

## مقایسه روش های خشک کردن ورقه های موز به شیوه الکترو هیدرودینامیک ، آون و جریان هوای داغ

کیانوش پیرنظری، علی اسحق بیگی، مرتضی صادقی

گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، 83111-84156

E-mail: eshaghbeygi@cc.iut.ac.ir

### چکیده

خشک کردن محصولات کشاورزی در درجه حرارت های بالا از فرآیندهای پر مصرف انرژی است و اغلب تغییرات نامطلوبی در خواص فیزیکی و شیمیایی مواد غذایی ایجاد می کند. برای کاهش انرژی مصرفی خشک کردن، بایستی سایر شیوه های خشک کردن نیز مورد بررسی قرار گیرد. یکی از فرآیندهای نوین خشک کردن، روش الکترو هیدرودینامیک می باشد. در این شیوه با مصرف انرژی کمتر می توان محصولی با کیفیت بالا از نظر رنگ، میزان چروکیدگی و طعم نسبت به سایر روش های متداول خشک کردن تولید کرد. در تحقیق حاضر، خشک کردن ورقه های موز به شیوه الکترو هیدرودینامیک در شدت میدان الکتریکی 6، 8 و 10 کیلو ولت بر سانتی متر در مقایسه با خشک کردن به شیوه آون در دماهای 50، 60 و 70 درجه سانتی گراد و جریان همرفت هوای داغ در دماهای 50، 60 و 70 درجه سانتی گراد و سرعت هوای 1 متر بر ثانیه از نظر شاخص های مدت زمان خشک کردن، شاخص باز جذب آب، شاخص رنگ، چروکیدگی و مصرف انرژی در دانشگاه صنعتی اصفهان در شهریور ماه سال 1390 مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز مقایسه های گروهی و مقایسه میانگین LSD در طرح کاملا تصادفی نشان داد که شیوه خشک کردن، تاثیر معناداری بر مدت زمان خشک شدن و شاخص جذب مجدد آب، شاخص تغییر رنگ ( $\Delta E$ )، و چروکیدگی داشت. نتایج نشان داد میانگین انرژی مصرفی خشک کردن ورقه های موز به شیوه الکترو هیدرودینامیک، آون و جریان همرفت هوای داغ به ترتیب برابر 0/34، 487/55 و 1096/31 کیلو ژول بر گرم بود.

کلمات کلیدی: الکترو هیدرودینامیک، جریان هوای داغ، خشک کردن، ورقه های موز

### مقدمه

در گذشته بشر با استفاده از عوامل طبیعی، مواد و محصولات غذایی را خشک می نمود که این شیوه اولیه مشکلاتی داشت موجب افت کیفیت محصول می شد. با پیشرفت فن آوری، بشر به استفاده از روش های صنعتی برای خشک کردن محصولات روی آورد. یکی از فرآیندهای نوین خشک کردن، روش الکترو هیدرودینامیک می باشد. خشک کردن به روش الکترو هیدرودینامیک برای مواد حساس به حرارت های بالا مانند فرآورده های کشاورزی که با استفاده از روش خشک کردن معمول بوسیله هوای گرم در دماهای بالا آسیب می بینند، مناسب می باشد. مکانیزم خشک شدن به شیوه الکترو هیدرودینامیک عموماً به باد الکتریکی تولید شده توسط میدان الکتریکی به عنوان نیروی محرکه اساسی در خشک کردن نسبت داده می شود. تعداد زیادی از یون های هوا توسط تخلیه کورونا در سیستم الکتروود و صفحه یونیزه کننده در ناحیه کوچک اطراف الکتروود ن قطه ای تولید می شود. یون های تولید شده، بوسیله میدان الکتریکی شتاب داده می شوند و سبب حرکت هوا شده و از این رو سبب تولید باد الکتریکی می شود. باد الکتریکی به ماده تر برخورد می کند و سبب افزایش انتقال جرم به منظور بهبود نرخ خشک شدن می شود [Asakawa, 1976]. آساکاوا (1976) در یک مطالعه بر روی افزایش و کاهش نرخ انتقال گرما بوسیله میدان الکتریکی، مشاهده کرد که سرعت تبخیر آب حدود 5/8-4 برابر در میدان الکتریکی ولتاژ بالا افزایش یافت. بارتاکور

(1990) گزارش داد که سرعت تبخیر محلول نمک با غلظت های مختلف بوسیله روش الکتروهیدروپینامیک 3/9- برابر در مقایسه با تبخیر در هوای آزاد بود. خشک کردن به روش الکتروهیدروپینامیک در افزایش نرخ انتقال جرم و گرما در پختن کیک و نان نیز مورد استفاده قرار گرفته است [Hashinaga et al., 1999]. در تحقیق حاضر، خشک کردن ورقه های موز به شیوه الکتروهیدروپینامیک در میدان الکتریکی با شدت 6، 8 و 10 کیلو ولت بر سانتی متر با خشک کردن در آون در دمای 50، 60 و 70 سانتی گراد و جریان همرفت هوای داغ در دمای 50، 60 و 70 سانتی گراد و سرعت هوای 1 متر بر ثانیه از نظر شاخص های مدت زمان خشک شدن، چروکیدگی، شاخص بلنجدب آب، شاخص های رنگ و مصرف انرژی مورد مقایسه قرار گرفته است.

## مواد و روش ها

نمونه های موز با نام تجاری چیکویتا از بازار اصفهان خریداری شد. برای تعیین میزان رسیدگی و یکنواخت بودن سفتی نمونه های موز از دستگاه سفتی سنج میوه استفاده شد. موزهایی با رسیدگی یکسان و قطر متوسط 28 میلی متر را بعد از پوست کندن به روش مکانیکی توسط چاقو به صورت ورقه هایی به ضخامت 3 میلی متر در آورده شد. در هر آزمایش حدود 20 گرم ورقه موز به شیوه های الکتروهیدروپینامیک در سه سطح شدت میدان 6، 8 و 10 کیلو ولت بر سانتی متر، آون (دماهای 50، 60 و 70 درجه سانتی گراد) و جریان هوای داغ در دماهای 50، 60 و 70 درجه سانتی گراد و سرعت هوای 1 متر بر ثانیه، خشک شدند. همه ی آزمایش ها در دمای اتاق ( $27 \pm 3^\circ \text{C}$ , 60-63% RH) انجام شد. سامانه خشک کردن الکتروهیدروپینامیک شامل دو صفحه فولادی مربعی شکل مقابل هم با فاصله قابل تنظیم بود که بر روی یکی از صفحات 25 عدد سوزن یونیزه کننده وجود داشت (شکل 1). سامانه مورد نظر از یک منبع تغذیه ولتاژ بالا با قابلیت تنظیم ولتاژ بین 0 تا 22 کیلو ولت و حداکثر خروجی جریان 1 میلی آمپر تشکیل شده، بطوری که قطب مثبت منبع تغذیه به صفحه ی زائده دار و قطب منفی به صفحه ی بدون زائده متصل بود. در این آزمایش فاصله بین نوک الکترودهای یونیزه کننده و صفحه ی بدون زائده برابر 2 سانتی متر بود. خشک شدن ورقه های موز تا محتوای رطوبتی 17/5٪ بر پایه خشک صورت گرفت. و روند سنتیک خشک شدن در فواصل زمانی منظم دقیقه با ترازوی دیجیتال با دقت 0/001 ثبت شد. هر آزمایش سه بار تکرار شد. در تحقیق فوق مدت زمان خشک شدن، ظرفیت جذب مجدد آب، شاخص تغییر رنگ، چروکیدگی و انرژی مصرفی اندازه گیری شد. برای اندازه گیری شاخص جذب مجدد آب، نمونه هایی از محصول خشک شده با وزن حدود 5 گرم درون آب مقطر با دمای  $50^\circ \text{C}$  غوطه ور کرده و بعد از سپری شدن 15 دقیقه و پاک کردن آب - های سطحی، میزان آب جذب شده با استفاده از رابطه ی (1) اندازه گیری شد [Lee et al., 2006]. چروکیدگی نمونه های خشک شده با اندازه گیری تغییر مساحت ورقه های موز در ابتدا و انتهای آزمایش و استفاده از رابطه (1) انجام گرفت. انرژی مصرفی فرآیند خشک کردن به روش الکتروهیدروپینامیک و آون با استفاده از ثبت شدت

جریان و ولتاژ عبوری و استفاده از رابطه ی (3) اندازه گیری شد [Esehaghbeygi and Basiry, 2011]

$$w_g = \frac{w_t - w_d}{w_d} * 100 \quad \text{رابطه (1)}$$

: به ترتیب وزن خشک، وزن نمونه به تعادل رسیده و درصد جذب آب می باشد. برای محاسبه شاخص تغییر رنگ ( $\Delta E$ )، بعد از تعیین شاخص های رنگ  $a^*$ ،  $L^*$  و  $b^*$  ورقه های موز اولیه و خشک شده، با استفاده از رابطه (2)، شاخص تغییر رنگ محاسبه شد.

$$\Delta E = \left( (L_0^* - L_1^*)^2 + (a_0^* - a_1^*)^2 + (b_0^* - b_1^*)^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

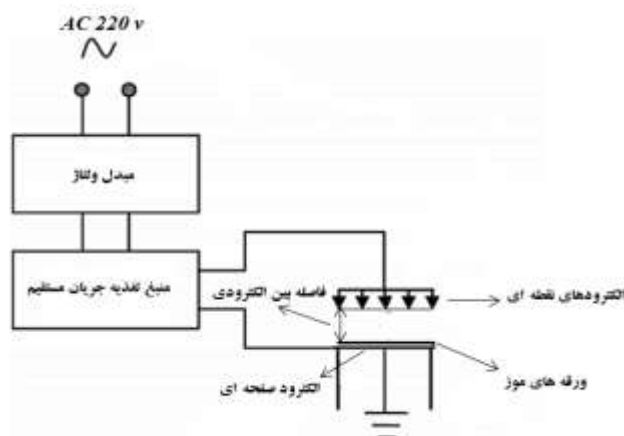
که زیر نویس های 0 و 1 به ترتیب مربوط به شاخص های رنگ نمونه اولیه و خشک شده می باشد. برای محاسبه چروکیدگی قطری از رابطه (3) شد.

$$\Delta A = \left( 1 - \frac{A}{A_0} \right) * 100 \quad (3)$$

$\Delta A, A, A_0$ : به ترتیب درصد کاهش سطح نمونه، سطح نمونه اولیه و سطح نمونه خشک شده می باشد. با استفاده از رابطه (4) انرژی مصرفی اندازه گیری شد.

$$E = V \cdot I t / m_0 - m_d \quad (4)$$

به ترتیب انرژی مصرفی، ولتاژ، جریان، زمان خشک شدن، وزن خشک و وزن اولیه نمونه می باشد. به منظور بررسی تاثیر تیمارهای مختلف بر صفات اندازه گیری شده از طرح کاملا تصادفی استفاده شد و برای مقایسه روش های مختلف خشک کردن بر صفات اندازه گیری شده از مقایسه های گروهی استفاده شد. در صورت معنی دار بودن اثر هر عامل آزمایشی از آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) استفاده گردید.

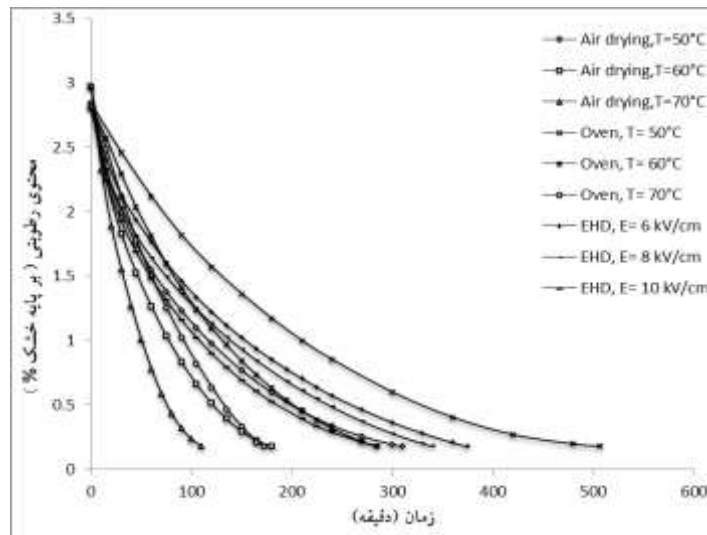


شکل 1: شماتیک سامانه خشک کردن به شیوه الکتروهیدرودینامیک

## نتایج و بحث

شکل 2 تغییرات محتوی رطوبتی ورقه های موز همراه با زمان در تیمارهای مختلف را نشان داده است. با توجه به تجزیه واریانس انجام گرفته، اثر تیمارهای مختلف بر مدت زمان خشک شدن، ظرفیت باز جذب آب، شاخص تغییر رنگ و چروکیدگی در سطح احتمال 0/1 درصد معنی دار بود. کمترین مدت زمان خشک شدن مربوط به شیوه جریان همرفت هوای داغ در دمای 70 درجه سانتی گراد و بیشترین مدت زمان خشک شدن مربوط به آن در دمای 50 درجه سانتی گراد بود (جدول 1). با توجه به جدول مقایسه می انگین (1)، در شیوه الکتروهیدرودینامیک با افزایش شدت میدان الکتریکی، مدت زمان خشک شدن ورقه های موز کاهش یافت. با

افزایش ولتاژ، میدان الکتریکی بین دو صفحه و متعاقبا باد الکتریکی تولید شده، افزایش یافته و سبب افزایش آهنگ خشک شدن و کاهش مدت زمان خشک شدن می شود [Basiry and Esehaghbeygi, 2010].



شکل 1: تغییرات محتوی رطوبتی ورقه های موز در مقابل زمان

مقایسه های گروهی در طرح کاملا تصادفی نشان می دهد، بین مدت زمان خشک شدن ورقه های موز به هر سه شیوه الکترو هیدرودینامیک، آون و جریان همرفت هوای داغ اختلاف معناداری وجود دارد. میانگین مدت زمان خشک شدن ورقه های موز به شیوه الکترو هیدرودینامیک، آون و جریان همرفت هوای داغ به ترتیب برابر 335/8، 321/3 و 199/8 دقیقه می باشد. در شیوه الکترو هیدرودینامیک، باد الکتریکی تولید شده به سطح محصول برخورد کرده و سبب جدا شدن رطوبت از سطح محصول شده و رطوبت را تا حدودی از ناحیه روی سطح محصول دور می کند. با از بین رفتن رطوبت سطحی، به علت اختلاف گرادیان رطوبتی سطح و درون محصول، رطوبت از درون به سطح محصول منتقل می شود. با توجه به اینکه خشک کردن به شیوه الکترو هیدرودینامیک در دمای محیط انجام شده است، بنابراین اختلاف دما بین نمونه و محیط اطراف وجود ندارد. لذا حرارت به درون محصول نفوذ نکرده و نقشی در خروج رطوبت ندارد و به همین علت مدت زمان خشک شدن بیشتر است. غیر گرمایی بودن فرآیند خشک کردن به شیوه الکترو هیدرودینامیک قبلا گزارش شده است [Hashinaga et al., 1999].

جدول 1- مقایسه ی میانگین شاخص های اندازه گیری شده نمونه های خشک شده\*

روش خشک کردن	مدت زمان خشک شدن (min)	قابلیت باز جذب آب (%)	چروکیدگی قطری (%)	شاخص تغییر رنگ (ΔE)
EHD (6 kV/cm)	372/5 <sup>b</sup> ±10/0*	80/78 <sup>b</sup> ±0/48*	21/30 <sup>dc</sup> ±0/79*	16/25 <sup>e</sup> ±1/19
EHD (8 kV/cm)	342/5 <sup>c</sup> ±5/5	84/34 <sup>a</sup> ±0/57	21/54 <sup>dc</sup> ±2/10	21/55 <sup>dc</sup> ±0/62
EHD (10 kV/cm)	292/5 <sup>e</sup> ±11/0	84/52 <sup>a</sup> ±1/13	19/17 <sup>e</sup> ±0/73	26/78 <sup>ab</sup> ±1/01
آون (50°C)	506/0 <sup>a</sup> ±5/0	79/89 <sup>b</sup> ±1/69	27/05 <sup>bc</sup> ±2/58	27/80 <sup>a</sup> ±2/21
آون (60°C)	283/0 <sup>e</sup> ±12/1	79/52 <sup>b</sup> ±2/32	25/19 <sup>dc</sup> ±2/26	18/07 <sup>e</sup> ±0/72
آون (70°C)	174/83 <sup>t</sup> ±4/5	79/15 <sup>b</sup> ±1/94	26/30 <sup>c</sup> ±0/68	25/84 <sup>ab</sup> ±1/25

17/29 <sup>e</sup> ±1/5	31/45 <sup>ab</sup> ±5/78	79/72 <sup>b</sup> ±1/32	312/5 <sup>a</sup> ±2/5	جریان هوای داغ (50°C)
18/62 <sup>de</sup> ±0/74	28/23 <sup>abc</sup> ±3/09	78/64 <sup>b</sup> ±2/77	180/0 <sup>f</sup> ±15/0	جریان هوای داغ (60°C)
23/66 <sup>bc</sup> ±4/2	32/09 <sup>a</sup> ±1/14	78/10 <sup>b</sup> ±1/81	106/76 <sup>g</sup> ±5/8	جریان هوای داغ (70°C)

\* انحراف از معیار

\* حروف غیر مشابه بیانگر وجود اختلاف معنی دار (آزمون  $LSD$ ، /5)

مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین ظرفیت جذب مجدد آب مربوط به تیمار الکتروهیدرودینامیک در شدت میدان الکتریکی 10 کیلو ولت بر سانتی متر و کمترین ظرفیت جذب مجدد آب مربوط به تیمار جریان همرفت هوای داغ در دمای 70 درجه سانتی گراد می باشد. مقایسه های گروهی در طرح کاملا تصادفی نشان می دهد بین مقدار ظرفیت باز جذب آب نمونه های خشک توسط شیوه الکتروهیدرودینامیک با نمونه های خشک شده توسط آون و جریان همرفت هوای داغ اختلاف معنی داری وجود دارد. میانگین مقادیر ظرفیت باز جذب آب نمونه های خشک شده به شیوه های الکتروهیدرودینامیک، آون و جریان همرفت هوای داغ به ترتیب برابر 83/1، 79/52 و 79/0 درصد می باشد. مقادیر بالاتر ظرفیت باز جذب آب در نمونه های خشک شده توسط شیوه الکتروهیدرودینامیک، بیانگر اینست که به بافت محصول آسیب کمتری وارد شده و کیفیت آن نسبت به نمونه های خشک شده توسط آون و جریان همرفت هوای داغ بالاتر است. ماهیت غیر گرمایی بودن خشک کردن به شیوه الکتروهیدرودینامیک، قابلیت بالای باز جذب آب محصول خشک شده را نسبت به سایر شیوه های خشک شدن به همراه دارد [Bajgai and Hashinaga., 2001a]. در جدول (1) مقایسه میانگین شاخص تغییر رنگ ورقه های موز خشک شده ( $\Delta E$ ) نشان داده شده است. با توجه به جدول مقایسه میانگین (1)، تیمار مربوط به شیوه الکتروهیدرودینامیک در شدت میدان الکتریکی 6 کیلو ولت بر سانتی متر دارای کمترین مق داز شاخص  $\Delta E$  و تیمار مربوط به آون در دمای 50 درجه سانتی گراد دارای بیشترین مق دار شاخص  $\Delta E$  می باشد. به عبارت دیگر ورقه های موز خشک شده در شدت میدان الکتریکی 6 کیلو ولت بر سانتی متر دارای بالاترین کیفیت و کمترین تغییر رنگ، و ورقه های موز خشک شده در آون در دمای 50 درجه سانتی گراد دارای کمترین کیفیت و بیشترین تغییر رنگ می باشد. مقایسه های گروهی در طرح کاملا تصادفی نشان داد. بین شاخص تغییر رنگ ( $\Delta E$ ) نمونه های خشک شده به شیوه الکتروهیدرودینامیک با آون، و نمونه های خشک شده آون با جریان همرفت هوای داغ اختلاف معنی داری وجود داشت ولی بین شاخص تغییر رنگ ( $\Delta E$ ) نمونه های خشک شده به شیوه الکتروهیدرودینامیک و جریان همرفت هوای داغ اختلاف معنی داری مشاهده نشد. میانگین مقادیر شاخص  $\Delta E$  مربوط به شیوه های الکتروهیدرودینامیک، آون و جریان همرفت هوای داغ به ترتیب برابر 21/52، 23/91 و 19/86 بود. مشاهده میانگین مقدار  $\Delta E$  مربوط به هر سه شیوه خشک شدن نشان داد که مقدار شاخص تغییر رنگ نمونه های خشک شده به شیوه های جریان همرفت هوای داغ و الکتروهیدرودینامیک از مقدار بدست آمده برای نمونه های خشک شده توسط آون کمتر بوده، به عبارت دیگر رنگ نمونه های خشک شده به شیوه های جریان همرفت هوای داغ و الکتروهیدرودینامیک به رنگ نمونه های اولیه نزدیکتر است و در حین فرآیند تغییر رنگ کمتری در رنگ نمونه ها ایجاد شده است. باجگای و هاشیناگا (2001b) و اسحق بیگی و بصیری (2011) گزارش دادند که رنگ نمونه های خشک شده به شیوه الکتروهیدرودینامیک از رنگ نمونه های خشک شده در آون و نمونه خشک شده در محیط، به رنگ نمونه های اولیه نزدیکتر بود. جدول مقایسه میانگین نشان داد کمترین چروکیدگی مربوط به تیمار الکتروهیدرودینامیک در شدت میدان الکتریکی 10 کیلو ولت بر سانتی متر و بیشترین چروکیدگی مربوط به تیمار جریان همرفت هوای داغ در دمای 70 درجه سانتی گراد می باشد. با مشاهده جدول مقایسه میانگین، دیده می شود بین چروکیدگی قطری هر سه شدت میدان الکتریکی 6، 8 و 10 کیلو ولت بر

سانتی متر مربوط به شیوه الکتروهایدرودینامیک اختلاف معنی داری وجود ندارد. اسحق بیگی و بصیری (2011)، در نتایجی مشابه نشان دادند که چروکیدگی ورقه های گوجه فرنگی خشک شده به شیوه الکتروهایدرودینامیک در شدت میدان های الکتریکی مختلف معنی دار نبود. جدول مقایسه میانگین نشان می دهد که بین چروکیدگی قطری ورقه های موز خشک شده به شیوه آن در سه سطح دمایی 50، 60 و 70 درجه سانتی گراد اختلاف معنی داری وجود ندارد. ال محتسب و همکاران (2004) با خشک کردن ژل نشاسته سیب زمینی در دماهای مختلف به نتیجه ای مشابه رسیدند. به طور مشابه بین چروکیدگی قطری ورقه های موز خشک شده به شیوه جریان همرفت هوای داغ در سه سطح دمای 50، 60 و 70 درجه سانتی گراد اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول 1). مقایسه های گروهی در طرح کاملاً تصادفی نشان می دهد که بین چروکیدگی قطری ورقه های موز خشک شده به هر سه شیوه الکتروهایدرودینامیک، آن و جریان همرفت هوای داغ اختلاف معنی داری وجود داشت. میانگین مقادیر چروکیدگی قطری ورقه های موز خشک شده به شیوه های الکتروهایدرودینامیک، آن و جریان همرفت هوای داغ به ترتیب برابر 20/67، 26/18 و 30/59 درصد بود. خارج شدن آب از بافت محصول و وجود گرما موجب ایجاد تنش در ساختار سلولی مواد غذایی می شود که نتیجه این حالت تغییر شکل و کاهش ابعاد است [Mulet., 1994]. با توجه به اینکه شیوه الکتروهایدرودینامیک ماهیتی غیر گرمایی دارد و خشک کردن ورقه های موز در دمای محیط انجام شد، انتظار می رود چروکیدگی ورقه های موز در این شیوه کمتر از شیوه های متداول خشک کردن در معرض دماهای بالا باشد. در تحقیقی مشابه هاشیناگا و همکاران (1999)، دریافتند که چروکیدگی قطری ورقه های سیب خشک شده در آن، 1/26 برابر چروکیدگی قطری نمونه های خشک شده به شیوه الکتروهایدرودینامیک بود. میانگین انرژی مصرفی اندازه گیری شده مربوط به شیوه های الکتروهایدرودینامیک، آن و جریان همرفت هوای داغ به ترتیب برابر 0/34، 487/55 و 1096/31 کیلو ژول بر گرم بود. مصرفی در شیوه الکتروهایدرودینامیک بسیار کمتر از انرژی مصرفی توسط آن و جریان همرفت هوای داغ بود. در شیوه الکتروهایدرودینامیک، در فضای بین الکترودهای نقطه ای و صفحه زیرین، عایق هوا قرار دارد. هوا دارای گذردهی الکتریکی بسیار پایینی است [Chen et al., 1994]. به همین علت شدت جریان مصرفی و متعاقباً انرژی مصرفی در خشک کردن به شیوه الکتروهایدرودینامیک بسیار پایین است. اختلاف در انرژی مصرفی بیشتر به خاطر تفاوت در میانگین شدت جریان مصرفی دستگاه های فوق است. با بررسی انرژی مصرفی و شاخص های کیفی نمونه های خشک شده نظیر ظرفیت باز جذب آب، شاخص تغییر رنگ و چروکیدگی محصول در شیوه های الکتروهایدرودینامیک، آن و جریان همرفت هوای داغ می توان نتیجه گرفت که در شیوه الکتروهایدرودینامیک اگر چه مدت زمان خشک شدن بیشتر می باشد اما به توجه به انرژی مصرفی بسیار پایین و کیفیت بالای محصول خشک شده، این شیوه می تواند جایگزین مناسبی باشد.

#### منابع

- [1] Al-Muhtaseb, A. H., McMinn, W. A. M., and Magee, T. R. A. (2004). Shrinkage, density and porosity variations during the convective drying of potato starch gel. Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Drying symposium, Sao Paulo, Brazil, PP. 1604-1611.
- [2] Asakawa, Y. (1976). Promotion and retardation of heat transfer by electric field. *Nature*, 261: 220-221.
- [3] Bajgai, T., and Hashinaga, F. (2001a). Drying of spinach with a high electric field. *Drying Technology*, 19: 2331-2341.
- [4] Bajgai, T., and Hashinaga, F. (2001 b). High electric field drying of Japanese radish. *Drying Technology*, 19: 2291-2302.

- 
- [5] Barthakur, N. N. (1990). Electrohydrodynamic enhancement of evaporation from NaCl solution. *Desalination*, 78: 455-465.
- [6] Basiri, M., and Esehaghbeygi, A. (2010). Electrohydrodynamic (EHD) drying of rapeseed (*Brassica, napus* L). *Journal of Electostatic*, 68: 360-363.
- [7] Chen, Y., Barthakur, N. N., and Arnold, N. P. (1994). Electrohydrodynamic (EHD) drying of potato slabs. *Journal of Food Engineering*, 23: 107-119.
- [8] Esehaghbeygi, A., and Basiry, M. (2011). Electrohydrodynamic (EHD) drying of tomato slices (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of Food Engineering*, 104: 628-631.
- [9] Hashinaga, F., Bajgai T. R., Isoble, S., and Barthakur, N. N. (1999). Electrohydrodynamic (EHD) drying of apple slice. *Drying Technology*, 17: 479-483.
- [10] Lee, K. T., Farid, M., and Nguang, S. K. (2006). The mathematical modeling of the rehydration characteristics of fruit. *Journal of Food Engineering*, 72: 16-23.
- [11] Mulet, A. (1994). Drying modelling and water diffusivity in Carrot and Potatoes. Inp. Fito, A., Mulet, and B., Mckenna (Eds), Water in foods, Elsevier application.science. London.