تحلیل انرژی خشک کن مایکروویو با پیش تیمار اهمیک و بلانچینگ در خشک کردن هویج

محسن آزادبخت[1*]، فاطمه نوشاد[2]، محمد جواد محمودی[2]، رضا جاهد[3]

۱- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانشجوی کارشناسی گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ٩٨/٠٣/١٦ تاریخ پذیرش: ٩٨/٠٩/٢٠)

چکیده

در این تحقیق ابتدا هویج‌ها به قطعات مساوی خرد شده و سپس تحت پیش تیمارهای متفاوت با سطوح مختلف مورد نظر قرار گرفتند. سطوح ولتاژ در پیش تیمار اهمیک ٤٠، ٦٠ و ٨٠ ولت و زمان ٣، ٥ و ٧ دقیقه بود. پارامتر مورد بررسی در پیش تیمار بلانچینگ شامل زمان، با سطوح مختلف ٥، ١٠ و ١٥ دقیقه بود. سپس بلافاصله بعد از پیش تیمار، نمونه‌ها در مایکروویو با سطوح توانی ٣٦٠، ٦٠٠ و ٩٠٠ وات خشک شدند. در نهایت برای هر مورد از نمونه‌های خشک شده با مایکروویو و پیش تیمار و سطوح مختلف آن، مقادیر انرژی بهره‌وری و انرژی از دست رفته آن‌ها محاسبه شد. طبق نتایج بدست آمده در اکثر موارد، شاهد این بودیم که با افزایش مقدار توان مایکروویو، انرژی بهره‌وری افزایش و به دنبال آن انرژی از دست رفته کاهش می‌یابد به طوری که بیشترین مقدار آن ١٥/٨٧٩٧٪ بود. در بررسی اثر ولتاژ در پیش تیمار اهمیک نیز نتیجه‌ای مشابه بدست آمده که بیشترین مقدار بهره‌وری انرژی ١٥/٧٠٦١٪ بود. همچنین در بررسی اثر پارامتر زمان در پیش تیمارهای اهمیک مشاهده شد که با افزایش زمان پیش تیمار مقدار انرژی بهره‌وری نیز افزایش و انرژی از دست رفته کاهش می‌یابد به طوری که بیشترین مقدار انرژی بهره‌وری و کمترین مقدار انرژی از دست رفته به ترتیب ١٥/٧٤٠٩٪ و ٨/٢٣٥٨ مگاژول اندازه گیری شد.

کلید واژگان: هویج، مایکروویو، اهمیک، بلانچینگ، خشک‌کن، پیش تیمار

*مسئول مکاتبات: azadbakht@gau.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-26]

۱- مقدمه

هویج یک سبزی ریشه‌ای منبع غنی بتاکاروتن و پیش‌ساز ویتامین A می‌باشد. هویج به صورت خام و پخته شده در اکثر مرباها، دسرها، سالاد، سوپ‌ها، شوریجات و غذاها استفاده می‌شود. خشک کردن هویج یکی از روش‌های نگهداری آن محسوب شده و هویج خشک شده را می‌توان درانواع مواد غذایی استفاده نمود. این محصول حاوی انواع ویتامین‌ها، مواد معدنی و فیبر بوده و به محصول رنگ مناسبی می‌دهد [۱].

امروزه یکی از راهکارهای افزایش عمر مفید محصولات کشاورزی ، خشک کردن می‌باشد. خشک کردن شاخص‌ترین و قدیمی‌ترین روش فرآوری و نگهداری محصولات کشاورزی است. در طی فرآیند خشک شدن قسمتی از رطوبت محصول، از آن خارج می‌شود [۲]. همچنین خشک کردن عمر محصول را افزایش می‌دهد و با کاهش وزن و حجم مواد، بسته‌بندی، حمل و نقل و ذخیره‌سازی محصولات را تسهیل می‌کند و این امر باعث کاهش هزینه‌های ذکر شده می‌شود. خشک کردن علاوه بر موارد ذکر شده می‌تواند بازار محصولات مختلف را کنترل نماید تا بتوان در مواقع حساس از محصول مورد نظر استفاده کرد [۳].

خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی با استفاده از خشک کن‌های ماکروویو می‌تواند جانشین مناسبی برای خشک-کن‌های هوای گرم محسوب شود. فرآیند خشک کردن با استفاده از ماکروویو روشی نسبتا ارزان بوده که امروزه توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است. لازم به ذکر است بیان گردد که طیف الکترومغناطیسی بین فرکانس‌های ۳۰۰ مگا هرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز نشان‌گر امواج ماکروویو است. با این حال بر خلاف سامانه‌های رایج، امواج ماکروویو در غذا نفوذ کرده و گرمایش در سراسر ماده غذایی گسترش می‌یابد. خشک کن ماکروویو دارای مزیت‌های زیادی از جمله سرعت خشک شدن بالا، بهره‌وری انرژی بالا، کیفیت بهتر محصول و استفاده موثر از فضا می‌باشد [۵و ٤].

گرمایش اهمیک یکی از روش‌های گرمایش الکترونی است که بر اساس عبور جریان الکتریسیته از طریق یک محصول غذایی دارای مقاومت الکتریکی می‌باشد. انرژی الکتریکی تبدیل شده به گرما به طور مستقیم به مقدار ولتاژ و هدایت الکتریکی محصول غذایی مرتبط می‌باشد. گرمایش اهمیک، به عنوان یک روش پردازش جایگزین، نشان داده است که به تولید غذاهای با کیفیت بالاتر، نسبت به گرمایش معمولی منجر می‌شود. این تفاوت عمدتا به دلیل توانایی آن برای گرم کردن مواد با سرعت بالا و یکنواختی بیشتر، منجر به تبدیل آن به پیش تیمار حرارتی مفیدتری نسبت به سایر روش‌های گرمایش حرارتی کرده است [٦].

گرمایش بلانچینگ از جمله روش‌های مورد استفاده توسط مصرف کنندگان و ارائه دهندگان خدمات غذایی به منظور افزایش زمان ذخیره سازی محصولات غذایی، پس از برداشت آن‌ها می-باشد. این روش صرف نظر از بسیاری از هشدارهای دانشمندان همچنان نیز خوشایند به نظر می‌رسد. در این روش محصولات غذایی در مدتی مشخص به آب جوش در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد افزوده می‌شود [۸-٦].

مهمترین موضوعی که در سیستم‌های تبدیل انرژی مطرح است، قابلیت به دست آوردن بازده حداکثر از سیستم می‌باشد. تحلیل انرژی یک روش تحلیل ترمودینامیکی، مبتنی بر قانون دوم ترمودینامیک است، که به وسیله آن به ارزیابی و مقایسه فرآیندها و سیستم‌ها به طور منطقی و بامعنا می‌پردازد [۹].

در آزمایشی بر روی خشک کردن گیاه گوجه فرنگی در خشک کن مایکروویو، نتیجه شد که با افزایش توان مایکروویو، سرعت نرخ خشک شدن محصول افزایش می‌یابد [۱۰]. در آزمایشی بر روی آنالیز عملکرد انرژی و اکسرژی و مدل سازی اسلایس‌های کیوی با یک خشک کن ماکروویو گزارش شد که بازده انرژی و اکسرژی با افزایش توان ماکروویو و کاهش ضخامت اسلایس‌های کیوی افزایش می‌یابد. همچنین این پارامتر با کاهش محتوای رطوبتی اسلایس‌ها کاهش می‌یابد . هم‌چنین در آزمایشی مشابه بر روی اسلایس‌های هویج، سینیتیک خشک‌کردن محصول با یک خشک‌کن مایکروویو-خلا اندازه‌گیری شد [۱۱].

هدف از این تحقیق تجزیه و تحلیل انرژی عملکرد خشک‌کن مایکروویو برای خشک کردن قطعه‌های هویج تحت پیش تیمارهای گرمایش اهمیک و بلانچینگ به منظور کاهش مصرف و افزایش بهره‌وری انرژی در خشک‌کن مایکروویو می‌باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-26]

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی نمونه

در این آزمایش هویج رقم نانت، از بازار محلی استان گلستان- گرگان خریداری شد و در آزمایشگاه در دمای ٤ درجه سلسیوس تا زمان انجام آزمایش نگهداری شدند. نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان آورده و شستشو شدند. سپس برای اندازه‌گیری رطوبت در درون آون قرار گرفت. نمونه‌ها در دمای ١٠٥ درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت در درون آون قرار گرفته و سپس رطوبت آنها در این آزمایش بر اساس استاندارد ١٣٤-١٢٩:(١)٤١ اندازه‌گیری شد [١٣ و ١٢]. رطوبت نهایی نمونه‌های خشک شده ١٤/٣ ٪ بر پایه خشک بود.

۲-۲- پیش تیمار اهمیک

دستگاه اهمیک از یک محفظه شیشه‌ای با ضخامت ١٠ میلیمتر با ابعاد (طول ٨ سانتیمتر، عرض ٨ سانتیمتر و ارتفاع ١٥ سانتیمتر) و دو الکترود از جنس استیل ضد زنگ با ابعاد ٨×١٥ سانتیمتر تشکیل شده است. در این پیش تیمار، دو قطب مثبت و منفی خارج شده از منبع انرژی به دو صفحه فلزی قرار گرفته شده در سلول اهمیک متصل می‌شوند. نمونه‌ها به صورت دایره‌ای با ضخامت ٤ میلیمتر بریده و وزن شد. سپس نمونه‌ها به مدت ٣، ٥ و ٧ دقیقه در محلول اهمیک(٧ درصد وزنی) که حاوی ١٠٠٠ گرم آب مقطر و ٧٠ گرم نمک بود قرار داده شد تا پیش تیمار انجام گردد.

۲-۳- پیش تیمار بلانچینگ

ابتدا آب مقطر موجود در دستگاه بلانچینگ به نقطه جوش رسیده و سپس نمونه‌ها تحت اثر هوای داغ ناشی از بخار آن قرار گرفتند. پیش تیمار در یک دمای ثابت و در سه زمان ٥، ١٠ و ١٥ دقیقه انجام شد. سپس برش‌های پیش تیمار شده در داخل ظروف استوانه‌ای از جنس شیشه قرار گرفت.

۲-٤- روش آزمایش

تعداد ٢٠ اسلایس هویج پیش تیمار شده درون پنج پتری دیش قرار داده شد و ظروف در فاصله ٢ سانتیمتری از هم داخل ماکروویو مرتب گردید و پس از قرارگیری مراحل خشک شدن انجام شد. آزمایش‌ها در سه توان ٣٦٠ ، ٦٠٠ و ٩٠٠ وات خشک شدند (شکل ١) . وزن هویج‌ها با استفاده از ترازویی با دقت ٠,٠١ میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. وزن هر یک از نمونه‌ها در بازه‌ی زمانی هر ١ دقیقه اندازه‌گیری و ثبت شد تا در نهایت به یک رطوبت ثابت رسیدند و برای هر کدام از تیمارها، آزمایش‌ها سه بار تکرار شد. این آزمایش در دمای محیط ٢٠ درجه و رطوبت نسبی محیط ٧١ درصد انجام شد. همچنین محتوای رطوبت هویج‌ها با استفاده از رابطه (١) محاسبه شد[١٤].

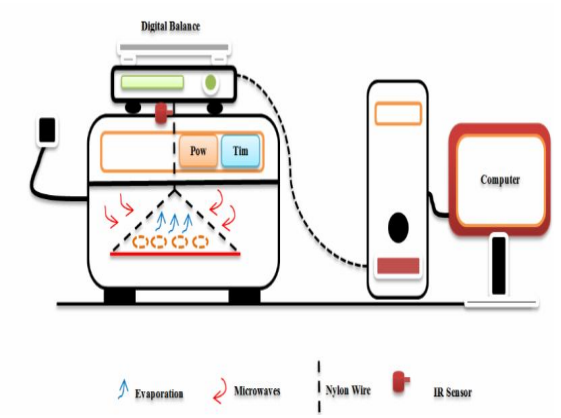

Fig 1 Diagram of microwave drying system.

$$MC = W-We/ W \quad (1)$$

۲-٥- تحلیل انرژی

بقا جرم و انرژی در محفظه خشک‌کن‌های ماکروویو در شکل ٢ نشان داده شده است. رابطه عمومی بقا رطوبت توده با استفاده از رابطه ٢ محاسبه شد [١٥].

$$\sum m_{in} = \sum m_{out} \quad (2)$$

جرم ورودی (m_{in})، جرم خروجی (m_{out})

$$m_{wp} = m_{dp} + m_{wt} \quad (3)$$

جرم اولیه نمونه (m_{wp})، جرم ماده خشک (m_{dp})، جرم آب تبخیر شده (m_{wt})

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-26]

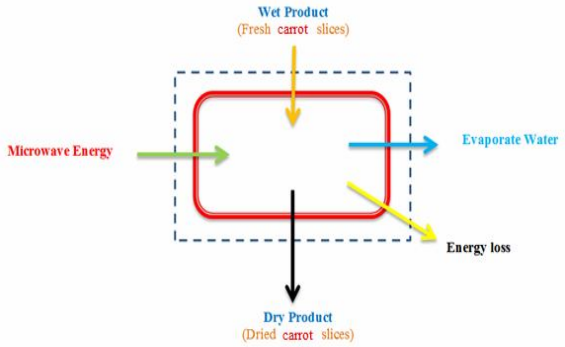

Fig 2 Volume control of microwave system

جرم آب تبخیر شده از معادله ٤ بدست آمد [١٦].

$$m_{wt} = m_d(M_0 - M_t) \quad (4)$$

جرم نمونه خشک (m_d)، محتوای رطوبت ورودی (M_0)، محتوای رطوبت ورودی در هر لحظه (M_t)

انرژی محافظت شده گرمای محسوس، گرمای نهان و منبع گرمایی ماکروویو با استفاده از رابطه ٥ و انرژی ورودی خشک کن از رابطه ٦ محاسبه شد [١٧]. در رابطه ٥ انرژی تلف شده ($P_{ref} + P_{tra}$) می‌باشد. همچنین در رابطه ٦ ($\left(\left(mC_pT\right)_{dp} - \left(mC_pT\right)_{wp}\right) + \lambda_K m_w$) برابر با انرژی جذب شده محصول است.

$$P_{in} = P_{abs} + P_{ref} + P_{tra} \quad (5)$$

توان ورودی مگنت (p_{in})، توان ماکروویو جذب شده (P_{abs})، توان ماکروویو بازگشت داده شده (P_{ref})، توان ماکروویو عبور کرده (P_{ref})

$$P_{in} \times t = \left(\left(mC_pT\right)_{dp} - \left(mC_pT\right)_{wp}\right) + \lambda_K m_w + E_{ref} + E_{tra}$$

زمان (t)، دما (T)، گرمای ویژه نمونه (C_p)، گرمای نهان نمونه (λ_K)، انرژی بازگشت داده شده (E_{ref})، انرژی جذب شده (E_{tra})

گرمای نهان نمونه‌های هویج با استفاده از رابطه ٧ محاسبه شد[١٨].

$$\frac{\lambda_K}{\lambda_{wf}} = 1 + 23\exp(-40M_t) \quad (7)$$

گرمای نهان آب آزاد شده (λ_{wf})

گرمای پنهان تبخیر آب آزاد توسط بروکر و همکاران محاسبه و با استفاده از رابطه ٨ انجام شد[١٩].

$$\lambda_{wf} = 2503 - 2.386(T - 273) \quad (8)$$

ظرفیت گرمایی تابع محتوای رطوبت است و از طریق رابطه ٩ محاسبه شد[٢٠].

$$C_P = 840 + 3350 \times \left(\frac{M_t}{1 + M_t}\right) \quad (9)$$

بازده گرمایی خشک کن از رابطه ١٠ محاسبه شد [٢١].

$$\eta_{en} = \frac{energy\ absorption}{P_{in} \times t} \quad (10)$$

انرژی ویژه از دست رفته با استفاده از رابطه ١١ اندازه‌گیری شد [١٦].

$$E_{loss} = \frac{E_{in} - E_{abs}}{m_w}\ or\ E_{loss} = (1 - \eta_{en}) \times \frac{P_{in} \times t}{m_w} \quad (11)$$

٢-٦- تحلیل آماری

نمونه‌ها پس از پیش تیمارهای اهمیک و بلانچینگ، توسط دستگاه مایکروویو خشک شدند. پیش تیمار اهمیک در سه ولتاژ ٤٠، ٦٠ و ٨٠ ولت و سه زمان ٣، ٥ و ٧ دقیقه و پیش تیمار بلانچینگ در سه زمان ٥، ١٠ و ١٥ دقیقه انجام شدند. همچنین فرآیند خشک شدن توسط دستگاه مایکروویو با سه توان ٣٦٠، ٦٠٠ و ٩٠٠ وات انجام شد. تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شده و نتایج با استفاده از آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از نرم افزار آماری SAS تحلیل شدند.

٣- نتایج و بحث

٣-١- پیش تیمار اهمیک

جدول ١ نتایج آنالیز واریانس تاثیر متغیرهای تحت بررسی شامل توان مایکروویو، ولتاژ و زمان را در پیش تیمار اهمیک بر روی مقدار انرژی مصرفی و انرژی از دست رفته در هویج را نشان می-دهد. طبق نتایج به دست آمده در این جدول می‌توان نتیجه گرفت که تمامی متغیرهای تحت بررسی تاثیر معنی‌داری بر مقدار انرژی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-26]

مصرفی و انرژی از دست رفته، در سطح ١٪ داشته‌اند. قابل ذکر است که تمامی اثرات متقابل به جز اثر متقابل توان ماکروویو در ولتاژ پیش‌تیمار اهمیک برای انرژی از دست رفته دارای اختلاف معنی‌داری نبودند.

Table 1 Analysis of variance of consumed and lost energy in ohmic pre-treatment

	Energy effenciey			Energy loss specifict(MJ)		
Variables	**DF**	**Mean Squares**	**F value**	**DF**	**Mean Squares**	**F value**
Microwave	2	29.6036	8.96**	2	163.5124	384.15**
Voltage	2	17.3778	5.26**	2	19.5889	46.02**
Time	2	28.0148	8.48**	2	3.8263	8.99**
Microwave× Voltage	4	1.7511	0.53ns	4	1.6014	3.76**
Microwave× Time	4	0.3130	0.09ns	4	0.4573	1.07ns
Voltage× Time	4	2.9954	0.91ns	4	0.1723	0.40ns

**: Represent significant difference within probability level of 1% *: Represent significant difference within probability level of 5% ns: Represents the lack of significant difference

۳-۲- اثر توان مایکروویو بر مقدار انرژی

شکل ۳ اثر توان خشک کن مایکروویو پس از پیش تیمار اهمیک بر مقدار بهره‌وری انرژی و انرژی از دست رفته را نشان می‌دهد. در این شکل برای همه موارد از سطوح توان مایکروویو تغییرات معنی‌داری در مقادیر انرژی مشاهده شد.

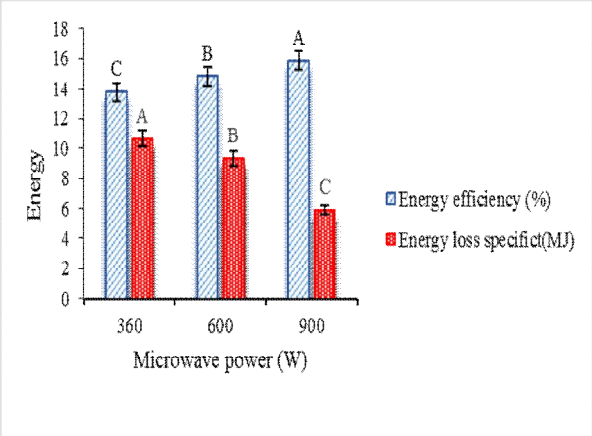

Fig 3 Effect of microwave power parameter in ohmic pretreatment on energy values

مقدار بهره‌وری انرژی با افزایش توان خشک کن مایکروویو از ٣٦٠ به ٦٠٠ و از ٦٠٠ به ٩٠٠ وات دارای افزایش معنی‌داری بود. همچنین مقدار انرژی از دست رفته با افزایش توان مایکروویو دارای کاهش معنی‌داری می‌باشد. می‌توان گفت افزایش توان خشک‌کن مایکروویو سبب کاهش سطح محتوای رطوبتی آن می‌شود. در ادامه به منظور خشک شدن نمونه‌های با سطح محتوای رطوبتی کمتر به دلیل سخت‌تر بودن خروج رطوبت آن، محصول به انرژی جذب شده بیشتری نیاز دارد. در نتیجه با در نظر گرفتن رابطه مستقیم بین انرژی جذب شده و بهره‌وری انرژی می‌توان دریافت که با افزایش توان مایکروویو، میزان بهره‌وری انرژی مایکروویو افزایش می‌یابد [٢٢]. در نهایت با افزایش انرژی جذب شده توسط محصول، انرژی از دست رفته در خشک‌کن مایکروویو کاهش می‌یابد.

۳-۳- اثر ولتاژ پیش تیمار بر مقدار انرژی

اثر سطوح مختلف ولتاژ پیش تیمار اهمیک بر مقدار بهره‌وری انرژی و انرژی از دست رفته در شکل ٤ نشان داده شده است. در اکثر سطوح مختلف ولتاژ در پیش تیمار اهمیک، تغییرات معنی-داری بدست آمد.

در این قسمت، بین مقادیر درصد بهره‌وری انرژی در ولتاژهای ٤٠ و٦٠ ولت اختلاف افزایشی معنی‌داری وجود نداشت اما با افزایش ولتاژ پیش تیمار، مقدار درصد بهره‌وری در خشک‌کن مایکروویو افزایش معنی‌داری داشته است. همچنین مقادیر انرژی از دست رفته، با افزایش ولتاژ پیش تیمار اهمیک کاهش معنی-داری می‌یابد. افزایش انرژی بهره‌وری را می‌توان اینگونه توجیه کرد که با افزایش ولتاژ در پیش تیمار اهمیک شاهد افزایش عملیات حرارتی و در نتیجه کاهش بیشتر محتوای رطوبتی در سطوح با مقادیر بالاتر بودیم. به دنبال آن با توجه به رابطه معکوس بین محتوای رطوبتی و انرژی جذب شده و بهره‌وری، انرژی بهره‌وری با افزایش مواجه شده است [٢٣].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-26]

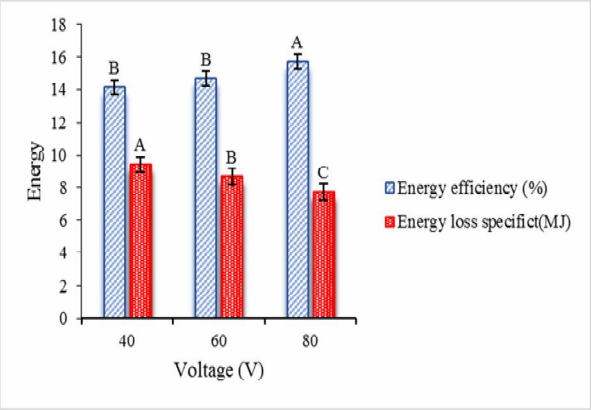

Fig 4 Effect of ohmic pretreatment voltage parameter on energy values

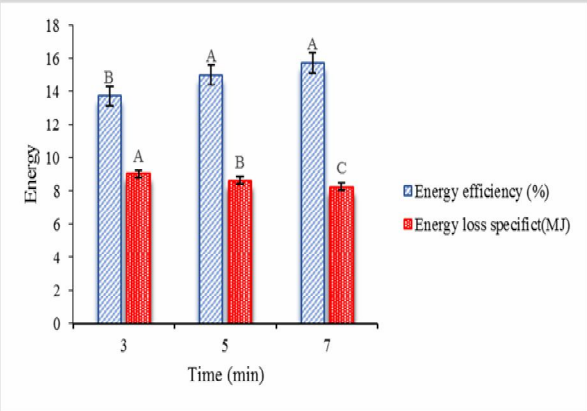

Fig 5 Effect of ohmic pretreatment time parameter on energy values

۳-٤- اثر زمان پیش تیمار بر مقدار انرژی

شکل ۵ اثر پارامتر زمان پیش تیمار، در سطوح مختلف را بر مقدار درصد بهره‌وری انرژی و انرژی از دست رفته را نشان می‌دهد. در بهره‌وری انرژی بین سطوح زمانی ۵ و ۷ دقیقه پیش تیمار اهمیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما بین این دو سطح با زمان پیش تیمار ۳ دقیقه اختلاف معنی‌دار و افزایشی وجود داشت. در بخش انرژی از دست رفته، بین تمامی سطوح اختلاف معنی‌داری وجود داشته و با افزایش زمان پیش تیمار اهمیک، انرژی از دست رفته کاهش می‌یابد. این نتیجه می‌تواند به دلیل کاهش بیشتر محتوای رطوبتی در پیش تیمارهای با زمان بالاتر و در نتیجه وجود سطوح قوی و پایدارتری از محتوای رطوبتی در نمونه‌های با زمان پیش تیمار بیشتر و در نهایت کسب انرژی بیشتر به جهت کاهش این محتوا و نیز انرژی بهره‌وری بیشتری نیز می‌گردد [۲٤].

۳-۵- پیش تیمار بلانچینگ

جدول ۲ نتایج آنالیز واریانس تاثیر متغیرهای تحت بررسی شامل توان مایکروویو و زمان را در پیش تیمار بلانچینگ بر روی مقدار انرژی مصرفی و انرژی از دست رفته در هویج را نشان می‌دهد. طبق نتایج به دست آمده در این جدول می‌توان نتیجه گرفت که تمامی متغیرهای تحت بررسی تاثیر معنی‌داری بر مقدار انرژی مصرفی و انرژی از دست رفته داشته است. تمامی موارد به جز اثر زمان بر انرژی مصرفی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بودند. اثر زمان بر انرژی مصرفی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بود. قابل ذکر است که اثر متقابل توان ماکروویو در زمان پیش‌تیمار بلانچینگ برای انرژی مصرفی و انرژی از دست رفته دارای اختلاف معنی‌داری نبود.

Table 2 Analysis of variance of consumed and lost energy in blanching pre-treatment

		Energy effenciey			Energy loss specifict(MJ)	
Variables	**DF**	**Mean Squares**	**F value**	**DF**	**Mean Squares**	**F value**
Microwave	2	25.7322	111.36**	2	10.6926	36.46**
Time	2	1.3161	5.70*	2	1.7785	6.06**
Microwave× Time	4	0.0843	0.37ns	4	0.7999	2.73ns

**: Represent significant difference within probability level of 1% *: Represent significant difference within probability level of 5% ns: Represents the lack of significant difference

۳-٦- اثر توان ماکروویو بر مقدار انرژی

شکل ٦ اثر توان خشک‌کن مایکروویو پس از پیش تیمار بلانچینگ بر مقدار بهره‌وری انرژی و انرژی از دست رفته را نشان می‌دهد. در این شکل برای همه موارد از سطوح توان مایکروویو تغییرات معنی‌داری در مقادیر بهره‌وری انرژی مشاهده شد. همچنین بین توان ۳٦۰ و ٦۰۰ با ۹۰۰ وات اختلاف معنی‌داری در مقادیر انرژی از دست رفته حاصل شد.

با در نظر گرفتن رابطه مستقیم بین توان مایکروویو، انرژی جذب شده و بهره‌وری انرژی می‌توان مشاهدات را اینگونه توجیه کرد

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-26]

که با افزایش مقدار توان مایکروویو و در نتیجه کاهش بیشتر محتوای رطوبتی در توان‌های بالاتر، مقدار انرژی جذب شده توسط نمونه‌ها نیز به دلیل سخت‌تر شدن خروج رطوبت در نمونه‌های با محتوای رطوبتی کمتر بالاتر رفته و به دنبال آن میزان بهره‌وری انرژی افزایش می‌یابد [۲۲]. در نهایت مشاهده شد که با افزایش انرژی جذب شده توسط محصول، انرژی از دست رفته در خشک‌کن مایکروویو نیز کاهش می‌یابد. این مشاهده را می‌توان اینگونه توجیه کرد که خروج لایه‌های رطوبتی با محتوای کمتر سبب کارکرد بیشتر دستگاه از لحاظ زمانی می‌شود. در نتیجه‌ی این کارکرد بیشتر، مقدار انرژی از دست رفته نیز کاهش می‌یابد [٢٤].

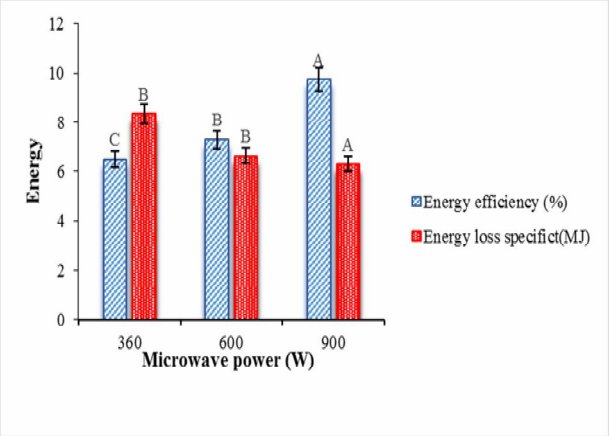

Fig 6 The effect of microwave power parameter in blanching pretreatment on energy values

۳-۷- اثر زمان پیش تیمار بر مقدار انرژی

اثر پارامتر زمان با سطوح مختلف در پیش تیمار بلانچینگ بر مقدار درصد بهره‌وری انرژی و انرژی از دست رفته در شکل ۷ نشان داده شده است.

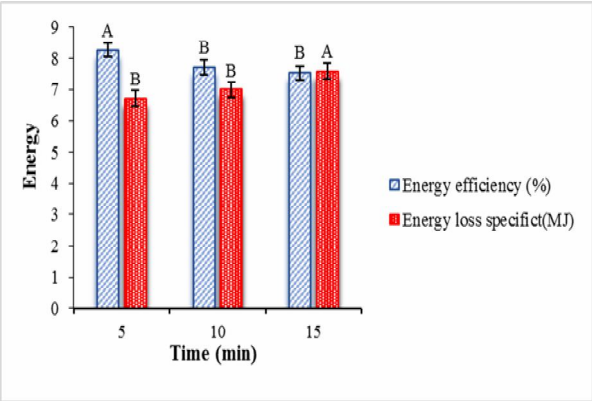

Fig 7 Effect of blanching pretreatment time parameter on energy values

با افزایش سطوح زمانی، مقادیر انرژی بهره‌وری کاهش و انرژی از دست رفته افزایش یافت. به طوری که بین سطوح ۱۰ و ۱۵ با ۵ دقیقه در انرژی بهره‌وری و بین سطوح ۵ و ۱۰ با ۱۵ دقیقه در انرژی از دست رفته اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

٤- نتیجه‌گیری

در بخش اثر توان مایکروویو بر مقادیر مصرفی نتیجه شد که با افزایش مقدار سطوح توان، مقدار انرژی بهره‌وری در هر دو پیش‌تیمار اهمیک و بلانچینگ افزایش می‌یابد. با بررسی اثر ولتاژ پیش تیمار اهمیک بر مقادیر انرژی بهره‌وری و از دست رفته نتیجه شد که تاثیر افزایش ولتاژ بر این دو پارامتر انرژی معکوس بوده به طوری که با افزایش ولتاژ، مقدار انرژی بهره‌وری محاسبه شده افزایش و مقدار انرژی از دست رفته برای هر سطح کاهش یافت. در بخش محاسبه انرژی‌های بهره‌وری و از دست رفته تحت پیش تیمارهای اهمیک نتیجه شد که با افزایش سطوح زمانی مقدار انرژی بهره‌وری افزایش و مقدار انرژی از دست رفته کاهش یافت.

٥- منابع

[1] Salehi F, Kashaninejad M, Akbari E, Sobhani SM, Asadi F. Potential of sponge cake making using infrared–hot air dried carrot. J Texture Stud 2016;47:34–9.
[2] Afolabi TJ, Tunde-Akintunde TY, Adeyanju JA. Mathematical modeling of drying kinetics of untreated and pretreated cocoyam slices. J Food Sci Technol 2015;52:2731–40.
[3] Darvishi H, Khodaie J, Azadbakht M. The parameters of mass transfer of convective drying in sliced melon. Philipp Agric Sci 2015;98:60–72.
[4] Li ZY, Wang RF, Kudra T. Uniformity issue in microwave drying. Dry Technol 2011;29:652–60.
[5] Kumar D, Prasad S, Murthy GS. Optimization of microwave-assisted hot air drying conditions of okra using response surface methodology. J Food Sci Technol 2014;51:221–32.
[6] Nouroallahi Soghani B, Azadbakht M, Darvishi H. Ohmic blanching of white mushroom and its pretreatment during microwave drying 2018.
[7] Bai J, Haven W, Brecht JK. Effect of

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-26]

Pretreatment of Intact ‘ Gala ’ Apple with Ethanol Vapor , Heat , or 1-Methylcyclopropene on Quality and Shelf Life of Fresh-cut Slices 2004;129:583–93.

[8] Xu S, Li J, Baldwin EA, Plotto A, Rosskopf E, Hong JC. Electronic tongue discrimination of four tomato cultivars harvested at six maturities and exposed to blanching and refrigeration treatments Postharvest Biology and Technology Electronic tongue discrimination of four tomato cultivars harvested at six maturities and exposed to blanching and refrigeration treatments. Postharvest Biol Technol 2018;136:42–9. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.10.004.

[9] Shukuya M, Hammache A. Introduction to the concept of exergy-for a better understanding of low-temperature-heating and high-temperature-cooling systems. VTT Tied 2002.

[10] Al-harahsheh M, Al-muhtaseb AH, Magee TRA. Chemical Engineering and Processing : Process Intensification Microwave drying kinetics of tomato pomace : Effect of osmotic dehydration 2009;48:524–31. https://doi.org/10.1016/j.cep.2008.06.010.

[11] Cui Z-W, Xu S-Y, Sun D-W. Microwave–vacuum drying kinetics of carrot slices. J Food Eng 2004;65:157–64.

[12] Azadbakht M, Vehedi Torshizi M, ghajar jazi E, Ziaratban A. Application of Artificial Neural Network (ANN) in predicting mechanical properties of canola stem under shear loading Application of Artificial Neural Network (ANN) in predicting mechanical properties of canola stem under shear loading. Agric Eng Int 2016;18:413–25.

[13] Lanza B, Marsilio V, Lanza B, Campestre C, Angelis M De. Oven-dried table olives : Textural properties as related to pectic composition Oven-dried table olives : textural properties as related to pectic composition 2015;0010:1271–6. https://doi.org/10.1002/1097-0010(200006)80.

[14] Yogendrasasidhar D, Pydi Setty Y. Drying kinetics, exergy and energy analyses of Kodo millet grains and Fenugreek seeds using wall heated fluidized bed dryer. Energy 2018;151:799–811. https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.089.

[15] Darvishi H, Zarein M, Farhudi Z. Energetic and exergetic performance analysis and modeling of drying kinetics of kiwi slices. J Food Sci Technol 2016;53:2317–33. https://doi.org/10.1007/s13197-016-2199-7.

[16] Darvishi H, Zarein M, Minaei S, Khafajeh H. Exergy and energy analysis, drying kinetics and mathematical modeling of white mulberry drying process. Int J Food Eng 2014;10:269–80. https://doi.org/10.1515/ijfe-2013-0065.

[17] Jindarat W, Rattanadecho P, Vongpradubchai S. Analysis of energy consumption in microwave and convective drying process of multi-layered porous material inside a rectangular wave guide. Exp Therm Fluid Sci 2011;35:728–37. https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2010.11.008.

[18] Abdelmotaleb A, El-Kholy MM, Abou-El-Hana NH, Younis MA. Thin layer drying of garlic slices using convection and combined (convection - infrared) heating modes. Misr J Ag Eng 2009;26:251–81.

[19] Darvishi H. Quality, performance analysis, mass transfer parameters and modeling of drying kinetics of soybean. 2017;34:143–58.

[20] Brooker DB, Bakker-Arkema FW, Hall W. Drying and storage of grains and oilseeds. Van Nostrand Reinhold, New York 1992;49:450.

[21] Soysal Y, Öztekin S, Eren Ö. Microwave Drying of Parsley: Modelling, Kinetics, and Energy Aspects. Biosyst Eng 2006;93:403–13. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.01.017.

[22] Zarein M, Samadi SH, Ghobadian B. Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices. J Saudi Soc Agric Sci 2015;14:41–7. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2013.06.002.

[23] Youssef KM, Mokhtar SM. Effect of Drying Methods on the Antioxidant Capacity, Color and Phytochemicals of Portulaca oleracea L. Leaves. J Nutr Food Sci 2014;04. https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000322.

[24] Orikasa T, Ono N, Watanabe T. Impact of blanching pretreatment on the drying rate and energy consumption during far-infrared drying of Paprika (Capsicum annuum L .) 2018:1–7. https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy006.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-26]

Microwave dryer energy analysis with ohmic and blanching pretreatments in drying carrots

Azadbakht, M. [1*], Noshad, F. [2], Mahmoodi, M. J. [2], Jahed, R. [3]

1. Associate Professor of Department of Bio-system Mechanical Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2. Msc. Student of Department of Bio-system Mechanical Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3. Bsc. Student of Department of Bio-system Mechanical Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

(Received: 2019/06/06 Accepted:2019/12/11)

In this research, carrots were first cut into equal pieces and then subjected to different treatments at different levels. The voltage levels were at 40, 60 and 80 volt in ohmic pretreatment and at 3, 5, and 7 minutes. The parameters studied in the blanching pretreatment included time, with different levels of 5, 10, and 15 minutes. Immediately after pretreatment, samples were dried in microwaves at 360, 600 and 900 watts. Finally, for each case of microwave dried and pretreated samples and their different levels, the energy efficiency values and their lost energy were calculated. According to the results, in the majority of cases, we see that increasing the amount of microwave power increases the energy efficiency, and subsequently the lost energy decreases, so that the maximum value was 15.8797%. In the study of the effect of voltage in the ohmic pretreatment, a similar result was obtained, with the highest energy efficiency of 15.7061%. Also, in evaluating the effect of time parameter in ohmic pretreatments, it was observed that with increasing pretreatment time, the amount of energy efficiency was also increased and the energy lost was reduced, so that the highest amount of energy efficiency and the lowest amount of energy lost were respectively 15.7409% and 8.2358 MJ were measured.

Keywords: Carrot, Microwave, Ohmic, Blanching, Drying, Pretreatment

* Corresponding Author E-Mail Address: azadbakht@gau.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-26]