

## بررسی برخی خصوصیات فیزیکی (رنگ و چروکیدگی) موسیر به روش خشک کردن مادون قرمز - جابجایی

مصیب فعله کری<sup>1</sup>، رضا امیری چایجان<sup>2</sup> و جعفر امیری پریان<sup>2</sup>

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان  
2- استاد یار مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

mfealehkari20@yahoo.com

### چکیده

گیاه موسیر (*Allium hiertifolium*) چند ساله، پیازدار، از خانواده یاسه و بومی ایران است که به صورت خودرو در مراتع مرتفع می‌روید. این گیاه ارزش غذایی و دارویی بالایی دارد و از پیاز، برگ و پودر آن در صنایع غذایی استفاده می‌شود. در این مطالعه چروکیدگی (تغییرات حجم) و تغییرات رنگ این محصول در روش خشک کردن مادون قرمز - جابجایی مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها در سه سطح دمایی 40، 55 و 70 °C، سه سطح سرعت 1/5، 1 و 2/5 m/s با شدت تابش مادون قرمز 500، 1000 و 1500 وات و ضخامت 2، 4 و 6 mm در محل دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان در پاییز سال 90 انجام شد. ارزیابی رنگ محصول در فضای رنگی RGB و درصد تغییرات رنگ با توجه به میزان تغییر سطح خاکستری در انتهای فرآیند ارزیابی شد. بیشترین تغییرات رنگ در دمای 70 °C اتفاق افتاد. متغیرهای سرعت، ضخامت و شدت تابش مادون قرمز تاثیر مشخصی بر روی تغییرات رنگ نداشتند. همچنین بیشترین چروکیدگی در ضخامت 6mm مشاهده شد. متغیرهای سرعت، دما و شدت تابش مادون قرمز تاثیر مشخصی بر روی چروکیدگی نداشتند.

کلمات کلیدی: چروکیدگی، خشک کردن، رنگ، مادون قرمز، موسیر

### مقدمه

در سال‌های اخیر در میان روش‌های خشک کردن، روش مادون قرمز محبوبیت خوبی بدست آورده است. استفاده از تکنولوژی تشعشعات مادون قرمز در خشک کردن محصولات کشاورزی چندین مزیت را به همراه دارد که از جمله آن می‌توان به کاهش زمان فرآیند، بازدهی بالای انرژی، کیفیت بالای محصول خشک شده و دمای یکنواخت محصول اشاره کرد [Sharma et al., 2005].

موسیر (*Allium hiertifolium*) گیاهی چند ساله و پیازدار از خانواده یاسه می‌باشد. این گیاه بومی ایران است و به صورت خودرو در مراتع مرتفع می‌روید [Mozaffarian, 1996]. قسمت‌های خوراکی موسیر برگ‌ها و پیازهای توپر آن می‌باشد. این گیاه ارزش غذایی بالایی دارد و از پیاز، برگ و پودر آن در صنایع غذایی استفاده می‌شود [Brewster and Rabinowitch, 1990]. هدف اصلی در فرآوری مواد غذایی بدست آوردن رضایت مشتری به همراه کاهش هزینه‌هاست [Timoumia, 2007]. یکی از مهمترین تغییرات فیزیکی که در طول فرآیند خشک کردن اتفاق می‌افتد، کاهش حجم خارجی محصول است. گرم شدن محصول به همراه کاهش آب آن باعث تنش‌هایی در ساختار سلولی مواد غذایی می‌شود که منجر به تغییر شکل و کاهش ابعاد آن می‌گردد. چروکیدگی مواد غذایی پیامد منفی بر روی محصول خشک شده دارد. در اکثر موارد تغییر شکل، کاهش حجم و افزایش سفتی تاثیر

منفی بر روی تقاضای مشتریان دارد [Mayor, 2004]. رنگ به عنوان یک ویژگی فیزیکی اساسی در غذاها و محصولات کشاورزی به حساب می آید. این پارامتر با دیگر خواص فیزیکی، شیمیایی و شاخص های حسی ارتباط خوب و معنی داری نشان داده است. در واقع رنگ در ارزیابی میزان کیفیت ظاهری محصولات کشاورزی و مهندسی غذا نقش اصلی را بازی می کند [Mendozaa, 2006]. رنگ یکی از مهم ترین شاخص های کیفی محصولات است که به چشم انسان بازتاب می شود. آزمایش بصری، متداول ترین روش برای ارزیابی رنگ محصولات است. تغییرات در رنگ محصولات به خاطر واکنش های ترکیبی داخل محصول در طول فرآیند خشک کردن می باشد. همچنین تغییرات در نتیجه واکنش های متغیر مثل واکنش قهوه ای شدن غیر آنزیمی و تخریب رنگدانه ها به وجود می آید [Prachayawarakorn, 2004]. یکی از مدل های کمی که برای رنگ سنجی استفاده می شود، مدل RGB (قرمز، سبز و آبی) می باشد که در آن از خاصیت انتقال نور برای نمایش رنگ استفاده می شود [Yam and Papadakis, 2004]. در زمینه چروکیدگی و تغییرات رنگ در محصولات کشاورزی تحقیقاتی انجام گرفته که به چند مورد آن اشاره می کنیم.

در تحقیقی که بر روی ورقه های سیب زمینی با استفاده از پردازش تصویر انجام شد، نتایج حاکی از آن بود که چروکیدگی با محتوای رطوبتی محصول رابطه خطی دارد. همچنین تغییرات سرعت بر روی چروکیدگی اثر معنی داری داشته است [Yadollahinia and Jahangiri, 2009]. در تحقیق دیگری چروکیدگی و تخلخل موز، بادمجان و انبه توسط [Zhengyong et al., 2008] مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که چروکیدگی و تخلخل با کاهش محتوای رطوبتی کاهش می یابد. لازم به ذکر است تاکنون در مورد خصوصیات فیزیکی و حرارتی موسیر مطالعه ای صورت نگرفته است. هدف از این مطالعه تعیین میزان تغییرات رنگ و تغییرات حجم (چروکیدگی) موسیر پس از خشک کردن آن در خشک کن مادون قرمز- جابجایی می باشد.

## مواد و روشها

در این تحقیق نمونه های موسیر از زمین های کشاورزی شهرستان سنقر و کلیایی، استان کرمانشاه تهیه گردید. به منظور ثابت ماندن رطوبت نمونه ها و جلوگیری از فساد آنها برای انجام آزمایش ها در یخچال در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری شدند. میزان رطوبت اولیه نمونه ها به روش آون بر پایه خشک بدست آمد. نمونه های 20 گرمی در آون به مدت 24 ساعت در دمای  $70 \pm 1^{\circ}\text{C}$  در 5 تکرار قرار گرفتند. میزان رطوبت اولیه موسیر (d.b.)  $1/99$  بر پایه خشک محاسبه شد. خشک کردن نمونه ها با استفاده از خشک کن مادون قرمز - جابجایی انجام پذیرفت. داخل محفظه خشک کن به سه لامپ مادون قرمز مجهز شده بود. پس از خشک کردن، نمونه ها در داخل کیسه های مخصوص قرار داده می شد. سپس تغییرات رنگ و چروکیدگی آنها تعیین گردید. قبل از شروع آزمایش ها غده ها به وسیله یک کاتر مخصوص به شکل ورقه استوانه ای به قطر 10 mm در آمد. آزمایش ها در سه سطح دمایی 40، 55 و  $70^{\circ}\text{C}$ ، سه سطح سرعت 1/5، 1/5 و 2/5 m/s با شدت تابش مادون قرمز 500، 1000 و 1500 وات و ضخامت 2، 4 و 6 mm در سه تکرار انجام شد.

## اندازه گیری چروکیدگی و رنگ

برای اندازه گیری درصد چروکیدگی نمونه ها از رابطه (2) استفاده شد [Mayor and Sereno, 2004]:

$$S_b = \frac{(V_0 - V)}{V_0} \times 100 \quad (2)$$

که در آن  $V_0$  حجم اولیه یا حجم قبل از خشک کردن،  $V$  حجم ثانویه یا حجم بعد از خشک کردن و  $S_b$  درصد چروکیدگی می باشد. اندازه گیری رنگ نمونه ها در فضای رنگی RGB انجام شد. تعیین میزان تغییر رنگ نمونه ها ( $\Delta RGB$ )، توسط رنگ سنج مدل RGB-1002 ساخت تایوان استفاده شد که در آن رنگ نمونه ها قبل و بعد از فرآیند خشک کردن اندازه گیری شد. درصد تغییرات رنگ ( $\Delta RGB$ ) و سطح خاکستری (Ash level) با استفاده از روابط زیر به دست می آید.

$$\Delta R = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100 \quad (3)$$

$$\Delta G = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100 \quad (4)$$

$$\Delta B = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100 \quad (5)$$

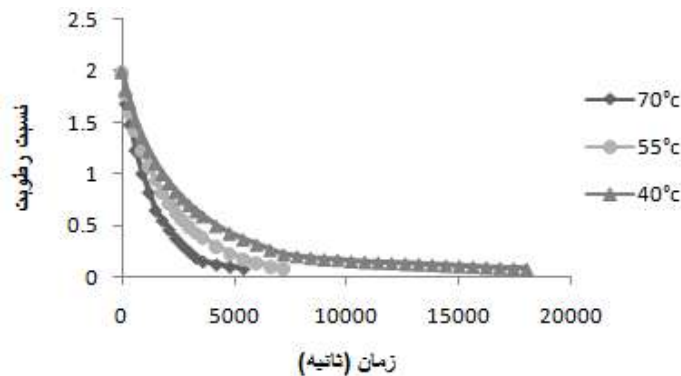
$$AL = \frac{\Delta R + \Delta G + \Delta B}{3} \quad (6)$$

که در آن  $\Delta R$  درصد تغییرات رنگ قرمز،  $R_1$  میزان رنگ قرمز قبل از خشک شدن نمونه،  $R_2$  میزان رنگ قرمز بعد از خشک شدن نمونه،  $\Delta G$  درصد تغییرات رنگ سبز،  $G_1$  میزان رنگ سبز قبل از خشک شدن نمونه و  $G_2$  میزان رنگ سبز بعد از خشک شدن نمونه،  $\Delta B$  درصد تغییرات رنگ آبی،  $B_1$  میزان رنگ آبی قبل از خشک شدن نمونه و  $B_2$  میزان رنگ سبز بعد از خشک شدن نمونه می باشد. همچنین در رابطه (6) سطح خاکستری می باشد که به عنوان میانگینی از تغییرات RGB در نظر گرفته می شود. جهت تجزیه و تحلیل مقدماتی داده ها از نرم افزار آماری Excel استفاده شد.

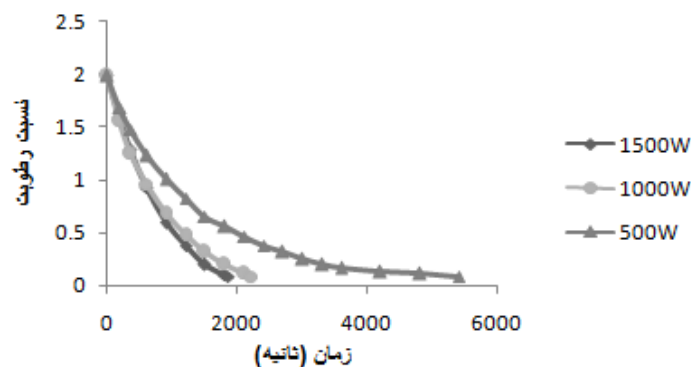
## نتایج و بحث

### سینتیک خشک کردن

خشک کردن نمونه ها تا رسیدن رطوبت آنها به 0/08 (d.b.) بر پایه خشک در خشک کن مادون قرمز - جابجایی انجام شد. نرخ تغییرات رطوبت بر حسب زمان در شدت تابش 500W، ضخامت 4mm و سرعت 0/5 m/s در شکل (1) و تابش 500W، دمای 55 °C سرعت 0/5 m/s در شکل (2) نشان داده شده است. با افزایش دمای ورودی، زمان خشک شدن به دلیل افزایش دمای هوای محفظه، کاهش یافت. همچنین با افزایش شدت تابش مادون قرمز، زمان خشک شدن به دلیل افزایش دمای درونی نمونه ها و به تبع آن افزایش سرعت تبخیر، کاهش یافت. البته تاثیر دمای ورودی در کاهش زمان خشک شدن بیشتر از شدت تابش مادون قرمز بود. سرعت هوای ورودی تاثیر مشخصی بر روی زمان خشک شدن نمونه ها نداشت. [Sharma et al. 2005] نیز در خشک کردن ورقه های پیاز به نتایج مشابه دست یافتند. کمترین زمان فرآیند مربوط به ضخامت 2mm، دمای 70 °C، شدت تابش 1500W و سرعت 0/5 m/s با مدت زمان 19 دقیقه می باشد. همچنین بیشترین زمان فرآیند در ضخامت 6mm، دمای 40 °C، شدت تابش 500W و سرعت 2/5 m/s با مدت زمان 360 دقیقه حاصل شد.



شکل 1. نسبت کاهش رطوبت نمونه‌های موسیر برای ضخامت 4mm و سرعت هوای 0/5 m/s و شدت تابش 500W



شکل 2. نسبت کاهش رطوبت نمونه‌های موسیر برای ضخامت 4mm و سرعت هوای 0/5 m/s و دمای 55 °C.

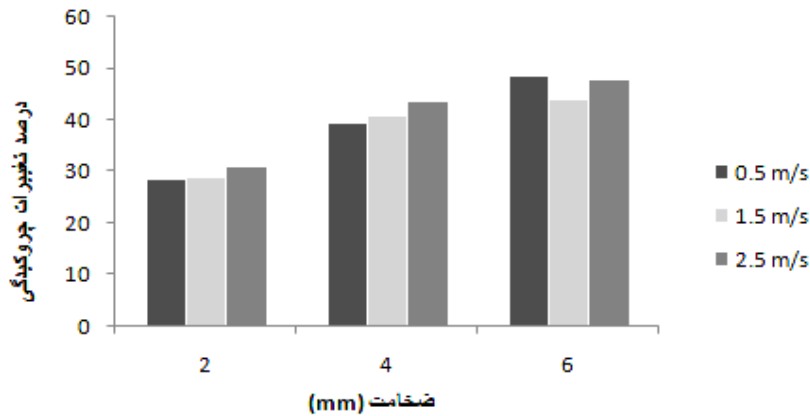
### بررسی چروکیدگی

طبق نتایج بدست آمده، میزان تغییرات چروکیدگی با افزایش ضخامت نمونه ها، افزایش نشان داد و حداکثر چروکیدگی در ضخامت 6 mm مشاهده شد. دیگر متغیرهای ورودی از جمله دمای ورودی محفظه، سرعت هوای ورودی و شدت تابش مادون قرمز تاثیر مشخصی بر روی تغییرات چروکیدگی نداشتند. به عنوان نمونه شکل (3) و درصد تغییرات چروکیدگی را برحسب دماهای مختلف در دمای 55 °C و شدت تابش مادون قرمز 500W نشان می‌دهد. Hatamipour and Mowla [2002] با بررسی سینتیک خشک کردن هویج در خشک کن بستر سیال دریافتند که سرعت و دمای هوای ورودی تاثیری معنی داری بر روی تغییرات چروکیدگی ندارد. Talla et al. [2004] نیز در خشک کردن موز به نتایج مشابهی رسیدند.

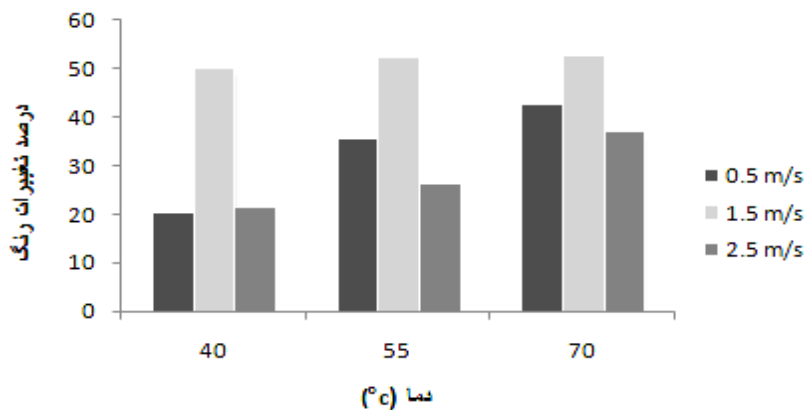
### بررسی تغییرات رنگ

نتایج آزمایشها نشان داد که بیشترین تغییرات رنگ مربوط به دمای 70 °C و کمترین آن مربوط به دمای 40 °C و مقدار متوسط آن مربوط به دمای 55 °C می‌باشد. دیگر عوامل ورودی (ضخامت نمونه‌ها، سرعت هوای ورودی و شدت تابش مادون قرمز) تاثیر مشخصی بر روی تغییرات رنگ نداشتند. شکل (4) درصد تغییرات رنگ را در شدت تابش مادون قرمز 500W و ضخامت 4mm نشان می‌دهد [Arabhosseini et al. 2007]. در ارزیابی کیفیت گیاه ترخون، بیشترین تغییرات رنگ را در بالاترین دمای خشک کردن (90 °C) و کمترین تغییرات رنگ را در

پایین‌ترین دما (45 °C) گزارش کردند . Karabulut *et al.* [2007] نیز در خشک کردن زردآلو بیشترین تغییرات رنگ را در دماهای بالا گزارش کردند.



شکل 0.3 و سرعت‌های مختلف



شکل 0.4

طبق نتایج بدست آمده کمترین و بیشترین زمان فرآیند به ترتیب 19 و 360 دقیقه گزارش شد . بیشترین و کمترین تغییرات چروکیدگی به ترتیب در ضخامت 6 و 2 mm اتفاق افتاد. دمای ورودی محفظه، سرعت هوای ورودی و شدت تابش مادون قرمز تاثیر مشخصی بر روی تغییرات چروکیدگی نداشتند. بیشترین تغییرات رنگ در دمای 70 °C بدست آمد.

#### منابع

- Arabhosseini, A., Huisman, W., van Boxtel, A., Müller, J., (2007). Long-term effects of drying conditions on the essential oil and color of tarragon leaves during storage. *Journal of Food Engineering* ,79:561–566.
- Brewster, J.L., Rabinowitch, H.D., (1990). *Onion and Allied Crops*. CRC press. Florida, U.S.A.
- Ginzburg, A.S., (1969). *Application of infrared radiation in food processing*. London: Leonard Hill Books.

- Hatamipour, M.S., Mowla, D., (2002). Shrinkage of carrots during drying in an inert medium fluidized bed. *Journal of Food Engineering*, 55: 247–252.
- Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S., Ozturk, B., (2007). Effect of hot air drying and sun drying on color values and b-carotene content of apricot (*Prunus armenica* L.). *Journal of LWT*, 40 : 753–758.
- Mayor, L., Sereno, A.M., (2004). Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *Journal of Food Engineering* 61 و 373–386.
- Mendozaa, F., Dejmekb, P., Jos´e, M., (2006). Aguilera Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology* 41 و 285–295.
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., Philippe, L., Marchais, D., (2011). Evolution of porosity, shrinkage and density of pasta fortified with pea protein concentrate during drying. *Journal of Food science and technology* 44: (883-890)
- Mozaffarian, V., (1996). A dictionary of Iranian plant names Tehran., Farhange Moaser Publications, Tehran, Iran.
- Prachayawarakorn, S., Sawangduanpen, S., Saynampheung, S., Poolpatarachewin, T., Soponronnarit, S., Nathakarakule, A., (2004). Kinetics of colour change during storage of dried garlic slices as affected by relative humidity and temperature. *Journal of Food Engineering* 62 و 1–7.
- Sharma, G.P., Verma, R.C., Pathare, P.B., (2005). Thin-layer infrared radiation drying of onion slices. *Journal of Food Engineering* 67:361–366.
- Talla, A., Puiggali, J. R., Jomaa, W. & Jannot, Y., (2004). Shrinkage and density evolution during drying of tropical fruits : application to banana. *Journal of Food Engineering* 64,103-109.
- Timoumia, S., Mihoubia, D., Zagrouba, F.,(2007). Shrinkage, vitamin C degradation and aroma losses during infrared drying of apple slices. *Journal of LWT*, 40 -1648–1654.
- Yadollahinia, A., & Jahangiri, M., (2009). Shrinkage of potato slice during drying. *Journal of Food Engineering* 94 (2009) 52–58.
- Yam, K.L., & Papadakis, S. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering* 61: 137-142.