46,) 486–490.

[6] Zell, M., Lyng, J., Cronin, D., Morgan, D. (2010). Ohmic cooking of whole turkey meat – Effect of rapid ohmic heating on selected product parameters. Food Chemistry, 120, 724–729.

[7] Mainville, I., Montpetit, D., Durand, N., Farnworth, E.R. (2001). Deactivating the bacteria and yeast in kefir using heat treatment, irradiation and high pressure. International Dairy Journal, 11, 45–49.

[8] Bozkurt, H., Icier, F. (2010). Ohmic cooking of ground beef: Effects on quality. Journal of Food Engineering, 96, 481–490.

[9] Zareifard, M.R., Ramaswamy, H.S., Trigui, M., Marcotte, M. (2003). Ohmic heating behaviour and electrical conductivity of two-phase food systems. Innovative Food Science and Emerging Technologies 4, 45–55.

[10] Kanjanapongkul, K., Tia, S., Wongsa-Ngasri, P., Yoovidhya, T. (2009). Coagulation of protein in surimi wastewater using a continuous ohmic heater. Journal of Food Engineering, 91, 341–346.

[11] Zell Shirsat, N., Lyng, J.G., Brunton, N.P., McKenna, B. (2004). Ohmic processing: Electrical conductivities of pork cuts. Meat Science, 67, 507–514.

[12] Zell, M., Lyng, J., Cronin, D., Morgan, D. (2009). Ohmic cooking of whole beef muscle – Optimisation of meat preparation. Meat Science, 81, 693–698.

[13] Zell, M., Lyng, J., Cronin, D., Morgan, D. (2009). Ohmic heating of meats: Electrical conductivities of whole meats and processed meat ingredients. Meat Science, 83, 563–570.

[14] Icier, F., Yildiz, H., Baysal, T. (2008). Polyphenoloxidase deactivation kinetics during ohmic heating of grape juice. Journal of Food Engineering, 85, 410–417.

[15] Lima, M., Sastry, S.K. (1999). The effects of ohmic heating frequency on hot-air drying rate and juice yield. Journal of Food Engineering, 41, 115-119.

[16] Icier, F., Yildiz, H., Baysal, T. (2006). Peroxidase inactivation and colour

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

changesduring ohmic blanching of pea puree. Journal of Food Engineering, 74, 424–429.

[17] Li, F.D., Li, L.T., Li, Z., Tatsumi, E. (2004). Determination of starch gelatinization temperature by ohmic heating. Journal of Food Engineering, 62, 113–120.

[18] Marcotte, M., Ramaswamy, H.S. (1998). Ohmic heating behavior of hydrocolloid solutions. Food Research International, 31, 493-502.

[19] Marcotte, M., Taherian, A.R., Trigui, M., Ramaswamy, H.S. (2001). Evaluation of rheological properties of selected salt enriched food hydrocolloids. Journal of Food Engineering, 48, 157-167.

[20] Castro, I., Teixeira, J.A., Salengke, S., Sastry, S.K., Vicente, A.A. (2004). Ohmic heating of strawberry products: electrical conductivity measurements and ascorbic acid degradation kinetics. Innovative Food Science and Emerging Technologie, 5, 27–36.

[21] Ysart, Legrand, A., Leuliet, J.C., Duquesne, S., Kesteloot, R., Winterton, P., Fillaudeau, L. (2007). Physical, mechanical, thermal and electrical properties of cooked red bean (Phaseolus vulgaris L.) for continuous ohmic heating process.Journal of Food Engineering, 81, 447–458.

[22] Lakkakula, N., Lima, M., Walker, T. (2004). Rice bran stabilization and rice bran oil extraction using ohmic heating. Bioresource Technology, 92, 157–161.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

Design, manufacture and performance evaluation of a batch ohmic heating system

Zandi, M.[1], Niakousari, M.[1,2*]

1-Food Science and Technology Dept., Shiraz University
2-Nanotechnology institute, Shiraz University
(Received:90/2/9 Accepted: 90/7/25)

The present work was undertaken with an objective to study the design, development and construction and performance evaluation of a batch ohmic heating system. Direct ohmic heating (Joule's heating) is a technology to warm up the food using an electric energy where electric current is passed through a material which gets heated by virtue of its electrical resistance. In this study, firstly new batch ohmic heating containing a static cell (200-mm-long Teflon cylinder with 94 mm diameter at a constant voltage gradient of 15 V/cm) was developed and constructed. To evaluate the performance of this heating unit various food systems was used, i.e. sodium chloride solutions (concentrations : 0.2 and 0.6% w/v), starch solutions (2 and 5% w/v) and 0.5% w/v NaCl, a two-phase food systems (5% starch, 0.5% w/v NaCl and oil (1% and 10% w/v). Heating rates for previously named food systems were determined by tracking and recording the temperature profiles for a given time intervals. The data indicates the heating up rate increases with increasing concentrations of starch and salt but decreases with increasing oil in food.

Keywords: Ohmic heating, heating rate, Joule's heating, Electrical conductivity

* Corresponding author E-Mail address: niakosar@shirazu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]