یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

بررسی مصرف انرژی توت فرنگی خشک شده با استفاده از پیش تیمار اسمزی و فراصوت با جریان هوای خشک

علی سمیع[۱]، شعبان قوامی جولندان[۲،*]، حسن ذکی دیزجی[۳]، محمد حجتی[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز(alisamie7080@gmail.com)
[۲]استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز (s.ghavami@scu.ac.ir)
[۳]استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز (hzakid@scu.ac.ir)
[۴]دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (hojjati@ramin.ac.ir)

چکیده

خشک کردن یکی از گسترده ترین و مهم‌ترین بخش عملیاتی تولید ماده جامد است. در فرایند خشک کردن نیاز به صرف انرژی بیشتری است این مقدار انرژی لازم به علت بالا بودن گرمای ویژه کل آب تبخیر شده و بازده پایین خشک کن های صنعتی است. معمولا خشک کن ها حدود ۱۲٪ انرژی کل فرایند را مصرف می کنند و ۷۰٪ کل هزینه را تشکیل می دهد. یکی از فاکتورهای مهم در کاهش زمان خشک کن ها، استفاده از پیش تیمار اسمزی و فراصوت به طور همزمان است. در واقع با استفاده از فرایند اسمزی و فراصوت، زمان خشک کردن نهایی به دلیل کاهش درصد رطوبت و خشک شدن سریع محصول، کاهش می یابد و در نتیجه انرژی کمتری نیز مصرف می شود. هدف از این تحقیق بررسی اثر پیش تیمار محلول اسمزی ساکارز در غلظت ۶۰ درصد با فراصوت ((UL+OS(60%)، بدون فراصوت ((OS(60%) و آب مقطر (UL+D) در کاهش زمان و انرژی توت فرنگی خشک شده است. نتایج حاصل نشان می دهد نمونه با پیش تیمار اسمزی و فراصوت، محلول اسمزی بدون فراصوت و آب مقطر به ترتیب کمترین زمان خشک کردن را داشتند. از این رو استفاده از محلول اسمزی و فراصوت سبب کاهش هزینه، زمان و مصرف انرژی دستگاه خشک کن می‌گردد.

کلمات کلیدی: توت فرنگی، خشک کردن اسمزی، فراصوت، انرژی

STUDY OF ENERGY CONSUMPTION OF DRIED STRAWBERRIES BY USING OSMOTIC PRE-TREATMENT AND ULTRASOUND WITH DDRY AIR FLOW

Ali Samie[1], Shaban Ghavami Jolandan[2], Hasan Zaki Dizaji[3], Mohammad Hojjati[4]

[1]. Master of Science, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, (alisamie7080@gmail.com)
[2].Assistant professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, (s.ghavami@scu.ac.ir)
[3].Assistant professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, (hzakid@scu.ac.ir)
[4].Associate Professor, Department of Food Science, Faculty of Animal and Food Science, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Khuzestan, Iran, (hojjati@ramin.ac.ir)

ABSTRACT

Drying is one of the most extensive and most important parts of solid-state production. Speaking in terms of drying in fact the process of drying, it is necessary to spend more energy. This amount of energy is needed due to the high evaporation of the whole heat of the water and the low efficiency of industrial dryers. Usually, dryers account for about 12% of the total energy of the process and account for 70% of the total cost. One of the important factors in reducing the time of dryers is the use of ultrasonic osmotic pre-treatment simultaneously.In fact, using the osmotic and ultrasonic process, the final drying time decreases due to reduced

*. مکاتبه کننده : دکتر شعبان قوامی جولندان، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز. کدپستی: ۶۱۳۶۷۴۴۹۶۳ تلفن: ۰۶۱-۳۳۳۳۰۰۱۱ نمابر : ۰۶۱-۳۳۳۶۴۰۵۷ موبایل : ۰۹۱۲۶۸۰۵۱۹۰

moisture content and rapid drying of the product, resulting in less energy. The aim of this study was to investigate the effect of premixed osmolality of sucrose solution in concentration %60 by ultrasound (UL+OS (%60)) , without ultrasound (os (%60)) and aquapura (UL+D) in reducing the time and energy of sgrawberries is dried. The results show that the samples with osmotic and ultrasonic pre-treatment, osmotic solution without ultrasound and distilled water had the least drying time. Hence, using osmotic solution and ultrasound will reduce the cost, time and energy of the dryer.

Keywords: Strawberry, osmotic drying, Ultrasound, Energy

۱- مقدمه

بخش عمده ای از میوه های کشور ما به طریقه سنتی و با استفاده از نور خورشید و یا با استفاده از جریان هوای گرم به خشکبار تبدیل می شوند. روش سنتی رایج به دلیل کندی فرایند و افزایش زمان و همچنین آلودگی هایی که در پی دارد، شیوه و روش مناسبی برای خشک کردن نمی باشد (Kumar et al., 2012). از طرفی در روش های صنعتی با بهره گیری از جریان هوای نسبتا داغ حتی در مدت زمان بسیار کوتاه تری نسبت به روش سنتی، نیاز به انرژی زیاد و کاهش کیفیت و ارزش تغذیه ای محصول می گردد (Gowen et al., 2006). در کاربرد فرایند اسمزی به دلیل استفاده محدود و کوتاه مدت از جریان هوای گرم برای تکمیل عملیات خشک کردن نه تنها ویژگی های مطلوب محصول در حد قابل توجهی حفظ می شود، بلکه میزان انرژی حرارتی موردنیاز جهت حذف آب اضافی محصول شدیدا کاهش می یابد(Vega-Mercado et al., 2001). همچنین با بکارگیری امواج فراصوت، با مکانیسم‌های مختلف ممکن است منجر به افزایش میزان خروج رطوبت از ماده غذایی طی فرایند خشک کردن شود از جمله آن‌ها می‌توان به افزایش دما در لایه مرزی، تغییر فشار در اثر کاویتاسیون، توسعه میکروکانال‌ها در اثر ایجاد در نتیجه تنش برش حاصل از کاویتاسیون، اغتشاش در لایه مرزی و ایجاد تغییرات ساختمانی در محیط اشاره کرد (Azoubel et al., 2010).

اساس فرایند خشک کردن اسمزی، قرار دادن قطعات مواد غذایی مانند میوه و سبزی در محلول هیپرتونیک است. این محلول ها معمولا دارای فشار اسمزی بالاتر و فعالیت آبی کمتری در مقایسه با محیط سلولی مواد غذایی هستند. از آنجا که دیواره سلولی بسیاری از مواد غذایی می تواند به عنوان یک غشا نیمه تراوا عمل کند، بنابراین یک نیروی محرکه جهت حرکت آب بین ماده غذایی و محلول اسمزی ایجاد می شود(Lazarides, 2001).

توت فرنگی گیاهی نهان دانه با نام علمی فراگاریا ویساکا و ازخانواده گل سرخیان رزاسه است توت فرنگی وحشی اروپائی عمدتا از ریشه Fragariavesca L بوده و ارقام زیر کشت نیز از منشا F.chilosensis و F.virginia به دست آمده اند توت فرنگی (F.amanassa) در سطح جهانی کشت می شود(Perkins&Veazie, 2010). توت فرنگی غنی از قند های گلوکز و ساکارز، رنگدانه آنتوسیانین و ماده معدنی پتاسیم می باشد(Garzon & Wrolstad, 2002). علی رغم ویژگی های بالای تغذیه ای، توت فرنگی مستعد فساد و حساس به آسیب های مکانیکی بوده و عمر ماندگاری کمی دارد. از این رو برای حفظ کیفیت و افزایش مدت زمان نگهداری آن روش های مختلفی بیان شده است(Changrue, 2006). با استفاده از خشک کردن اسمزی می توان مدت زمان نگهداری توت فرنگی را با حفظ ویژگی های تغذیه ای افزایش داد.همچنین زمان خشک کردن، هزینه و مصرف انرژی در راستای خشک کردن اسمزی به طور چشمگیری کاهش می یابد. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی اثر محلول های اسمزی و فراصوت بر میزان زمان و انرژی مصرفی فرایند خشک کردن توت فرنگی می باشد.

۲- مواد و روش‌ها

ابتدا توت فرنگی‌های تازه رقم سلوا در اندازه‌های یکسان و رنگ و درجه رسیدگی یکسان از بازار اهواز خریداری شد. سپس میوه‌ها شسته شده و توسط کاغذ خشک‌کن رطوبت اضافی آن‌ها گرفته و سپس به اندازه‌های یکسان به قطر۳میلی متر بریده شدند و همچنین محتوای رطوبت میوه تازه اندازه‌گیری شد.

۲-۱- تیماربندی نمونه ها جهت خشک کردن اسمزی

۲-۱-۱- پیش تیمار التراسونیک(U)[1]:

قطعه‌های توت فرنگی را در حمام التراسونیک با فرکانس ۳۷ KHZ و در آب مقطر غوطه‌ور کرده و برای مدت،۱۰،۲۰،۳۰دقیقه تحت تیمار التراسونیک قرار داده که این فرکانس و مدت زمان موثر و مناسب در تیماردهی و کیفیت نهایی محصول می باشد.

[1]Ultrasound

۲-۱-۲- پیش تیمار اسمز – التراسونیک (UOD[1]):

قطعات میوه را در محلول اسمزی ساکارز با غلظت ۶۰ درصد وزنی تحت تیمار فراصوت با فرکانس ۳۷ KHZ و به مدت زمان،۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه تحت تیمار قرار داده می شود.

۲-۱-۳- پیش تیمار اسمزی(OD[2]):

قطعات را در محلول اسمزی ساکارز ۶۰٪ وزنی که طبق آزمایشات انجام شده این غلظت بهترین نتیجه را از نظر صفات کمی و کیفی ایجاد می کند به مدت ۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه تیماردهی و آب‌گیری می شود.

۲-۱-۴- طرح آماری و آنالیز داده‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین داده با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت. رسم نمودارها با نرم افزار Excel ۲۰۱۳ انجام گرفت. کلیّه آزمایش‌ها در ۳ تکرار انجام شد. جهت آنالیز آماری از نرم افزار spss (نسخه ۲۰) استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- محاسبه انرژی و مقایسه مدت زمان خشک شدن

مدت زمان خشک شدن نهایی توت فرنگی تیمار دیده و بدون تیمار مورد بررسی قرار گرفت. وزن اولیه نمونه های مورد استفاده در این آزمایش تعین گردید و پس از تیمار دهی در فراصوت (ELMA,ELMASONIC P 60H آلمان)، به طور هم‌زمان برای خشک شدن نهایی در آون(BINDER TYPE PLATE ACC آلمان) قرار گرفتند و هر نیم ساعت یک‌بار وضعیت خشک شدن نمونه‌ها بررسی می‌شد. همچنین به منظور اندازه گیری مستقیم انرژی مصرفی دستگاه ها از کنتور برق استفاده شد. همان‌طور که شکل (۱) نشان می‌دهد بین نمونه‌های آب مقطر و محلول اسمزی ساکارز بدون فراصوت و با فراصوت اختلاف معنی‌داری در سطح ($p<0.05$) وجود دارد.

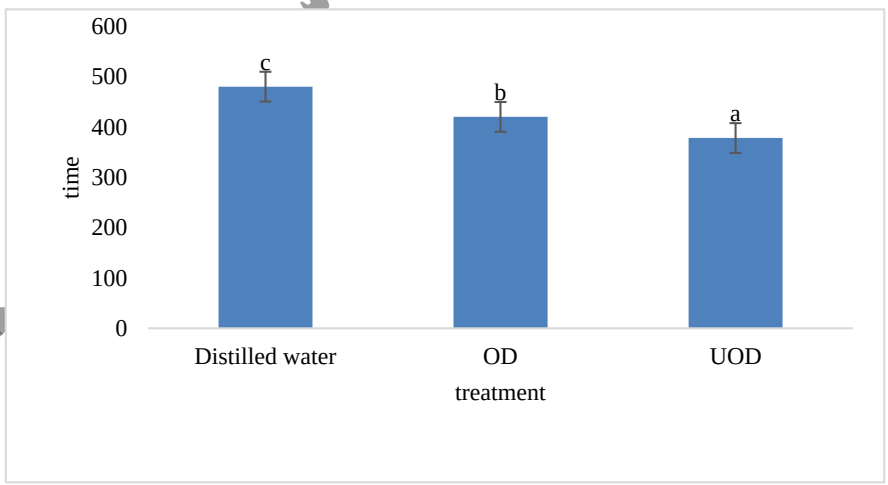

Figure1. The effect of ultrasound and duration of osmotic pretreatment on drying time
شکل ۱- تأثیر مدت‌زمان فراصوت و پیش تیمار اسمزی بر میزان زمان خشک شدن

[1]Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration
[2]Osmotic dryig

جدول(۱) میزان انرژی مصرفی و توان دستگاه های مورد استفاده برای خشک کردن توت فرنگی

Table 1. The amount of energy consumed and the power of machines used to dry strawberries

Total energy (Aven + Ultrasound) Et oven+Et ultrasound (Kw.h)	Drying time in oven (h)	(min) Pre-treatment time	treatment
7992	8.88	10	UL+D
7486	8.53	20	UL+D
7250	8.00	30	UL+D
6783	7.87	10	OS(60%)
6586	7.50	20	OS(60%)
6316	7.00	30	OS(60%)
6350	7.25	10	UL+OS(60%)
6243	7.03	20	UL+OS(60%)
5900	6.30	30	UL+OS(60%)
8133(Et oven Kw.h)	9.00	-	Air-D

بررسی اثر فاکتورهای مورد مطالعه در مرحله آبگیری اسمزی و خشک کردن تکمیلی با دستگاه آون بر روی زمان کل لازم و انرژی مصرفی برای خشک کردن توت فرنگی نشان می دهدکه در بین فاکتورهای مورد مطالعه شده، ضخامت و مدت زمان فراصوت و غوطه وری در محلول اسمزی بیشترین اثر را بر روی زمان کل لازم و انرژی مصرفی برای خشک کردن برگه توت فرنگی داشته اند. براساس جدول(۱) اختلاف معنی داری بین زمان و انرژی مصرفی خشک شدن برگه توت فرنگی در سطح ۵ درصد وجود دارد. مطابق جدول، افزایش مدت زمان فراصوت و غوطه وری در محلول اسمزی از ۱۰ به ۳۰ دقیقه سبب کاهش مدت زمان و میزان انرژی خشک کردن می‌شود. در واقع در شرایط ثابت فاکتور ضخامت (۳cm) و غلظت محلول اسمزی(۶۰ درصد)، نمونه حاوی محلول اسمزی ساکارز با اعمال پیش فرایند فراصوت در مدت زمان ۳۰ دقیقه، کمترین زمان کل و میزان انرژی خشک کردن را در مقایسه با نمونه های حاوی محلول اسمزی بدون فراصوت و آب مقطر داشت. این امر به سبب افزایش میزان آبگیری در پیش فرایند محلول اسمزی همراه با فراصوت است. به عبارتی دیگر، آبگیری اسمزی فرایندی برای حذف قسمتی از آب مواد غذایی با غوطه ور کردن آن در یک محلول غلیظ یا هیپرتونیک است و نیروی محرکه لازم برای انتشار آب از بافت ماده غذایی به محلول اسمزی، اختلاف فشار بین محلول اسمزی و بافت ماده غذایی است که می تواند به عنوان یک مرحله مستقل با فرایند خشک کردن بکار گرفته شود(Jokic et al., 2007). هم چنین با مقایسه کردن دو محلول اسمزی با فراصوت و بدون فراصوت بر طبق جدول (۱) می توان نتیجه گرفت که امواج فراصوت باعث یکسری انقباض‌ها و انبساط‌های متناوب سریع روی دیواره سلولی شده (اثر اسفنجی) که این عمل موجب ایجاد کانال‌های میکروسکوپی در ساختار ماده شده و امکان انتقال رطوبت از ماده به حامل انرژی را افزایش می‌دهد. بدین صورت که با ایجاد کانال‌های میکروسکوپی در ساختار ماده، موجب کاهش لایه مرزی نفوذ و تشدید مکانیزم انتقال جرم جا به جایی در ماده می‌گردد. همچنین انرژی فراصوتی موجب تشدید پدیده کاویتاسیون و تسریع در از دست دادن آب پیوندی قوی در درون ماده می‌شود(Mason et al., 2005). به طور کلی میزان زمان کل و انرژی مصرفی خشک کردن نمونه حاوی محلول اسمزی (ساکارز ۶۰ درصد) با و بدون اعمال امواج فراصوت در مقایسه با نمونه شاهد (آب مقطر) و بدون تیمار کاهش یافت.

۴- نتیجه گیری

در حال حاضر در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به ویژه کشور ایران از روش های سنتی برای خشک کردن فرآورده‌های کشاورزی استفاده می شود که این امر باعث کاهش کیفیت و افزایش ضایعات می گردد. روش‌های سنتی خشک کردن منجر به افزایش چروکیدگی بافت با سطحی سفت، تغییرات نامطلوب در رنگ، عطر، طعم وکاهش ارزش غذایی محصول می‌شوند. از طرفی استفاده از خشک کردن با هوای داغ انرژی زیادی مصرف می‌کند. بنابراین انتخاب روش مناسب برای خشک کردن و یا استفاده از پیش تیمارهای مناسب قبل از فرایند خشک کردن می تواند تا حدود بسیار زیادی سبب بهبودی ویژگی‌های کیفی محصول نهایی خشک شده و کاهش زمان کل و انرژی مصرفی شود.

۵- منابع

Book:
Lazarides, H. N. (2001). Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables. In: Osmotic dehydration & vacuum impregnation. Technomic publishing company.
Book Section:
Perkins-Veazie, P. (2010). Growth and ripening of strawberry fruit. *Horticultural Reviews*, *Volume 17*, 267-297. University. Canada.
Gowen, A., Abu-Ghannam, N., Frias, j. and Oliveira, J. (2006). Optimisation of dehydration and rehydration properties of cooked chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing microwave–hot air combination drying. Trends in Food Science and Technology 17: 177-183.
Mason, T. J., Riera, E., Vercet, A. and Lopez-Buesa, P. (2005). 13- Application of Ultrasound. Pages 323-351 in Da-Wen S, ed. Emerging Technologies for Food Processing. London: Academic Press.
Conference Proceeding:
Kumar, C., Karim, A., Saha, S. C. M., Joardder, U. H., Brown, R. J. and Biswas, D. (2012). *Multiphysics Modelling of convective drying of food materials.* Proceedings of the Global Engineering, Science and Technology Conference: Global Institute of Science and Technology.
Journal Article:
Azoubel, P. M., Baima, M. D., Amorim, M. D. R. and Oliveira, S. B. (2010). Effect of ultrasound on banana cvPacovan drying kinetics. *Journal of Food Engineering* 97: 194-198. Changrue, V. Hybrid (osmotic, microwave-vacuum) drying of strawberries and carrots. 2006; Ph.D thesis. McGill
Garzon, G. A., and Wrolstad, R. E. (2002). Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*, 67, 1288–1299.
Jokic, A., Gyura, J., Levic, L., Zavargo, Z. (2007). Osmotic dehydration of sugar beet in combined aqueous solutions of sucrose and sodium chloride, *Journal of Food Engineering 78*, 47–51
Vega-Mercado, H., Góngora-Nieto, M. M., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2001). Advances in dehydration of foods. *Journal of food engineering*, *49*(4), 271-289.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران