JRIFST
www.rifst.ac.ir/jrifst.aspx
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال 1394، جلد 4، شماره 1، صفحات 96-87
DOI: 10.22101/JRIFST.2015.05.10.417

مطالعه نحوه خشک شدن، سرعت باز آب‌پوشی و پارامترهای رنگ نخود ایرانی (*Cicer arietinum*) خشک شده در سطوح دمایی مختلف توسط خشک‌کن بستر جهنده

محسن زندی[1*]، مهرداد نیاکوثری[2]، نازیلا دردمه[3]

1- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
*نویسنده مسئول (m.zandi@urmia.ac.ir)
2- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
3- دانش‌آموخته گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: 92/09/16
تاریخ پذیرش: 93/10/27

واژه‌های کلیدی
تغییرات رنگ
خشک‌کن آفتابی
خشک‌کن بستر جهنده
خشک‌کن لایه نازک
فرآیند باز آب‌پوشی

چکیده

در این تحقیق نخود ایرانی سبز با استفاده از سیستم خشک‌کن بستر جهنده خشک گردید. فرآورده نهایی با نخود خشک شده توسط روش‌های آفتابی و لایه نازک از نظر توانایی باز آب‌پوشی، رنگ و سرعت خشک شدن مورد مقایسه قرار گرفت. خشک کردن در خشک‌کن بستر جهنده و لایه نازک در سه سطح دمایی 45، 60، 75 درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت و توانایی باز آب‌پوشی محصول خشک شده از طریق قرار دادن نمونه ها در آب مقطر به مدت 320 دقیقه در آون 30 درجه سانتی گراد صورت گرفت. نتایج نشان داد که سیستم خشک‌کن بستر جهنده طراحی شده قادر به خشک کردن نخود ایرانی با کیفیت رنگی و باز آب‌پوشی بالاتر و زمان کمتر می باشد؛ به طوری که زمان لازم برای خشک کردن با روش آفتابی، لایه نازک در دمای 45 درجه-سانتی‌گراد به ترتیب 570 و 555 دقیقه بود و این در حالی است که زمان لازم در خشک‌کن بستر جهنده در دمای مشابه، 315 دقیقه بود.

مقدمه

تکنولوژی بستر جهنده تا حد زیادی برای سیستم‌های جامدِ ذره‌ای که سیالیت آنها در وضعیت پایدار دشوار می‌باشد، به کار می‌رود (Femenia *et al.*, 2000). تفاوت اصلی بین بستر سیال با بستر جهنده[1] در رفتار دینامیک ذرات جامد می‌باشد. در تکنیک بستر سیال، هوا از صفحات توزیع کننده یکنواخت ذرات عبور کرده تا ذرات را سیال نموده و سبب سیالیت ذرات جامد به پایین و بالا گردد. در حالی که در تکنیک بستر جهنده، هوا از منافذ کوچکی در مرکز بستر صاف یا مخروطی وارد شده و به جای توزیع-کننده‌های یکنواخت، سبب ایجاد الگوی چرخه‌ای منظمی از حرکت ذرات درون بستر می‌گردد.

خصوصیات هیدرودینامیکی دو تکنیک بستر سیال و جهنده به صورت خاصی با یکدیگر متفاوت می‌باشد (Abdul Salam & Bhattacharya, 2006).

دانه سویا کامل توسط Wiriyaumpaiwong و همکاران (2003) با استفاده از خشک‌کن بستر جهنده خشک و با سایر روش‌های خشک کردن مقایسه گردید. در این تحقیق خشک‌کن بستر جهنده در مقایسه با خشک‌کن بستر سیال، اکستروژن و خشک‌کن مادون قرمز ارزیابی شد و پارامترهایی نظیر عملکرد سیستم، کاهش رطوبت، غیرفعال نمودن آنزیم اورِآز و حلالیت پروتئین به عنوان ملاک ارزیابی قرار

1-Spouted Bed

گرفت.

نتایج از کیفیت بهتر فرآورده خشک شده با سیستم خشک‌کن بستر جهنده نسبت به سایر روش‌ها حکایت نمود. برشته کردن جو با استفاده از بستر جهنده توسط Robbins و Fryer (2003) صورت گرفت. آنها توانستند مدل پیشگوکننده‌ای را برای رطوبت و دما ایجاد نمایند. به این منظور برشته کننده بستر جهنده طراحی گردید. Kahyaoglu و همکاران در سال 2010 با استفاده از نوعی خشک‌کن بستر جهنده همراه با مایکروویو توانستند گندم و بلغور پیش پخته شده را خشک نمایند. در این پژوهش خصوصیات فیزیکی محصول نظیر دانسیته، تخلخل، رنگ، ریز ساختار، توزیع اندازه ذرات و کرویت محصول خشک شده مورد ارزیابی قرار گرفت. مشخص گردید که تاثیر خشک‌کن بستر جهنده بر روی خصوصیات فیزیکی به جز رنگ چندان معنا دار نمی‌باشد. Markowski و همکاران (2010) سینتیک خشک شدن جو را در بستر جهنده مورد بررسی قرار دادند. این پژوهش به منظور تاثیر شکل دانه جو در نفوذ رطوبت از دانه جو صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که با افزایش کرویت، نفوذ رطوبت از دانه جو سریع‌تر صورت می‌پذیرد. تاکنون تحقیقی به منظور بررسی و مطالعه خشک کردن نخود ایرانی صورت نپذیرفته است. هدف اصلی از این پژوهش بررسی نحوه خشک شدن نخود ایرانی و مطالعه ویژگی‌های نخود خشک شده بود. علاوه بر این، مقایسه روش‌های مختلف خشک کردن بر پارامترهای کیفی و سرعت خشک شدن این محصول از اهداف دیگر این پژوهش بود.

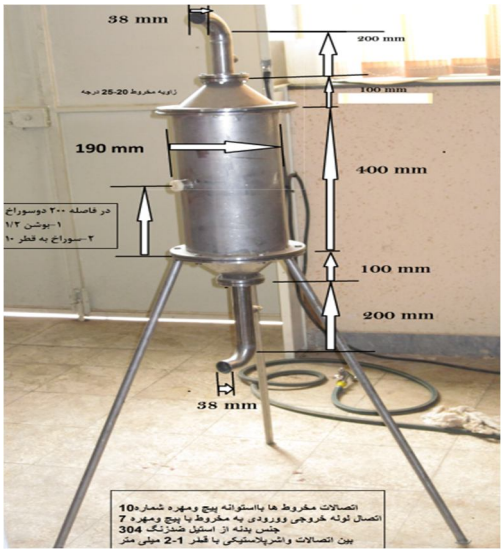
مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه

نخود ایرانی (*Cicer arietinum*) تازه زمانی که کمتر از 10 درصد از نیام‌های آن زرد شده‌اند از مزارع مرکز تحقیقات کشاورزی استان همدان با عرض جغرافیایی 46 درجه و 34 دقیقه و طول جغرافیایی 35 درجه و 48 دقیقه جمع‌آوری گردید. رطوبت اولیه نخودها 64-62% بود. نخودها قبل از انجام آزمون در خشک‌کن‌های بستر جهنده، پاششی، لایه نازک و آفتابی آماده‌سازی شدند. به این منظور پس از جداسازی نیام یا غلاف نخود از بوته‌های برداشت شده از زمین، نخودها از نیام خارج شد و مواردی که دارای رنگ زرد بود حذف گردید. معمولاً در هر نیام نخود ایرانی 2-1 عدد نخود وجود دارد. به منظور جلوگیری از فساد و خشک شدن، نیام‌ها و نخودها درون کیسه-هایی پلی‌اتیلنی قرار داده شد و درون یخچال 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید.

خشک کن بستر جهنده

برای خشک کردن نخود درون خشک‌کن طراحی شده، مقدار 500 گرم از نخود سبز ایرانی (*Cicer arietinum*) در هر بار آزمون درون محفظه خشک‌کن ریخته شد (شکل 1) و خشک کردن در سه دمای 45، 60 و 75 درجه سانتی‌گراد صورت گرفت. سرعت هوا به گونه‌ای انتخاب گردید که نخودها طی فرآیند خشک شدن کاملاً جهنده باشند (سرعتی معادل با 8/6 متر بر ثانیه در لوله‌ای با قطر 100 میلی متر یا معادل با حجم هوای 0/03846 متر مکعب در ثانیه). تنظیم دمای خشک شدن در جریان فرآیند از طریق سیستم کنترل دمایی صورت گرفت. سیستم قادر بود تا دما را با انحراف معیار 1± درجه سانتی‌گراد در روی دمای مورد نظر تنظیم نماید. به منظور تعیین میزان رطوبت، نمونه‌ها در فاصله‌های زمانی مشخص، از خشک‌کن خارج گردید. فرآیند خشک کردن پس از رسیدن رطوبت نمونه‌ها به 10%-8٪ (بر حسب وزن مرطوب) متوقف و نخودهای خشک شده به منظور انجام آنالیزهای بعدی، درون کیسه‌های پلی‌اتیلنی مخصوص قرار داده و بسته‌بندی شد.



شکل 1- طرح محفظه خشک‌کن

خشک کن لایه نازک

برای مقایسه نحوه خشک شدن نخود ایرانی و خصوصیات فرآورده تولیدی در خشک‌کن بستر جهنده از دو روش مرجع دیگر استفاده گردید. در این روش لایه نازکی از ماده غذایی در برابر جریانی از هوا با دبی و دمای معینی قرار می گیرد و فرآیند خشک شدن انجام می‌پذیرد. به این منظور از خشک‌کن لایه نازک ساخته شده توسط این گروه تحقیقاتی در آزمایشگاه پدیده‌های انتقال و فناوری نوین دانشگاه شیراز استفاده گردید. این خشک‌کن شامل محفظه استوانه‌ای از جنس پلاستیک انعطاف‌پذیر به طول 500 و قطر 250 میلی‌متر و قسمت مخروطی از جنس استیل ضد زنگ با طول 400 میلی‌متر است. صافی از جنس فولاد ضد زنگ در فاصله 150 میلی-متری از قسمت مخروطی به وسیله 4 زنجیر به ترازوی دیجتالی با دقت 0/001 گرم متصل شده است. نخود-ها با قطر متوسط 5-7 میلی‌متر به صورت یک لایه در روی محفظه خشک‌کن ریخته شد. خشک کردن در سه دمای 45، 60 و 75 درجه سانتی‌گراد و سرعتی در حد 0/5 متر بر ثانیه صورت گرفت.

خشک کن آفتابی

خشک‌کن مورد استفاده یک محفظه مکعب مستطیل با یک فن در دیواره جانبی بود. خشک‌کن مورد استفاده یک محفظه مکعب مستطیل با چارچوبی از جنس فولاد با ابعاد 300×600×900 میلی‌متر بوده که در فاصله 750 میلی‌متری از سطح زمین نصب گردیده است. تمامی قسمت‌های آن به استثناء صفحه پائینی شیشه‌دار می‌باشد. نمونه نخود درون ظروفی از جنس آلومینیوم قرار داده شد و به درون خشک‌کن منتقل گردید. در زمان‌های معین یکی از این ظروف آلومینیومی خارج می‌شد و برای اندازه‌گیری رطوبت و آنالیزهای بعدی مورد استفاده قرار می‌گرفت. خشک کردن آفتابی در مکانی با عرض جغرافیایی 30 درجه و 25 دقیقه و طول جغرافیایی 37 درجه و 29 دقیقه در اوایل مهرماه و در فاصله زمانی 9 صبح تا 6:30 دقیقه عصر صورت گرفت که میانگین دما و رطوبت نسبی در طی فرآیند خشک کردن با روش آفتابی به ترتیب 34/2 درجه سانتی‌گراد و 10/2 درصد بود.

اندازه‌گیری رطوبت

حدود 3 تا 5 گرم نمونه در یک ظرف اندازه‌گیری رطوبت از جنس آلومینیوم توزین گردید و در آون با دمای 2 ± 102 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد. پس از توزین ظرف حاوی نمونه از طریق فرمول 1 درصد رطوبت بدست آمد (AOAC., 2002):

$$W\ \% = (M_0 - M_f) / (M_0) \times 100 \quad (1)$$

که در اینجا W، M_0، M_f به ترتیب رطوبت، وزن نهایی، اولیه نمونه می‌باشد.

نسبت باز آب‌پوشی

فرآیند باز آب‌پوشی از طریق قرار دادن 60 گرم نخود خشک شده در 600 میلی‌لیتر آب مقطر (نسبت 1 به 10) صورت پذیرفت. فرآیند باز آب‌پوشی در دمای ثابت 30 درجه سانتی گراد در آون انجام شد تا اثر دمای باز آب‌پوشی حذف گردد (Duarte *et al.*, 2009). برای رسم منحنی باز آب‌پوشی نیاز به تغییرات رطوبت در واحد زمان می‌باشد که به همین دلیل نمونه‌برداری از نخود هر 10 دقیقه یکبار صورت گرفت و رطوبت آنها در هر مرحله اندازه‌گیری شد. با داشتن زمان خشک شدن و رطوبت بر حسب وزن مرطوب نمودار باز آب‌پوشی رسم گردید (Kahyaoglu *et al.*, 2010). درصد رطوبت (بر حسب وزن خشک)

در پایان فرآیند نیز به عنوان معیاری برای مقایسه تاثیر فرآیند مورد استفاده قرار گرفت (Duarte *et al*., 2009).

آنالیز رنگ

اندازه‌گیری رنگ به روش عکس برداری دیجیتال در اتاقک مخصوص تحت شرایط کنترل شده (از نظر نور و فاصله دوربین) انجام گردید و آنالیز عکس‌ها در برنامه فتوشاپ نسخه 8 صورت گرفت. در این سیستم مولفه a نشان دهنده رنگ قرمز و سبز (a+ میزان قرمز بودن و a- میزان سبز بودن)، مولفه b نشان دهنده میزان زردی و آبی بودن (b+ میزان زرد بودن و b- میزان آبی بودن) و مولفه L نشان دهنده میزان روشنی نمونه (برای رنگ سیاه صفر و برای رنگ سفید 100) می‌باشد. پس از استخراج پارامترهای رنگی L، a و b تغییرات رنگ هم از فرمول 2 بدست آمد (Methakhup *et al*. 2005):

فرمول (2)

$$\Delta E = \sqrt{(L_i - L_0)^2 + (a_i - a_0)^2 + (b_i - b_0)^2}$$

که در آن اندیس i نشان دهنده عدد قرائت شده در زمان‌های مشخص خشک کردن و اندیس 0 نشان دهنده عدد قرائت شده در زمان صفر یا نمونه شاهد می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای انجام آنالیز آماری داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد و سپس میانگین و انحراف معیار بدست آمد. آنالیز واریانس برای بررسی اختلاف معنی‌دار در سطح $P<0/05$ بکار برده شد. به منظور تعیین اختلاف بین میانگین اعداد، پس از آنالیز واریانس از آزمون دانکن استفاده گردید. در تمام مراحل تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، نرم افزار آماری SPSS16 بکار گرفته شد.

نتایج و بحث

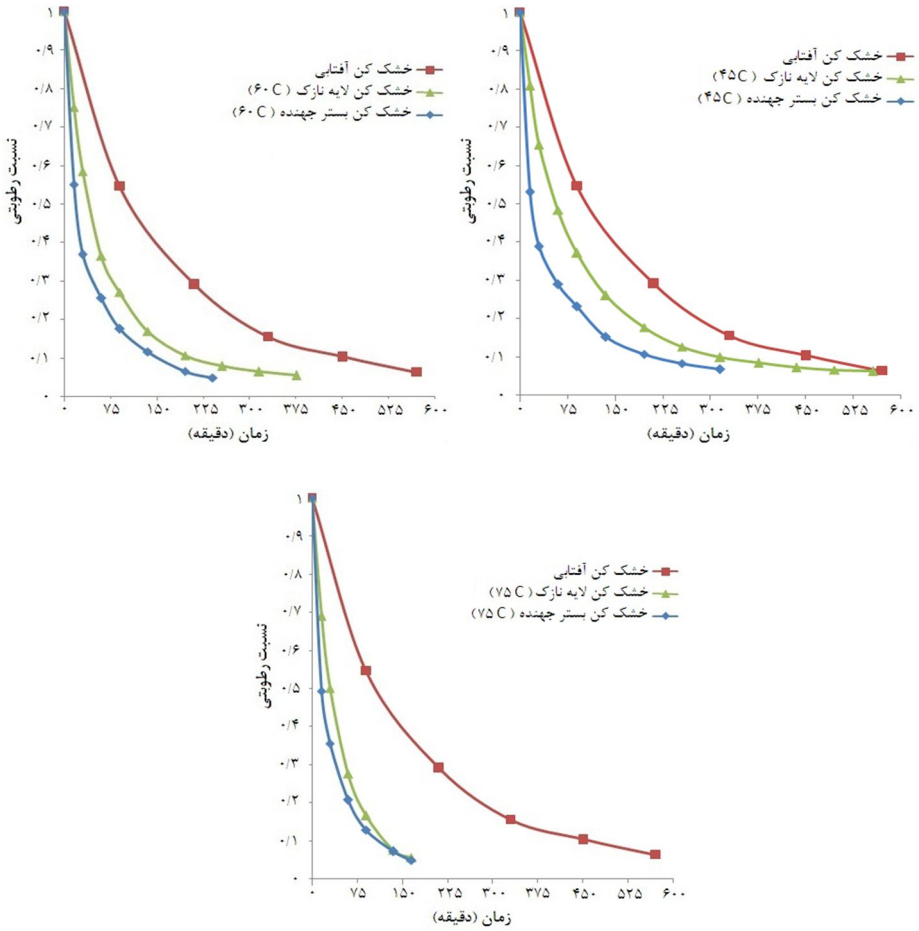
مقایسه نحوه خشک شدن نخود در خشک‌کن بستر جهنده با تکنیک های لایه نازک و آفتابی

منحنی خشک شدن نخود ایرانی با خشک‌کن آفتابی و نیز خشک‌کن‌های بستر جهنده و لایه نازک در دماهای 45، 60 و 75 درجه سانتی گراد به ترتیب در شکل 2 نشان داده شده است.

نتایج نشان داد که شکل منحنی خشک کردن در هر سه روش مشابه هم می‌باشد و تفاوت آنها در شیب این منحنی‌ها است. منحنی خشک کردن با روش آفتابی نسبت به دو روش دیگر در تمامی حالات شیب کمتری دارد. به عبارت دیگر خشک کردن نخود به روش آفتابی زمان بیشتری نسبت به سایر روش ها نیاز دارد. علت این امر نیز به دلیل کمتر بودن دما، طی فرآیند خشک کردن است. دمای هوا در مدت زمان خشک کردن آفتابی در محدوده 31/5-35/8 درجه سانتی‌گراد (همان دمای واقعی خشک کردن است) متغیر و میانگین آن 34/2 درجه سانتی گراد بود. در این بررسی، فرآیند خشک کردن به روش آفتابی 570 دقیقه به طول انجامید و رطوبت نخود از 190/65٪ به 12/24٪ (برمبنای وزن خشک) تقلیل یافت.

شیب منحنی خشک کردن با روش بستر جهنده در هر سه دما بیشتر از تکنیک لایه نازک بوده که علت آن نیز می‌تواند به سبب غوطه‌وری کامل نخودها در هوا در طی فرآیند خشک کردن باشد. با غوطه‌وری کامل نخودها، تمامی سطوح در معرض هوای داغ قرار گرفته و در نتیجه انتقال رطوبت با سرعت بیشتری اتفاق می‌افتد. زمان لازم برای خشک شدن نخود در دماهای 45، 60 و 75 درجه سانتی‌گراد برای تکنیک بستر جهنده به ترتیب 315، 240 و 165 دقیقه و برای روش لایه نازک به ترتیب 555، 375 و 165 دقیقه است.

نتایج نشان داد که هرچه دمای خشک کردن بیشتر شود اختلاف شیب منحنی خشک کردن با روش لایه نازک نسبت به منحنی خشک کردن با تکنیک بستر جهنده کمتر می‌گردد، به طوری که در دمای 75 درجه سانتی‌گراد این اختلاف به حداقل رسیده و منحنی لایه نازک در قسمت‌های انتهایی بر منحنی بستر جهنده منطبق می‌گردد. این موضوع می‌تواند ناشی از این امر باشد که با افزایش دمای خشک کردن نقش دما در خشک کردن بیشتر شده و از نقش شناور بودن نمونه‌ها در هوا کاسته می‌گردد.



شکل 2- تغییرات نسبت رطوبت در مقابل زمان خشک کردن نخود ایرانی با سه تیمار متفاوت

مقایسه باز آب‌پوشی نخودهای خشک شده با خشک‌کن های بستر جهنده، لایه نازک و آفتابی

درصد توانایی باز آب‌پوشی نخود خشک شده با تکنیک های آفتابی، بستر جهنده و لایه نازک در جدول 1 نشان داده شده است. درصد باز آب‌پوشی در روش آفتابی 166/87٪ بود و برای تکنیک‌های بستر جهنده و لایه نازک به ترتیب بین 157/2%-148/6٪ و 167/68%-163/91٪ محاسبه گردید.

همان طور که در جدول مشاهده می‌گردد، همانند خشک کردن بستر جهنده در روش خشک‌کن لایه نازک نیز تفاوت معناداری بین تاثیر دمای خشک کردن بر توانایی باز آب‌پوشی نخود وجود دارد ($P<0/05$)، به صورتی که با کاهش دمای خشک کردن، توانایی باز آب‌پوشی نخود افزایش پیدا می‌کند. که این امر احتمالاً به سبب پدیده تشکیل پوسته سخت سطحی در طی خشک کردن در دماهای بالاتر می‌باشد (Kahyaoglu *et al.*, 2010). با توجه به نتایج، توانایی باز آب‌پوشی نخودهای خشک شده با تکنیک آفتابی بالاتر از نخودهای خشک شده با روش‌های لایه نازک و بستر جهنده است. این توانایی در نخودهای خشک شده با تکنیک لایه نازک نیز بالاتر از نخودهای خشک شده با روش بستر جهنده می‌باشد. به عبارت دیگر هرچه نخود با سرعت کمتری خشک شده است، توانایی باز آب‌پوشی در آن بیشتر می‌باشد.

جدول 1- توانایی باز آبپوشی نخود خشک شده با روش های آفتابی، بستر جهنده و لایه نازک

روش خشک کردن	دمای خشک کردن (درجه سانتی گراد)	توانایی باز آبپوشی (%)
آفتابی	-	166/87[a]
بستر جهنده	45	157/2[d]
	60	154/95[e]
	75	148/6[f]
لایه نازک	45	167/68[a]
	60	165/77[b]
	75	163/91[c]

اعداد با حروف لاتین متفاوت تفاوت معنی داری در سطح 95 درصد دارند.

مقایسه تغییرات پارامترهای رنگ نخودهای خشک شده با تکنیک بستر جهنده، لایه نازک و آفتابی

پارامترهای رنگ و همچنین پارامتر (a/b) برای نخود تازه و نیز نخود خشک شده با خشک‌کن‌های آفتابی، بستر جهنده و لایه نازک در سه دمای 45، 60 و 75 درجه سانتی‌گراد در جدول 2 ارائه شده است. همان طور که در جدول مشاهده می‌گردد، پارامتر L در نخود خشک شده با تکنیک آفتابی و همچنین نخودهای خشک شده با روش های بستر جهنده و لایه نازک در دمای 45 درجه سانتی‌گراد با نخود تازه تفاوت معناداری ندارد، در حالی که با افزایش دمای خشک شدن در خشک‌کن‌های بستر جهنده و لایه نازک میزان روشنایی نمونه‌ها بطور معناداری افزایش می‌یابد ($P<0/05$) که این امر به سبب ایجاد پوسته سفید در سطح نخود در طی فرآیند خشک کردن و نیز تغییر رنگدانه‌های آن می‌باشد. مقدار پارامتر L در نخودهای خشک شده با روش‌های بستر جهنده و لایه نازک در هر سطح از دما تفاوت معناداری با هم ندارند ($P<0/05$). تغییرات پارامتر a- یا میزان سبز بودن نخودها با دما و زمان فرآیند ارتباط مستقیم دارد، به گونه‌ای که مقدار این پارامتر در تمامی نمونه‌ها بطور معناداری کمتر از نمونه تازه می‌باشد. بیشترین مقدار پارامتر a- نمونه‌های خشک مربوط به نخود خشک شده با روش بستر جهنده در دمای 45 درجه سانتی-گراد و کمترین آن مربوط به نخود خشک شده با تکنیک لایه نازک در دمای 75 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بطور کلی مقدار سبز بودن نمونه‌های روش لایه نازک در هر سطح از دما بطور معناداری کمتر از نمونه‌های بستر جهنده بوده که به سبب زمان بیشتر فرآیند خشک کردن و تخریب بالاتر رنگدانه‌ها است (Alibas, 2007).

نخودهای خشک شده با روش آفتابی نیز پارامتر a- کمتری از نمونه‌های خشک شده با روش بستر جهنده در دماهای 45 و 60 درجه سانتی گراد دارند. مقدار پارامتر b+ در تمامی نمونه‌های خشک شده کمتر از مقدار آن در نمونه تازه است. میزان رنگ زرد در نخودهای خشک شده با روش آفتابی و تکنیک لایه نازک در دماهای 45 و 60 درجه سانتی‌گراد از نظر آماری تفاوتی نداشته ($P<0/05$) ولی مقادیر آنها کمتر از پارامتر b+ نخودهای خشک شده در خشک‌کن بستر جهنده (در تمامی سطوح دمایی) می‌باشد. بیشترین مقدار پارامتر b+ در نمونه‌های خشک مربوط

به نخود خشک شده با روش بستر جهنده در تمامی سطوح دمایی و کمترین آن مربوط به نخود خشک شده با تکنیک لایه نازک در دمای 75 درجه سانتی-گراد می‌باشد.

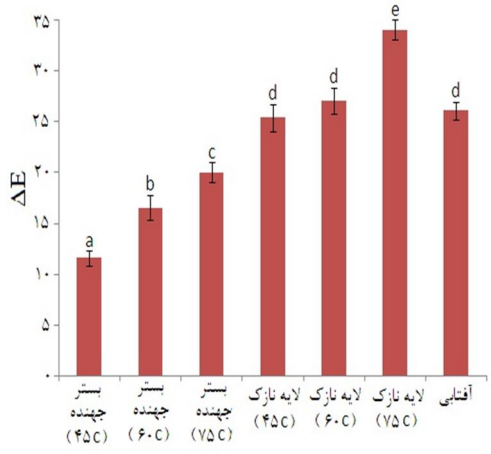
تغییرات رنگ نمونه‌های خشک شده با روش‌های مختلف نسبت به نمونه تازه در شکل 3 نشان داده شده است. این نتایج با تحقیقات سایر محققان همخوانی دارد (Alibas, 2007).

همان طور که در شکل 3 مشاهده می‌گردد، تغییرات رنگ نخودهای خشک شده با تکنیک بستر جهنده در تمامی سطوح دمایی نسبت به نمونه‌های خشک شده با خشک‌کن‌های آفتابی و لایه نازک کمتر می‌باشد، که نشان دهندهٔ کیفیت بهتر خشک کردن با سیستم بستر جهنده نسبت به سایر روش‌ها است.

جدول 2- پارامترهای رنگ نخود تازه و خشک شده با دستگاه خشک‌کن بستر جهنده

روش	دما (°C)	L	a	b	a/b
نمونه تازه	-	57/7±2/33[a]	-21/84±1/41[a]	52/46±2/6[a]	-0/416±0/013[a]
آفتابی	-	58/53±3/67[a]	-9/54±2/12[d]	29/41±2/44[c]	-0/326±0/011[b]
بستر جهنده	45	61/14±3/92[a]	-16/884±2/52[b]	42/26±2/65[b]	-0/397±0/019[a]
	60	66/32±3/75[b]	-12/16±1/84[c]	42/05±3/19[b]	-0/289±0/014[b]
	75	69/91±3/83[c]	-9/54±2/12[d]	42/43±3/4[b]	-0/225±0/02[b]
لایه نازک	45	57/95±4/65[a]	-8/64±1/92[d]	30/78±3/8[c]	-0/28±0/019[b]
	60	65/35±4/27[b]	-8/28±2/6[d]	30/36±3/2[c]	-0/273±0/013[b]
	75	70/57±3/83[c]	-5/93±1/16[e]	25/29±2/01[d]	-0/234±0/021[b]

*مقادیر هر پارامتر رنگ میانگین آن به همراه انحراف معیار می‌باشد. اعداد با حروف لاتین مشابه در هر ستون تفاوت معنی داری در سطح 95 درصد ندارند.



شکل 3- تغییرات رنگ نخودها نسبت به نمونه تازه در نخودهای خشک شده با روش آفتابی و تکنیک‌های بستر جهنده و لایه نازک در سه دمای 45، 60 و 75 درجه سانتی‌گراد (اعداد با حروف لاتین یکسان در سطح 95 درصد تفاوت معناداری ندارند)

تغییرات بیشتر نمونه خشک شده با روش آفتابی نسبت به نمونه خشک شده با روش بستر جهنده به سبب زمان طولانی فرآیند است، Kahyaoglu و همکاران (2010) علت تغییرات بیشتر نمونه‌های با زمان طولانی فرآیند را تخریب رنگدانه‌ها به سبب این زمان طولانی بیان نموده‌اند.

نتیجه‌گیری

امروزه با افزایش رقابت در بازارهای جهانی نیاز به طراحی و ساخت خشک‌کن‌هایی که ماده غذایی را سریع‌تر، ارزان‌تر و با کیفیت بهتر خشک نمایند، وجود دارد. خشک‌کن بستر جهنده گزینه مناسبی برای این منظور بوده که در دهه‌های اخیر تحقیقاتی در زمینه طراحی، ساخت و بهینه‌سازی آن صورت گرفته است. این خشک‌کن قادر است که محصولی با کیفیت مناسب را در زمانی کمتر از خشک‌کن‌های دیگر و در دماهای پایین‌تر تولید نماید. نتایج نشان داد که سرعت خشک کردن نخود ایرانی با خشک‌کن بستر جهنده در هر سطح از دما بیشتر از خشک‌کن لایه نازک و آفتابی بوده و تغییرات رنگ محصول نهایی نیز نسبت به نمونه اولیه حداقل بود. این امر به سبب کیفیت بهتر فرآیند در خشک کن بستر جهنده است.

منابع

1- AOAC. 2002. Official Methods of analysis (17th ed.). Washington D.C. USA: Association of Official Analytical Chemists.

2- Abdul Salam, P., & Bhattacharya, S.C. 2006. A comparative hydrodynamic study of two types of spouted bed reactor designs. Chemical Engineering Science, 61: 1946 – 1957.

3- Alibas, I. 2007. Microwave air and combined microwave-air-drying parameters of pumpkinslices. LWT- Food Science and Technology, 40: 1445-1451.

4- Duarte, C.R., Olazar, M., Murata, V.V., & Barrozo, M.A.S. 2009. Numerical simulation and experimental study of fluid–particle flows in a spouted bed. Powder Technology, 188: 195–205.

5- Femenia, A., Bestard, M.J., Sanjuan, N., Rossello, C. & Mulet, A. 2000. Effect of rehydration temperature on the cell wall components of broccoli (*Brassica oleracea L. Var. italica*) plant tissues. Journal of Food Engineering, 46: 157-163.

6- Gryczka, O., Heinrich, S., Miteva, V., Deen, N.G., Kuipers, J.A.M., Jacob, M., & Mörl, L. 2008. Characterization of the pneumatic behavior of a novel spouted bed apparatus with two adjustable gas inlets. Chemical Engineering Science, 63: 791 – 814.

7- Kahyaoglu,L.N., Sahin, S., & Sumnu, G. 2010. Physical properties of parboiled wheat and bulgur produced using spouted bed and microwave assisted spouted bed drying. Journal of Food Engineering, 98: 159–169.

8- Markowski, M., Białobrzewski, I., & Modrzewska, A. 2010. Kinetics of spouted-bed drying of barley: Diffusivities for sphere and ellipsoid. Journal of Food Engineering, 96: 380–387.

9- Povrenovic, D., & Nedovic, V. (2010). Drying of immobilized yeast cells in a spouted bed dryer with a moving draft tube. Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 16: 133−137.

10-Robbins, P.T., & Fryer, P.J. 2003. The spouted-bed roasting of barley: development of a predictive model for moisture and temperature. Journal of Food Engineering, 59: 199–208.

11-Wiriyaumpaiwong, S., Soponronnarit, S., & Prachayawarakorn, S. 2004. Comparative study of heating processes for full-fat soybeans. Journal of Food Engineering, 65: 371–382.

12-Yam, K.L., & Papadakis, S.E. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering, 61: 137-142.

A study of drying characteristics and quality parameters of dried Iranian peas, in different temperatures in Spouted bed dryer and its comparison with the product dried by thin layer dryer and sun dryer

Mohsen Zandi[1], Mehrdad Niakousari[2], Dardmeh Nazila[3]

1- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
*Corresponding author (m.zandi@urmia.ac.ir)
2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
3- Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia, Iran

Abstract

In this research, Iranian Peas were dried with the use of spouted bed dryer, in order to investigate the operation of Spouted Bed Dryer system, evaluating the effects of temperature on drying rate, and Rehydration ratio, and the parameters of the final product's color at three temperatures: 45, 60 and 75˚C. The Spouted Bed Dryer used, is a conical-cylindrical kind with a mutual symmetry which had the ability to dry the samples in different temperature and flow rates. Rehydration ability, color, and drying rate of the final product were compared with the peas which were dried through sun drying and thin layer dryer. Drying was done in spouted bed dryer and thin layer dryer at three levels of temperature: 45, 60,75˚C and rehydration ability of the dried product was assessed through putting the samples in distillated water in a 30 ˚C oven, within the period of 320 minutes. The results showed that the designed spouted bed dryer system is able to dry the Iranian peas in a shorter time and with higher quality. In this system, increasing the temperature of drying has a significant effect on drying rate ability, rehydration ability and parameters of the product's color.

Keywords: Color, Rehydration ratio, Spouted Bed Dryer, Sun Drying, Thin layer dryer