



هدایت الکتریکی آب گیلاس تحت خلاء

علی فدوی^{۱*}، سعید سالاری، شقایق حسینی

- ۱- پاکدشت، گروه فناوری صنایع غذایی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، afadavi@ut.ac.ir
 ۲- گروه صنایع غذایی و تغذیه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم دارویی، تهران، saeedslr@outlook.com
 ۳- گروه صنایع غذایی و تغذیه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم دارویی، تهران، shaghayeghho1992@gmail.com

چکیده:

گرمایش اهمی یکی از روشهای نوین حرارتی محسوب می گردد. بکار گیری گرمایش اهمی تحت شرایط خلاء در حفظ کیفیت محصول تولیدی موثر می باشد. هدایت الکتریکی یکی از پارامترهای اساسی در این فرآیند و تاثیر گذار در مدت زمان فرآوری محصول می باشد، بمنظور بررسی هدایت الکتریکی آب گیلاس در شرایط خلاء، سامانه ای که طراحی و ساخته شد. هدایت الکتریکی برای دو حالت اتمسفر و خلاء ۰/۶ بار برای پنج گرادبان ولتاژ، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ اندازه گیری شد. نتایج نشان می دهد جریان الکتریکی و متعاقبا هدایت الکتریکی در حالت خلاء برای ولتاژهای مشابه نسبت به حالت اتمسفر کمتر می باشد. کلمات کلیدی: گرمایش اهمی، هدایت الکتریکی، آب گیلاس

۱. مقدمه

ایران یکی از مهمترین کشورهای تولید کننده گیلاس در جهان به شمار می آید. بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی (FAO) در سال ۲۰۰۸، ایران ۱۱ درصد از تولید جهانی گیلاس را به خود اختصاص داده و پس از ترکیه و آمریکا مقام سوم را در جهان دارا می باشد (صدیقی، ۱۳۹۲). این میوه وارپته های متفاوتی را دارد، یک نوع آن شامل گیلاس سیاه (*Prunus serotina*) می باشد که گیاهی از جنس *Prunus* و زیردسته *Padus* است (یوسفی، ۱۳۹۳). نوع دیگری از این گیاه، گیلاس شیرین (*Prunus avium*) می باشد (صدیقی، ۱۳۹۲). گیلاس سیاه برای تولید مربا و به عنوان مغزی محصولاتی همچون کیک و کلوچه بسیار مناسب است، همچنین برای استفاده در فرمولاسیون و تولید کیک های حاوی شکلات تیره و مانند آن گزینه مناسبی می باشد. همچنین می توان از آن در تولید نوشیدنی های طعم دار و بستنی های با طعم گیلاس استفاده نمود (یوسفی، ۱۳۹۳). یکی از محصولات اصلی گیلاس، آب میوه گیلاس است که میتوان آن را با روش های مختلف حرارت داد. روش های حرارت دهی معمول با استفاده از مبدل های حرارتی صفحه ای برای سیالات غذایی محبوب ترین روش در صنعت غذا می باشد. بزرگترین ایراد این روش بازده انرژی پایین و زمان های طولانی حرارت دهی است (Darvishi, 2013)، در نتیجه با افت کیفیت محصول مواجه گشته و از ارزش غذایی آن نیز کاسته میشود (Stratakos, 2015). تکنولوژی اهمی، یک روش حرارت دهی سریع است (Darvishi, 2013). در این روش، با عبور جریان الکتریسیته از میان ماده غذایی، حرارت ایجاد می گردد که این به سبب وجود مقاومت الکتریکی ماده غذایی میباشد (Darvishi, 2013., Icier, 2012). از جمله مزایای این روش می توان به حفظ رنگ و ارزش غذایی محصول، سرعت بالای انتقال حرارت، بازده بالای انرژی، کنترل صحیح دما، عدم نیاز به هم زدن مایع غذایی، عدم ایجاد رسوب بر روی سطوح انتقال حرارت و ایمنی مصرف محصول حرارت دهی شده اشاره داشت (jaeger, 2016., Icier, 2012., Necati ozkan, 2004., Figura, 2007). پارامترهای مختلفی از جمله هدایت الکتریکی، شدت میدان الکتریکی، ولتاژ و فرکانس مورد استفاده و نوع الکتروود از جمله فاکتورهای موثر بر حرارت دهی اهمی می باشند (Icier, 2012., Cassano, 2007). مواد غذایی دارای الکترولیت های با بار مثبت و یا منفی، و یا مولکول ها و یا ماکرومولکول های باردار قادر به عبور جریان الکتریسیته می باشند. به طور کلی می توان گفت که در هنگام حضور یون های باردار و حامل های متحرک در نمونه غذایی، با اعمال پتانسیل ولتاژ در محصول، یک جریان الکتریکی درون ماده غذایی ایجاد می گردد. مقاومت الکتریکی یک ماده غذایی، عامل محدود کننده قدرت جریان الکتریکی است. در مقابل این فاکتور، هدایت الکتریکی قرار دارد. هدایت الکتریکی یک ماده غذایی نشان دهنده میزان سختی عبور جریان الکتریکی از میان محصول است. دمای محصول، محتوای ماده جامد، محلول های الکترولیت و فرکانس از عوامل موثر بر هدایت الکتریکی ماده غذایی می باشند. برای اندازه گیری هدایت الکتریکی حداقل از دو الکتروود که به شکل صفحه ای و یا استوانه ای می باشند، استفاده می گردد. ماده غذایی در تماس مستقیم با الکتروودها قرار می گیرد و پس از برقراری ولتاژ میان دو الکتروود، با بررسی دقیق دما بوسیله سنسور دمایی، فاکتوری که اندازه گیری می شود مقاومت الکتریکی و یا در مقابل، هدایت الکتریکی ماده غذایی میان دو الکتروود است (Figura, 2007).



هدف از این تحقیق، ارزیابی دقیق میزان هدایت الکتریکی آب گیللاس با استفاده از گرمایش اهمی تحت شرایط خلاء می باشد. اثر سطوح مختلف فشار (فشار اتمسفر و خلاء ۰/۶ بار) و همچنین ولتاژ بر روی هدایت الکتریکی آب گیللاس نیز بررسی و نتایج حاصله گزارش می گردد.

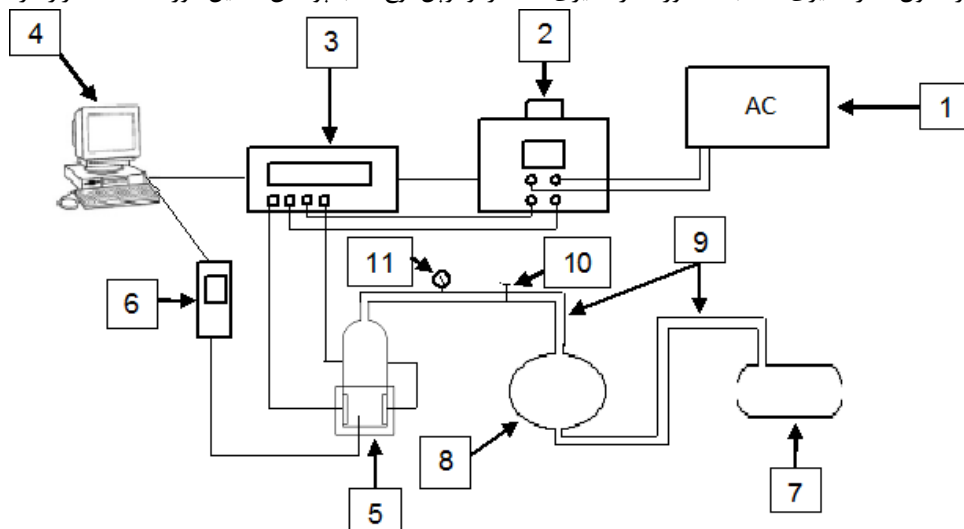
مواد و روش ها

۱-۲ تهیه نمونه

گیلاس (*Prunus avium*) از میوه فروشی واقع در شهر تهران تهیه شد. میوه ها ابتدا با آب شهری شسته و هسته آنها با دست جدا گردیدند. در مرحله بعد، آب میوه به کمک دستگاه آب میوه گیری خانگی جمع آوری و سپس با کمک صافی، ذرات معلق آن جداسازی شد.

۲-۲ گرمایش اهمی مجهز به سامانه خلاء

آزمایشات مربوط به حرارت دهی اهمی توسط سلول آزمایشگاهی گرمایش اهمی مجهز به سیستم خلاء صورت پذیرفت. اجزای تشکیل دهنده این سامانه عبارتند از: منبع تغذیه، اینورتر، پاور آنالایزر، پمپ خلاء، مخزن بافر، خلاء سنج، سلول اهمی، شیر کنترل هوا، لوله خلاء، دماسنج دیجیتال و رایانه می باشد (شکل ۱). سلول اهمی بصورت مکعبی توخالی که درون آن دو الکتروود از جنس فولاد ضد زنگ به فاصله ۳۹ mm از همدیگر قرار گرفته است. دما تنها در مرکز سلول اندازه گیری شد. به منظور اندازه گیری دما، ترموکوپل نوع K با پوشش استیل مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱ سیستم گرمایش اهمی تحت خلاء: (۱) جریان برق شهری، (۲) منبع متغیر، (۳) پاور آنالایزر، (۴) رایانه، (۵) سلول اهمی، (۶) دماسنج دیجیتال، (۷) پمپ خلاء، (۸) مخزن بافر، (۹) لوله خلاء، (۱۰) شیر کنترل خلاء، (۱۱) خلاء سنج

در آزمایش حاضر، گرمایش اهمی در ۵ گرادیان ولتاژ (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ ولت بر سانتی متر) و ۲ سطح فشار (فشار اتمسفر و خلاء ۰/۶ بار) انجام گرفت. با توجه به وابستگی دمای جوش به میزان فشار بالا سر، دامنه دمایی مورد بررسی برای سطوح فشار اتمسفر و خلاء ۰/۶ بار، متفاوت و به ترتیب برابر با ۱۷ تا ۹۵ درجه سلسیوس و ۱۷ تا ۵۵ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد. داده های مربوط به دما، ولتاژ، جریان الکتریکی و توان الکتریکی توسط نرم افزار و در فاصله زمانی ۱ ثانیه ثبت گردید.

۲-۳ اندازه گیری خصوصیات

ضریب هدایت الکتریکی با کمک داده های بدست آمده برای ولتاژ و جریان الکتریکی و بر پایه معادله ذیل محاسبه گردید:

$$\sigma = \frac{LI}{AV} \quad (1)$$

در این رابطه σ ، ضریب هدایت الکتریکی (S/m)، L ، فاصله بین الکتروود بر حسب متر (m)، A ، مساحت مقطع مؤثر الکتروود بر حسب متر مربع (m^2)، V ، ولتاژ بر حسب ولت (v)، I ، شدت جریان بر حسب آمپر (A) است.

چگالی نسبی از طریق روش پیکنومتری بدست آمد. ابتدا پیکنومتر خالی، پیکنومتر حاوی نمونه و پیکنومتر حاوی آب مقطر، هر یک در سه تکرار توسط ترازوی دیجیتال توزین شدند و سپس چگالی نسبی آب گیللاس از رابطه ذیل حاصل گردید.



$$Rd = \frac{(m_{PS}-m_P)/V}{(m_{PW}-m_P)/V} = \frac{m_{PS}-m_P}{m_{PW}-m_P} \quad (2)$$

در رابطه ۲، RD، چگالی نسبی، m_{PS} ، جرم نمونه و پیکنومتر، m_P جرم پیکنومتر خالی، m_{PW} جرم پیکنومتر و آب بر حسب گرم (g) و V حجم پیکنومتر می باشد.
بریکس آب گیلان در سه تکرار توسط رفاکتومتر چشمی کالیبره شده با آب مقطر، سنجیده شد. برای اندازه گیری pH آب گیلان از pH متر دیجیتال HANA مدل HI 207 با دقت ۰/۱ در دمای محیط آزمایشگاه pH در سه تکرار اندازه گیری شد.

۲. نتایج و بحث

۳-۱ مشخصات اولیه

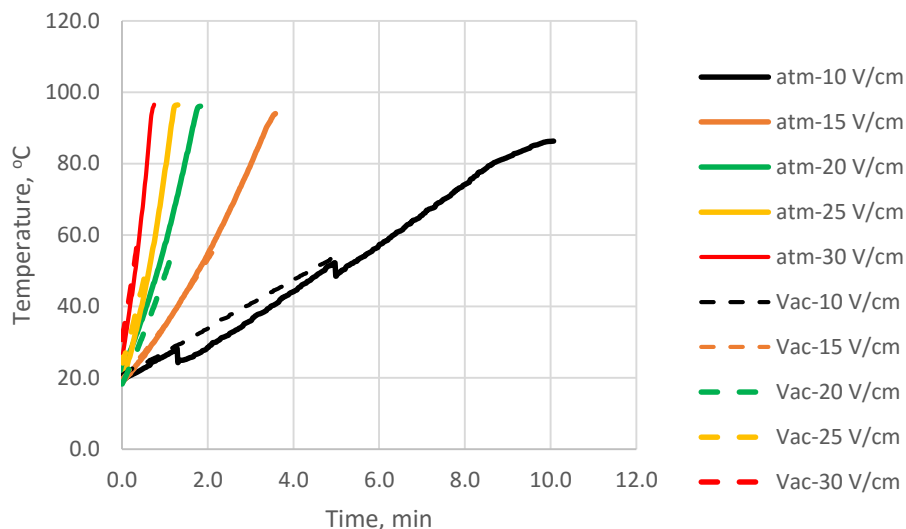
برخی مشخصات فیزیکی شیمیایی اولیه آب گیلان در جدول ۱ معرفی شده است:
مشخصات فیزیکی شیمیایی آب گیلان

مشخصات اولیه	میانگین	انحراف معیار
چگالی (gr/cm^3)	۱/۰۸	۰/۰۱
Brix	۱۷/۹	۰/۱
pH	۳/۷	۰/۰
رطوبت اولیه (gr water/gr dry mater)	۶/۱۸	۰/۰۳

۳-۲ تغییرات دما-زمان

نمودار تغییرات دما-زمان برای هر پنج ولتاژ اعمالی در شکل ۲ رسم شده است. تغییرات دما-زمان نشان دهنده شرایط حاکم در حرارت دهی توسط گرمایش اهمی می باشد، همانطور که نمودار شکل ۲ نشان می دهد افزایش گرادیان ولتاژ منجر به بالا رفتن زودتر دما و کاهش زمان فرآوری می گردد. این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات پیشین در تطابق بود (نوروزی ۱۳۹۵).

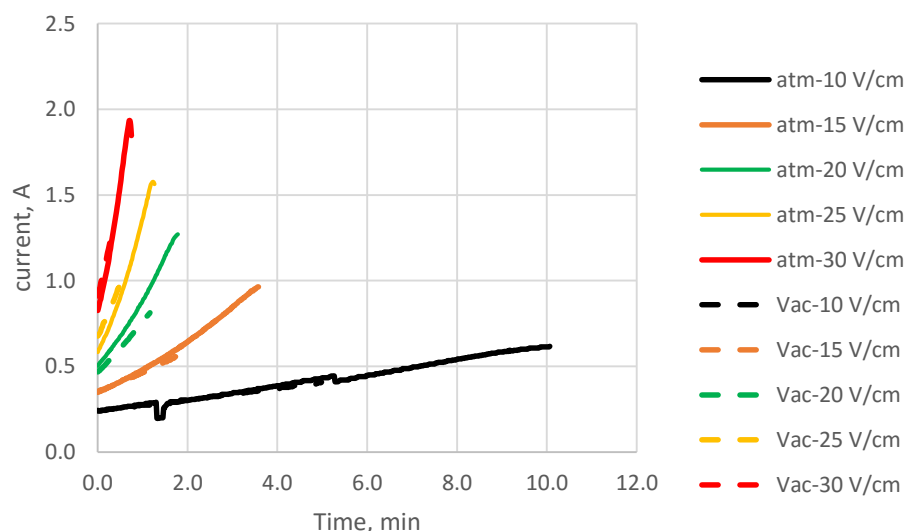
جوشش در فرآیند با تشکیل حباب در دیواره الکتروود شروع و تا دما نهایتاً ثابت می گردد، دمای جوش در شرایط اتمسفر و خلاء بترتیب برابر $69/9$ و 97 می باشد. با توجه به شکل بیشترین زمان مربوط به گرادیان 10 شرایط اتمسفر و کوتاهترین زمان مربوط به گرادیان 30 در شرایط خلاء می باشد. افزایش دما در ولتاژهای بالا ناشی از افزایش شدت میزان انرژی داده شده می باشد. نتایج نشان می دهد که در یک زمان معین و در یک میزان برابر از گرادیان ولتاژ، دما در حالت خلاء دارای مقدار کمتری است. نتایج نشان می دهد افزایش گرادیان ولتاژ منجر افزایش سرعت گرم شدن ماده می شود، مشابه همین نتایج برای اب انار گزارش شده است (Icier et al. 2017).



شکل ۲ نمودار زمان دما، خطوط خط چین و خط پر بترتیب معرف شرایط خلاء و شرایط اتمسفر می باشد

۳-۳ تغییرات جریان الکتریکی-زمان

شکل ۳ تغییرات جریان الکتریکی بر حسب زمان را برای آب گیلان در طی گرمایش اهمی تحت شرایط خلاء و اتمسفر نشان می دهد. با افزایش ولتاژ، جریان الکتریکی نیز افزایش پیدا کرده است. در ولتاژهای بالاتر افزایش میزان جریان شیب نمودار تندتر می باشد. محتوای رطوبتی بالا عامل موثری در انتقال الکترون ها (جریان الکتریکی) درون مواد غذایی می باشد (یوسفی، ۱۳۹۵). مواد غذایی که محتوای رطوبتی بالایی داشته باشند، جریان الکتریکی را بهتر از خود عبور می دهند. در فرآیند گرمایش تا نقطه جوش به علت محتوای رطوبتی بالا رطوبت آب گیلان، جریان الکتریکی لحظه به لحظه تا رسیدن به نقطه جوش افزایش می یابد. تغییر مدام و جابجایی یونها در ابتدا برقراری میدان الکتریکی باعث افزایش دما و کاهش ویسکوزیته ماده می گردد و لذا افزایش دما منجر به افزایش حرکت پذیری یونها شده و چون حرکت پذیری یونها خود عامل تشدید کننده هدایت الکتریکی است، میزان جریان الکتریکی تا نقطه جوش پیوسته بالا می رود (یوسفی، ۱۳۹۵).

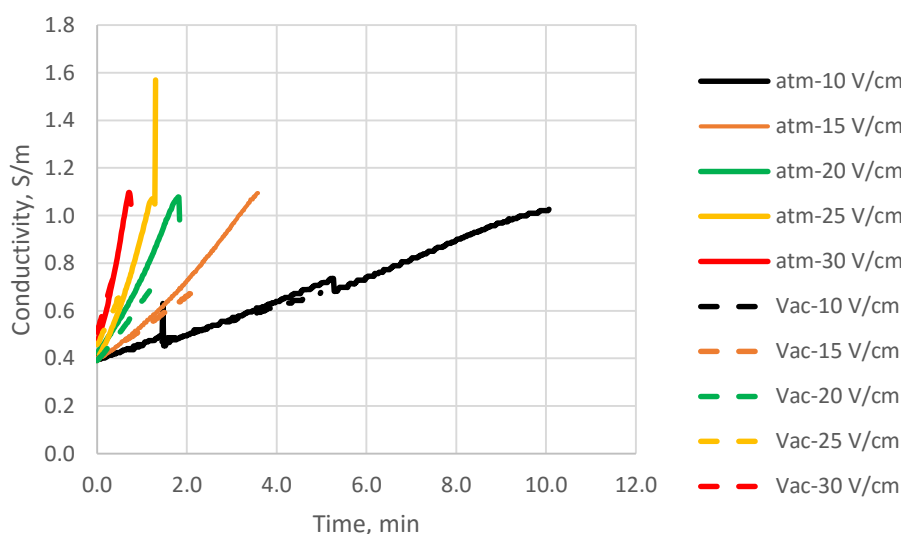


شکل ۳ نمودار زمان جریان الکتریکی، خطوط خط چین و خط پر بترتیب معرف شرایط خلاء و شرایط اتمسفر می باشد



۳-۴ هدایت الکتریکی-زمان

منحنی هدایت الکتریکی- زمان در شکل ۴ نشان شده است. در هر دو حالت اتمسفر و خلاء برای ولتاژ بالاتر شیب منحنی افزایش هدایت تندتر بوده که این نشان دهنده جریان عبوری بیشتر، تولید گرمای سریع تر درون محصول و نهایتاً بواسطه اینکه هدایت الکتریکی و آهنگ تولید گرما باهم رابطه مستقیمی دارند، آب گیلاس زودتر گرم می گردد. هدایت الکتریکی در گرایان $30 \frac{V}{cm}$ در شرایط اتمسفر در برابر $0.82 S/m$ بدست آمد. شبیه آنچه در نمودارهای شکل ۳ دیده می شود در دمای $65^{\circ}C$ و گرایان $30 \frac{V}{cm}$ برای آب پرتغال برابر $0.45 S/m$ گزارش شد (Darvishi et al. 2013). میزان هدایت الکتریکی برای اب انار در دمای $65^{\circ}C$ برای گرایان ولتاژ $12/5$ برابر $0.56 S/m$ گزارش شد (Icier et al. 2017). میزان هدایت الکتریکی برای آب سیب و آب آلبالو با 30 درصد ماده جامد حل شده بترتیب برابر $0.4 S/m$ تا 1 و 0.8 تا $1/6$ گزارش شده است (Icier and Ilicali, 2004).



شکل ۴ نمودار زمان هدایت الکتریکی، خطوط خط چین و خط پر بترتیب معرف شرایط خلاء و شرایط اتمسفر می باشد

۴. نتیجه گیری

- هدایت الکتریکی با افزایش دما افزایش می یابد
- هدایت الکتریکی با افزایش گرایان ولتاژ افزایش می یابد
- میزان هدایت الکتریکی در یک گرایان معین خصوصاً در در گرایانهای بالا نسبت به هدایت الکتریکی در حالت اتمسفر مقدار کمتری به خود اختصاص می دهد.

مراجع

۱. صدیقی ا، غلامی م، ساری خانی ح، ارشادی ا. اثر کاربرد پیش از برداشت اسید جیبرلیک بر عمر انباری و برخی شاخص های کیفی گیلاس (Prunus avium L) رقم سیاه مشهد. تولیدات گیاهی. ۲۰۱۳. 21;36(1):51-61 Jun
۲. یوسفی، سعید، طراحی و ساخت سامانه گرمایش اهمی تحت خلاء جهت تغلیظ آب گوجه فرنگی و ارزیابی عملکرد آن پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۹۵
۳. یوسفی قاسم، امام جمعه زهرا، کرمی زهره، پورمحمدی کیانا. مدل سازی و بهینه سازی اثر پیش تیمار اسمز فراصوت و خشک کردن تکمیلی هوای داغ روی گیلاس سیاه.
۴. نوروزی، شکوفه، مطالعه تغلیظ آب آلبالو به روش گرمایش اهمی و مدلسازی حرارتی با دینامیک سیالات محاسباتی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۹۵



5. Darvishi H, Khostaghaza MH, Najafi G. Ohmic heating of pomegranate juice: Electrical conductivity and pH change. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2013 Jun 30;12(2):101-8.
6. Figura L, Teixeira AA. Food physics: physical properties-measurement and applications. Springer Science & Business Media; 2007 Aug 24.
7. Icier F. Ohmic heating of fluid foods. Novel thermal and non-thermal technologies for fluid foods. 2012:305-67.
8. Icier, F., and Ilicali,. 2004. Electrical conductivity of apple and sourcherry juice concentrates during ohmic heating. Journal of food process engineering; 27(3): 159-180.
9. Icier F, Yildiz H, Sabanci S., Cevik M., Cokgezme O. F. ,Ohmic heating assisted vacuum evaporation of pomegranate juice: Electrical conductivity changes. Innovative FoodScience andEmergingTechnologies 39 (2017) 241–246
10. Jaeger H, Roth A, Toepfl S, Holzhauser T, Engel KH, Knorr D, Vogel RF, Bandick N, Kulling S, Heinz V, Steinberg P. Opinion on the use of ohmic heating for the treatment of foods. Trends in Food Science & Technology. 2016 Sep 30;55:84-97.
11. Özkan N, Ho I, Farid M. Combined ohmic and plate heating of hamburger patties: quality of cooked patties. Journal of Food Engineering. 2004 Jun 30;63(2):141-5.
12. Stratakos AC, Koidis A. Suitability, efficiency and microbiological safety of novel physical technologies for the processing of ready-to-eat meals, meats and pumpable products. International Journal of Food Science & Technology. 2015 Jun 1;50(6):1283-302.

Electric conductivity of cherry juice under vacuum pressure

Ali Fadavi*, Saeed Salari, Shaghayegh Hoseini

Department of Food Technology, College of Abureihan, Tehran University, afadavi@ut.ac.ir
 Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University of Pharmaceutical Sciences,
saeedslr@outlook.com
 Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University of Pharmaceutical Sciences,
shaghayeghho1992@gmail.com

Abstract: Ohm heating is considered as one of the modern thermal methods. The integration of vacuum with conventional Ohmic heating can be effective in product quality. Electrical conductivity is one of the most effective parameters in the processing time. In order to investigate the electrical conductivity of cherry juice in vacuum conditions, a system was designed and constructed. The electrical conductivity was measured for two atmospheric states and a vacuum of 0.6 bar for different voltage gradients of 10, 15, 20, 25 and 30. The results showed that the electrical current and, consequently, the electrical conductivity in the vacuum state were lower for similar voltages than that of the atmospheric state.

Keywords: Ohmic Heating, Electrical conductivity, Cherry Juice