



تغلیظ آب گوجه فرنگی از طریق سامانه کنترل خودکار گرمایش اهمی

حسین شاهقلی<sup>۱</sup>، محمدهادی خوش تقاضا<sup>۲\*</sup>، محمد زارعین<sup>۳</sup>، مانی قنبری<sup>۴</sup>

۱-۴- دانشجوی ارشد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشجوی دکترا گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

### چکیده

گرمایش اهمی یک فرآیند دمایی پیشرفته است که در آن مواد غذایی به عنوان مقاومت الکتریکی عمل میکنند. سامانه‌های آزمایشگاهی آن معمولاً شامل الکترودهایی است که با مواد غذایی تماس دارند که بموجب آن الکتریسیته از طریق جسم و با استفاده از تغییر ولتاژ منتقل میگردد. تولید کنندگان جهت جلوگیری از فساد محصولات مذکور و وارد آمدن خسارت‌های تغذیه‌ای اقتصادی اقدام به ابداع و اعمال شیوه‌های مختلف جهت نگهداری و جلوگیری از فساد این بخش از مواد غذایی نموده است که از جمله میتوان به تولید آب محصولات فوق و اعمال فرایند حرارتی و یا به کارگیری فرآیند تغلیظ اشاره نمود. در این تحقیق، نمونه‌های آب گوجه فرنگی بدست آمده، تحت ۳ ولتاژ ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ و در سه تکرار، تا رسیدن به بریکس ۲۵ تغلیظ شد. آب گوجه‌های تغلیظ شده در گرادیان ولتاژهای مختلف از نظر تغییرات در پارامترهای مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی نتایج نشان داد که دمای ماگزیمم تمام نمونه‌ها ۹۷ درجه سانتی‌گراد بوده و هدایت الکتریکی ماگزیمم مربوط به ولتاژ ۶۰ و مقدار آن  $3/64 \text{ S/m}$  است. بیشترین ضریب کارایی سامانه مربوط به ولتاژ ۱۲۰ و برابر  $78/09\%$  درصد می‌باشد. تغییر میزان ولتاژ بر روی میزان انرژی مصرفی و نیز ضریب کارایی سامانه در سطح ۱٪ ارتباط معناداری داشته است.

**واژگان کلیدی:** سامانه کنترل خودکار- گرمایش اهمی- تغلیظ- هدایت الکتریکی

### مقدمه

گرمایش اهمی یک فرآیند دمایی پیشرفته است که در آن مواد غذایی به عنوان مقاومت الکتریکی عمل می‌کنند. سامانه آزمایشگاهی آن معمولاً شامل الکترودهایی است که با مواد غذایی تماس دارند که بموجب آن الکتریسیته از طریق جسم و با استفاده از تغییر ولتاژ منتقل می‌گردد. در مقایسه با روش گرمایش معمول، در حالی که گرما از خارج با استفاده از یک سطح داغ منتقل می‌شود، گرمایش اهمی گرما را در سرتاسر جرم مواد غذایی بطور یکنواخت جابجا می‌کند. موفقیت گرمایش اهمی به میزان تولید و سرعت انتقال گرما در سامانه و هدایت الکتریکی مواد غذایی، بستگی دارد (Leizerson and Shimoni, 2005). این روش کاربردهای مختلفی همچون خشک کردن مواد غذایی، تخمیر، استخراج، استریلیزاسیون، پاستوریزاسیون و حرارت دهی در حد پیش تیمار برای فرآیندهای اصلی حرارت دهی و... دارد (جلالی و یارمند، ۱۳۹۰).

در تحقیقی که برای مقایسه روش حرارت دهی اهمی و روش معمول جهت تهیه رب انار و تاثیر آن بر روی بافت و رنگ صورت



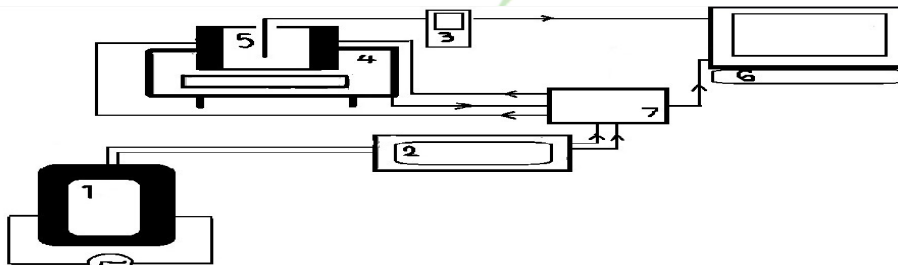
گرفته است، استفاده از روش اهمی تأثیری بر خواص رئولوژی و رنگ رب انار نداشته و به عنوان روش جایگزین توصیه شده است (Yildiz et al., 2008).

اکثر سبزیجات از جمله گوجه فرنگی که منابع غنی از ویتامین ها و مواد معدنی چربی و کربوهیدرات هستند، در صورت عدم اعمال روش های مناسب نگه داری مقادیر قابل توجهی از آن ها دچار انواع فساد میکروبی شیمیایی و فیزیکی گردیده و از بین می‌روند. لذا تولید کنندگان جهت جلوگیری از فساد محصولات مذکور و وارد آمدن خسارت های تغذیه ای و اقتصادی اقدام به ابداع و اعمال شیوه های مختلف جهت نگهداری و جلوگیری از فساد این بخش از مواد غذایی نموده است که از آن جمله میتوان به تولید آب محصولات فوق و اعمال فرایند حرارتی و یا به کارگیری فرآیند تغلیظ اشاره نمود.

بنابراین باتوجه به اهمیت گوجه فرنگی از نظر ارزش تغذیه ای و اقتصادی برای کشور و نیز با در نظر گرفتن بازار مناسب بین المللی فرآورده های گوجه فرنگی در این تحقیق سعی گردیده با استفاده از سامانه کنترل خودکار گرمایش اهمی امکان تولید کنسانتره آب گوجه فرنگی و ویژگی های آن مورد بررسی قرار گیرد (کوشکی، ۱۳۸۸). هدف اصلی از این تحقیق بررسی و ارزیابی استفاده از روش جدید گرمایش اهمی برای تغلیظ آب گوجه و اثر ولتاژهای مختلف بر روی خواص شیمیایی آب گوجه و تعیین بهترین ولتاژ برای این روش است.

## مواد و روش ها

آزمایش های مربوط به گرمایش اهمی در آزمایشگاه خواص دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت. نمونه های انتخاب شده گوجه عاری از هر گونه آفت زدگی، کاملاً سالم و رسیده و از یکی از باغ های حومه شهر قم و به مقدار ۵ کیلوگرم تهیه شد. گوجه ها پس از آبیگری دستی، از یک صافی عبور داده شد بگونه ای که تمام مواد اضافی از آب گوجه جدا شود و آنچه باقی می ماند فقط آب گوجه باشد. سپس درون ظرف هایی ریخته و درون فریزر خانگی در دمای ۲۵- سانتی گراد نگهداری، بگونه ای که کاملاً یخ بزنند. هر بار برای استفاده مقدار مورد نیاز از فریزر خارج شده و یخ زدایی بطور کامل در دمای محیط انجام گرفت.



شکل ۱ - منبع تغذیه (۱)، پاور آنالایزر (۲)، دماسنج دیجیتال (۳)، ترازوی دیجیتال (۴)، سلول (۵)، رایانه (۶)، سامانه کنترل خودکار (۷) ورودی های منبع تغذیه را به جریان برق شهری و خروجی های آن با سیم های رابط به پورت های ورودی پاور آنالایزر متصل



می‌شود. دو پورت خروجی پاور آنالایزر را به سامانه کنترل خودکار و سپس به سلول گرمایش اهمی وصل کرده و پرآب دماسنج دیجیتال را در سلول گرمایش اهمی وارد کرده به گونه‌ای که با کف سلول تماس نداشته، ولی در کل فرآیند با آب گوجه فرنگی در تماس باشد. سلول گرمایش اهمی را بر روی ترازوی دیجیتال قرار داده و سامانه کنترل خودکار و دماسنج دیجیتال با کابل RS-232 به کامپیوتر متصل می‌شوند.

هدف از به‌کارگیری این سامانه کنترل خودکار، کنترل خودکار وزن سلول است. وزن سلول به وسیله ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شده و به رایانه فرستاده می‌شود. سامانه کنترل خودکار برای آنکه بتواند اطلاعات از وزن سلول را دریافت کند، باید به اطلاعات خروجی ترازوی دیجیتال دسترسی داشته باشد. سامانه کنترل خودکار با رایانه در ارتباط باشد و رایانه پس از دریافت اطلاعات ترازو و تبدیل اطلاعات خام به عدد قابل فهم وزن، آن را برای سامانه کنترل خودکار ارسال کند.

یک کیبرد روی سامانه تعبیه شده است تا بتوان از طریق آن عدد وزن مورد نظر را به سامانه اعمال کرد. میکروکنترلر عدد وزن مورد نظر را از طریق کی برد دریافت کرده و در یک آدرس حافظه ذخیره می‌کند. سپس هر یک ثانیه، اطلاعات ترازوی دیجیتال را خوانده و عدد وزن واقعی را با عدد ذخیره شده در حافظه اش مقایسه می‌کند. هرگاه عدد وزن واقعی از وزن ذخیره شده کمتر شود میکرو کنترلر فرمان قطع پاور را صادر می‌کند.

منبع تغذیه را بر روی ولتاژ مورد نظر (ولتاژهای مورد استفاده در ۳ سطح مختلف ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ و در سه تکرار انجام شد) قرار داده و داده‌های مورد نظر ثبت می‌شوند. ترازوی دیجیتال از طریق کابل RS-232 با سامانه کنترل خودکار در ارتباط است. وزن ۲۳ سی‌سی آب گوجه فرنگی معادل ۲۰ گرم برای تمامی نمونه‌ها می‌باشد که در همه آزمایشات این وزن کاملاً رعایت شد. آب گوجه‌ها از بریکس ۷ تا رسیدن به بریکس ۲۵ (که بر اساس استاندارد شماره ۷۶۱، بریکس استاندارد برای آب گوجه غلیظ شده می‌باشد) به صورت اهمی گرمایش داده و غلیظ شدند.

در حین انجام عملیات میزان بریکس (میزان مواد جامد محلول در آب گوجه فرنگی بر اساس واحد بریکس بیان می‌شود و اندازه‌گیری بریکس با دستگاه رفرکتومتر دستی می‌باشد) در لحظه اولیه بصورت دستی اندازه‌گیری می‌شد که مقدار بریکس ۷ بدست آمد. مقدار وزن نهایی مدنظر (وزن معادل بریکس ۲۵) در سامانه کنترل خودکار به صورت دستی وارد شده، با شروع فرآیند تغلیظ و به محض رسیدن وزن نمونه به مقدار ثبت شده، سامانه جریان برق را به سلول قطع و فرآیند را متوقف می‌ساخت. بعد از هر آزمایش و خالی کردن آب گوجه تغلیظ شده سلول کاملاً باز و با یک دستمال مرطوب تمیز می‌شد به گونه‌ای که هیچ گونه آثاری از نمونه قبلی بر روی دستگاه نمانده باشد. آب گوجه بلافاصله بعد از جوشیدن شروع به تولید کف می‌کند که بعد از گذشت مدت زمانی شدت تولید کف کاهش یافته و فرآیند کاهش جرم و از دست دادن رطوبت اتفاق می‌افتد.

### هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی در واقع مقیاسی است از اینکه یک جسم تا چه مقدار بار الکتریکی را منتقل می‌سازد و بر اساس واحد زیمنس بر



متر (S/m) بیان می‌شود. در تکنولوژی گرمایش اهمی هدایت بر اساس مقدار مواد معدنی و یا مقدار یونها اندازه گیری می‌شود. برای مواد غذایی، معمولا هدایت الکتریکی به دلیل وجود ترکیبات نمک و رطوبت است. هر چه میزان نمک حل شده در ماده غذایی بیشتر باشد هدایت الکتریکی بیشتر می‌باشد (Sarang et al., 2008).

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

$$A = \frac{m}{\rho l} \quad (2)$$

$\sigma$ ، هدایت الکتریکی (S/m)،  $V$ ، ولتاژ بر حسب ولت (v)،  $I$ ، شدت جریان بر حسب آمپر (A)،  $L$ ، فاصله بین الکترود بر حسب متر (m)،  $A$ ، مساحت مقطع موثر الکترود بر حسب متر مربع ( $m^2$ )،  $m$ ، وزن آب گوجه در هر لحظه (kg) و  $\rho$ ، مقدار چگالی ( $kg/m^3$ ) است. در این تحقیق فاصله بین دو الکترود ۵ cm می‌باشد.

## نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از تحقیق در بخش تغییرات پارامترها، بررسی تغییرات ولتاژ، دما، زمان، شدت جریان و هدایت الکتریکی در طی گرمایش تا رسیدن به بریکس ۲۵، آورده شده اند.

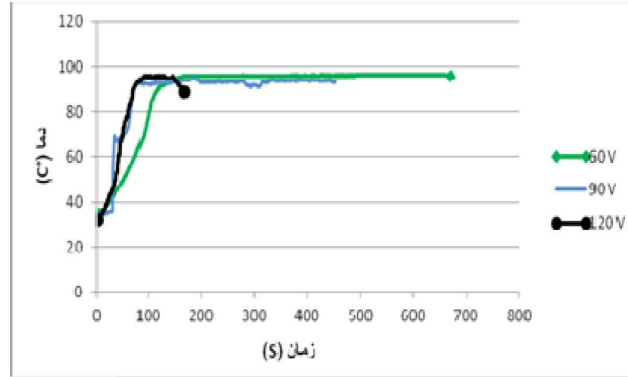
### بررسی تغییرات دما، زمان طی فرآیند گرمایش

تغییرات دما و زمان در طی فرآیندهای گرمایشی اهمی و حرارت‌دهی معمولی و تغییرات آمپر در طی فرآیند گرمایش اهمی برای هر ۳ گرادیان ولتاژ بکار برده شده بررسی شد و نمودارهای مربوط به تغییرات دما-زمان و تغییرات زمان-وزن در طول گرمایش اهمی رسم شده است.

### تغییرات زمان-دما

همانطور که از نمودار ۱ پیداست، با بالا رفتن میزان ولتاژ، زمان گرمایش کوتاهتر شده و در زمان کمتری دمای نمونه به ۹۶ درجه سانتیگراد و به غلظت مورد نظر رسیده است. در ولتاژ ۱۲۰ آب گوجه فرنگی در کوتاهترین زمان و در ولتاژ ۶۰ در طولانی‌ترین زمان به غلظت مورد نظر می‌رسد. افزایش سرعت فرآیند تغلیظ با بالا رفتن ولتاژ به این دلیل است که با بالا رفتن ولتاژ قدرت میدان الکتریکی بیشتر شده و در نتیجه گرمای بیشتری نیز تولید می‌شود.

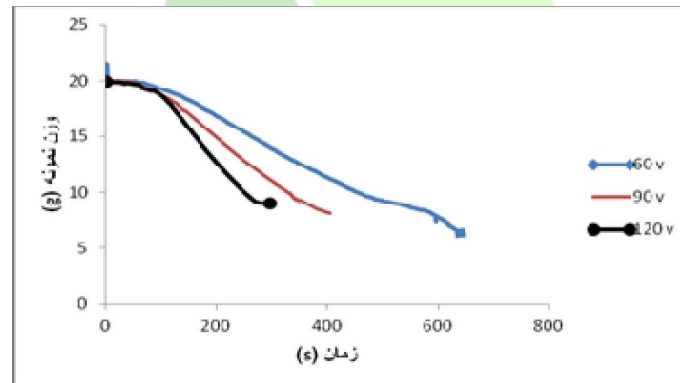
نکته قابل توجه اینست که در تمام نمونه‌ها بعد از گذشت زمانی، دما ثابت می‌شود و تا رسیدن غلظت نمونه به غلظت نهایی و اتمام فرآیند، ثابت می‌ماند. با بالاتر رفتن ولتاژ، مدت زمان در طول ثابت ماندن دما، کاهش می‌یابد.



نمودار ۱- تغییرات دما- زمان تا رسیدن به بریکس ۲۵

### تغییرات وزن-زمان گرمایش

در نمودار ۲ تغییرات وزن-زمان گرمایش مشاهده می‌شود. در ولتاژ ۶۰ تغییرات وزن در ۶۴۰ ثانیه و در ولتاژ ۱۲۰ در ۲۹۰ ثانیه رخ می‌دهد. در ولتاژ ۱۲۰، نمودار وزن و زمان گرمایش شیب تندتری دارد که خود نشان دهنده تغلیظ سریعتر و کوتاه شدن زمان فرآیند می‌باشد. تغییرات وزن مربوط به ولتاژ ۶۰ پراکندگی کمتر و از دقت بیشتری برخوردار است.



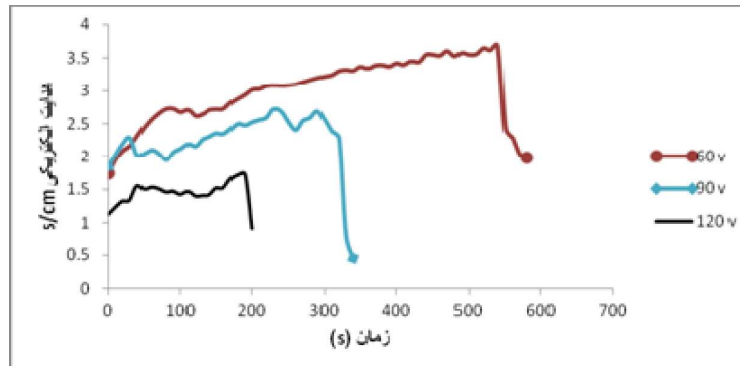
نمودار ۲- تغییرات وزن- زمان تا رسیدن به بریکس ۲۵

### هدایت الکتریکی

تغییرات هدایت الکتریکی در طول فرآیند گرمایش اهمی برای هر سه گرادیان ولتاژ بکار برده شده محاسبه شد.

### تغییرات هدایت الکتریکی با زمان گرمایش

همانطور که در نمودار ۳ نیز مشاهده می‌شود، هدایت الکتریکی نمونه‌ها با افزایش زمان و دمای گرمایش ابتدا روند صعودی داشته و با شروع جوشش نمونه‌ها و کاهش وزن، رو به کاهش گذاشته (بدلیل افزایش غلظت مواد جامد) و دوباره با افزایش دما، روند صعودی به خود می‌گیرد. در نهایت با ثابت شدن دما و یکنواختی رطوبت از دست رفته، پس از مدتی هدایت الکتریکی کاهش می‌یابد. ماگزیمم هدایت الکتریکی در ولتاژ ۶۰ و برابر  $3.64 \text{ S/m}$  می‌باشد.



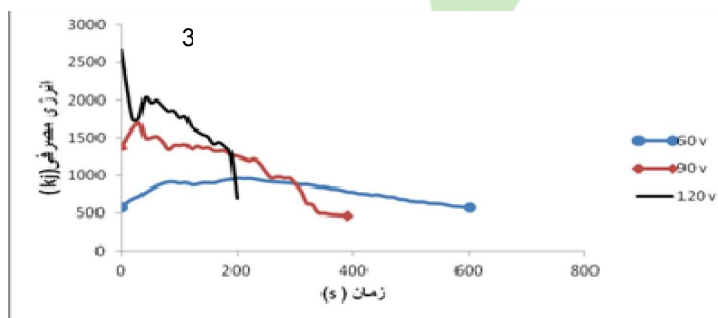
نمودار ۳- تغییرات هدایت الکتریکی- زمان برای ولتاژهای مختلف

### انرژی مصرفی

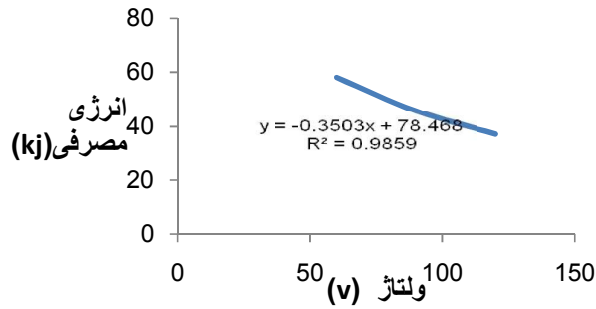
انرژی مصرفی در طول فرآیند گرمایش اهمی با استفاده از آمپر و ولتاژ ثبت شده در طول آزمایش محاسبه شد. که مقدار شدت جریان و ولتاژ در هر ده ثانیه قرار داده شده است. برای محاسبه  $E_{taken}$ ، مقدار ظرفیت ویژه در گرمای ثابت برای آب گوجه برابر  $3.98 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C}$  و مقدار گرمای نهان آب برابر  $2260 \text{ kJ/kg}$  در نظر گرفته شده است.

همانطور که از نمودار ۴ نیز دیده می‌شود با بالا رفتن گرادیان ولتاژ و کوتاهتر شدن زمان فرآیند، انرژی مصرفی نیز با شیب بالاتری کاهش می‌یابد. تغییرات مربوط به ولتاژ ۹۰ دارای دقت و اطمینان بیشتری است. (نمودار سی‌وزنگ مربوط به ولتاژ ۱۲۰ و آبی مربوط به ولتاژ ۶۰ است).

با توجه به نمودار ۵، انرژی مصرفی با افزایش ولتاژ، کاهش می‌یابد. چون با افزایش ولتاژ، شدت جریان در طول فرآیند گرمایش کاهش بیشتری دارد. در جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی به منظور بررسی اثر ولتاژ بر روی میزان انرژی مصرفی نمونه‌ها آورده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود اثر ولتاژ در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است.



نمودار ۴- تغییرات انرژی مصرفی- زمان برای ولتاژهای مختلف



نمودار ۵- تغییرات انرژی مصرفی- ولتاژ برای ولتاژهای مختلف

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات ولتاژ بر روی انرژی مصرفی

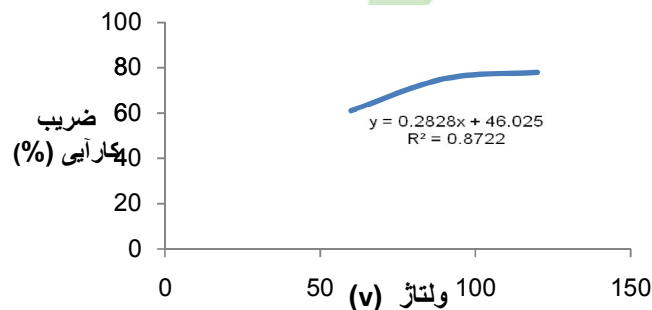
Dependent Variable: Egiven

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	684.178 <sup>a</sup>	2	342.089	24.896	.001
Intercept	19539.939	1	19539.939	1422.063	.000
Voltage	684.178	2	342.089	24.896	.001
Error	82.443	6	13.741		
Total	20306.561	9			
Corrected Total	766.621	8			

a. R Squared = .892 (Adjusted R Squared = .857)

### ضریب کارایی سیستم گرمایش اهمی

ضریب کارایی سیستم برای ولتاژهای ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ محاسبه شد.



نمودار ۶- تغییرات ضریب کارایی- ولتاژ برای ولتاژهای مختلف



با توجه به نمودار ۶ می‌توان گفت که ضریب کارایی سیستم گرمایش اهمی با افزایش گرادیان ولتاژ افزایش چشمگیری دارد و این به دلیل کمتر شدن زمان فرآیند می‌باشد. به دلیل طولان شدن زمان فرآیند در گرادیان ولتاژهای پایین انرژی گرمایی بیشتری از دیواره های سلول از طریق جابجایی به محیط انتقال پیدا می‌کند و همچنین از منفذی که در بالای سلول برای ریختن آب گوجه فرنگی و قرار دادن ترموکوپل تعبیه شده انرژی گرمایی از طریق بخار به محیط داده می‌شود و باعث پایین آمدن ضریب کارایی سیستم بخصوص در گرادیان های پایین تر که زمان فرآیند طولانی تر است می‌شود.

بیشترین ضریب کارایی سامانه مربوط به ولتاژ ۱۲۰ و برابر ۷۸.۰۹ درصد است.

در جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی به منظور بررسی اثر ولتاژ بر روی میزان ضریب کارایی سامانه آورده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود اثر ولتاژ در سطح ۱ درصد معنی دار شده است. همچنین در جدول ۳ مشاهده می‌گردد که بین اثر ولتاژهای ۹۰ و ۱۲۰ ولت تفاوت چشمگیری وجود نداشته و ولتاژ ۶۰ اثر بیشتری بر میزان ضریب کارایی سامانه دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات ولتاژ بر روی ضریب کارایی

Dependent Variable: SPC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	454.861 <sup>a</sup>	2	227.431	22.187	.002
Intercept	45790.294	1	45790.294	4467.012	.000
Voltage	454.861	2	227.431	22.187	.002
Error	61.505	6	10.251		
Total	46306.659	9			
Corrected Total	516.366	8			

a. R Squared = .881 (Adjusted R Squared = .841)

جدول ۳- آزمون دانکن برای مقایسه میانگین های ضریب کارایی سامانه

Subset			Voltage
2	1		
	61.5033	3	60 V
74.3967		3	90 V
78.0867		3	120 V
.208	1.000		Sig.



## نتیجه گیری

همانطور که ذکر شد برای تغلیظ آب گوجه فرنگی از روش گرمایش اهمی که روشی جدید در فرآوری غذا می‌باشد استفاده و پارامترهای مختلف و تغییرات آن‌ها بررسی شد.

استفاده از سامانه کنترل خودکار در این تحقیق، باعث شد تا قطع جریان و اتمام فرآیند تغلیظ بطور خودکار انجام گرفته و دقت عمل افزایش یابد.

همچنین این نتیجه حاصل شد که در ولتاژهای بالاتر و بویژه ۱۲۰ ولت، کمی قبل از رسیدن وزن نمونه به مقدار اعمال شده در سامانه ( وزن معادل بریکس ۲۵ که نشان می‌دهد نمونه بدرستی تغلیظ گشته است)، فرآیند تبخیر و تغلیظ نمونه پایان یافت و جریان بطور دستی قطع گردید.

در بررسی که بر روی ضریب کارایی سامانه انجام گرفت، مشخص شد که با افزایش گرادیان ولتاژ و کاهش زمان فرآیند گرمایش ضریب کارایی سامانه بطور چشمگیری افزایش پیدا می‌کند. تغییر میزان ولتاژ بر روی ضریب کارایی سامانه در سطح ۱٪ ارتباط معناداری داشته است. هدایت الکتریکی نمونه‌ها با افزایش زمان در ابتدا تقریباً به صورت خطی افزایش یافته و سپس بطور غیر خطی کاهش می‌یابد. ماگزیمم هدایت الکتریکی در ولتاژ ۶۰ و برابر  $3/64 \text{ S/m}$  می‌باشد.

## فهرست منابع

- جلالی، م.، یارمند، م. ۱۳۹۰. کاربرد حرارت دهی اهمیک در مواد غذایی، کنفرانس خاورمیانه ای خشک کردن، اهواز، بهمن ۱۳۹۰.
- کوشکی، م.، عزیزی، م. ۱۳۸۸. تولید و ویژگی‌های حسی کنسانتره آب گوجه فرنگی، مجله علوم و صنایع غذایی، پاییز ۱۳۸۹، ص ۹۹-۱۰۸.

Leizeron, S., and E.Shimoni. 2005. Stability and sensory shelf Life of orange juice pasteurized by continuous ohmic heating. j. agric. food chem.

Yildiz, H., H. Bozkurt, and F.Icier. 2008. Ohmic and Conventional Heating of Pomegranate Juice Effects on Rheology, Color and Total PHenolics. Food Science and Technology International 15:503-514.

Sarang , S., S.K. Sastry, and L.Knipe.2008. Electrical conductivity of fruits and meats during ohmic heating. Journal of Food Engineering 87 : 351-356.



## Concentration Tomato Juice By Ohmic Heating System With Automatic Control

Hosain Shahgholi<sup>1</sup> Mohammad Hadi Khoshtaghaza<sup>2\*</sup> Mohammad Zareinand<sup>3</sup> and Mani Ghanbari<sup>4</sup>

1,4 - MSc Student, Department of Farm Machinery Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University of Tehran.

2- Associate Professor, Department of Farm Machinery Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University of Tehran.

3- PhD Student, Department of Farm Machinery Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University of Tehran.

### Abstract

Ohmic heating is an advanced thermal process in which foods act as electrical resistance. Laboratory system usually consists of electrodes that are in contact with food material and electricity current is passed through the material using a voltage change. Manufacturers to prevent of spoilage and damage of food products and economic aspects developed and applied variety ways utilizing heat or condensation processes method. In this study, samples of tomato juice were concentrated under three voltages of 60, 90 and 120 v at three replications up to reach the Brix index of 25. Samples of concentrated tomato juice were studied at different voltage gradients in terms of changes in various parameters. Results showed that the maximum temperature of all samples were 97 °C and the highest electrical conductivity was obtained at voltage of 60 v as 3.64 s/m. Also, the highest efficiency coefficient of system was obtained at voltage of 120 v as 78.09%. Changing the voltage was significant on the energy consumption and efficiency coefficient of system at 1% level.

**Keywords:** Automatic control system, ohmic heating, concentrating, electrical conductivity