یک روش جدید برای تولید پودر آب نارنج با استفاده از خشک کن پاششی

علیرضا صالحی[1]، داریوش زارع[2]، مهرداد نیاکوثری[2]، شیددخت جوادی[1]
1-به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد سابق و دانشجوی بخش مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه شیراز
2- به ترتیب استادیار بخش مکانیک ماشین های کشاورزی و بخش علوم و صنایع غذایی، دانشگاه شیراز
ar.salehi10@yahoo.com

چکیده

امروزه استفاده از خشک کن های پاششی در صنایع غذایی امری بدیهی است. تلاش محققین در حال حاضر معطوف به فراهم کردن شرایطی بهینه با هدف افزایش بازدهی آنها می باشد . در این تحقیق از یک خشک کن پاششی آزمایشگاهی برای خشک کردن آب نارنج در سه سطح دمایی 130، 150 و 170 درجه سلسیوس، دبی هوای ورودی در سه سطح 400، 450 و 500 متر مکعب بر ساعت و از مالتودکسترین به عنوان ماده کمک خشک کن و استفاده از خنک کننده بدنه سیکلون مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات اندازه گیری شده شامل : محتوای رطوبت، اندازه ذرات، دانسیته توده و ضربه ای، دانسیته ذره، تخلخل، قابلیت جریان، چسبندگی، شاخص حل نشدن، زاویه استقرار و ویتامین ث بود. نتایج نشان دادند که بدون مواد کمک خشک کن، هیچ گونه پودری تولید نمی شود . شرایط بهینه برای خشک کردن آب نارنج در حالت استفاده از مالتودکسترین به عنوان ماده کمک خشک کن، دمای هوای 150 درجه سلسیوس و دبی هوای 450 متر مکعب بر ساعت به دست آمد. بهره گیری از فن خنک کننده بدنه سیکلون تاثیر معنا داری بر عملکرد داشت ه و منجر به کاهش مصرف مالتودکسترین و بهبود کلیه خصوصیات ذکر شده گردید.

کلمات کلیدی: پودر آب نارنج، خشک کن پاششی، خنک کننده سیکلون، مالتودکسترین

1- مقدمه

در طی بیست سال گذشته رشد قابل ملاحظه ای در مصرف مواد غذایی که به صورت ملایم فراوری شده و خواص نزدیک‌تری به مواد غذایی تازه دارند به وجود آمده است . آب میوه‌ها نیز از این امر مستثنی نیستند و تمایل بسیار قوی مصرف کنندگان به سمت مصرف آب میوه های است که به صورت تازه آبگیری شده و در معرض پاستوریزاسیون ملایم قرار گرفته اند. خشک‌کردن یکی از متداولترین روش های فر آیند مواد غذایی است و روش های متعددی در آن به کار گرفته می شود. در میان این روش ها خشک کردن پاششی ساده ترین و اقتصادی ترین روش برای تولید انواع فراورده های غذایی مایع به پودر می باشد . چوبدا و بارت (2001) خشک کردن انجمادی، پاششی و تونلی را برای تولید و برر سی تاثیر روش خشک کردن بر خصوصیات پودر گواوا را مقایسه نمودند و این نتیجه به دست آمد که خشک کردن انجمادی روشی موفق اما گران قیمت برای تولید پودر می باشد، در حالی که پودر تولید شده با روش خشک کردن پاششی نسبت به روش اول اقتصادی تر است. چگینی و همکاران (2007) به منظور بررسی و ارزیابی اثر عوامل کاری نرخ تغذیه سرعت دورانی پاشنده و دمای هوای ورودی خشک کن پاششی بر خصوصیات پودر آب پرتقال، فرآیند خشک شدن را مورد مطالعه قرار دادند و گزارش دادند که تکنولوژی شبکه عصبی مصنوعی یک ابزار مفید در تخمین خصوصیات فیزیکی پودر آب پرتقال می باشد. گولا و آدامپولس در سال(2010) با بکارگیری از هوای رطوبت گیری شده و استفاده از مالتودکسترین به عنوان ماده افزودنی خشک کننده پودر آب پرتقال غلیظ را بدست آورند . استفاده از هوای رطوبت گیری شده نشان داد که راهی برای کم کردن باقی مانده های پودر است.

2- مواد و روش ها

در این بررسی از آب نارنج تازه محصول شرکت لیموندیس استفاده گردید . نمونه ها در یخچال تا زمان انجام آزمایشات نگه داری شد. برای اطمینان از عدم وجود ذرات، هر نمونه آزمایشی از الک با اندازه 60 عبور داده شد. سپس نمونه تا رسیدن به دمای 30 درجه سانتی گراد گرم شده و مقادیر مواد کمک خشک کن به تدریج اضافه و با کمک همزن کاملا یکنواخت شده و به خشک کن تزریق گردید . برای فرایند خشک کردن از یک خشک کن پاششی آزمایشگاهی ساخت شرکت مهام صنعت ایران استفاده گردید . محفظه خشک کن دارای قطر 1/15 متر و ارتفاع 2/35 متر بوده و ته ستون به صورت مخروطی است . دستگاه دارای پمپ پریستالیک برای ارسال خوراک به پاشنده بود. فرایند پاشش توسط نازل دو سیاله با قطر نازل 1/4 میلی متر صورت گرفت . هوای خشک کننده ورودی پس از عبور از یک گرم کن الکتریکی غیر همسو با جریان خوراک وارد محفظه خش ک کن می شود . سر انجام پودر تولید شده در یک ظرف شیشه ای که به سیکلون متصل بود جمع آوری می شد . در تمامی آزمون ها پارامتر های دبی خوراک، دمای خوراک و دبی هوای فشرده ثابت و مقادیر آنها به ترتیب : 15 میلی لیتر بر دقیقه، 30 درجه سانتی گراد و 1 بار در نظر گرفته شد . تعداد 18 آزمایش با سه تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل بر مبنای طرح کاملا تصادفی انجام شد.

2-1- روش های اندازه گیری متغیر ها

2-1-1- محتوای رطوبت: قرار دادن 5 گرم پودر در آون با دمای 105 درجه سانتی گراد به مدت 4 ساعت [4].

2-1-2- تعیین توزیع اندازه ذرات: بریختن 100 گرم پودر روی الک بالایی سیستم تیلور و ارتعاش آن به مدت 5 دقیقه [2] و [7].

$$D= 0.135(1.366)^{FM}$$

FM: ضریب ریزی، با جمع زدن وزن مواد باقی مانده بر روی هر الک و تقسیم بر 100 بدست می آید.

2-1-3- اندازه گیری دانسیته توده و دانسیته ضربه ای: پودر در یک استوانه مدرج ریخته و وزن شد، جرم خوانده شده از ترازو بر حجم تقسیم شده تا دانسینه بدست آید . سپس استوانه محتوی پودر به مدت 5 دقیقه روی دستگاه لرزان قرار داده شد، حجم پودر خوانده شده بر وزنش تقسیم شده تا دانسینه ضربه ای بدست آید [2].

2-1-4- دانسیتهٔ ذره: یک گرم پودر به یک پیکنومتر حاوی ۵ میلی‌لیتر پترولئوم اتر اضافه شد و استوانه تکان داده شد تا تمام ذرات پودر معلق شود. پودر روی دیواره استوانه با یک میلی‌لیتر پترولیوم اتر شستشو شد [2].

$$\text{دانسیته ذره} = \frac{\text{وزن پودر}}{6 - \text{حجم کل پترولیوم اتر با پودر معلق شده}}$$

2-1-5- تخلخل: تخلخل نمونه های پودر از رابطه روبرو بدست آمد [7].

$$\text{تخلخل} = \frac{\text{دانسیته ضربه ای} - \text{دانسیته ذره}}{\text{دانسیته ذره}} \times 100$$

2-1-6- قابلیت جریان و چسبندگی: به ترتیب از اندیس کار (CI) و نسبت هانسر (HR) قابل محاسبه می باشد [7].

$$\text{نسبت هانسر} = \frac{\text{دانسیته ضربه ای}}{\text{دانسیته توده}}$$

$$\text{اندیس کار} = \frac{\text{دانسیته توده} - \text{دانسیته ضربه ای}}{\text{دانسیته ضربه ای}} \times 100$$

2-1-7- شاخص حل نشدن: 13 گرم پودر به 100mm آب مقطر با دمای 24^0C است اضافه شد و به مدت 90 ثانیه با یک هم زن با سرعت 380-400rpm مخلوط گردید. سپس 50mm از نمونه در لوله های سانتریفیوژ ریخته و برای مدت 5 دقیقه سانتریفیوژ شد. مایع شفاف رویی تخلیه شده و رسوب باقی مانده با آب مقطر مخلوط و برای مدت 5 دقیقه سانتریفیوژ گردید. حجم رسوبی که در ته لوله ته نشین شده به عنوان شاخص حل نشدن بیان می شود [2].

2-1-8- ویتامین ث: مقدار ویتامین ث با استفاده از دستگاه HPLC مشخص گردید.

2-1-9- زاویه استقرار پر کردن: نمونه از ارتفاع 15 سانتی متری روی صفحه چوبی به قطر 20 سانتی متری ریخته شد. شیب کپه تشکیل شده معادل زاویه استقرار خواهد بود [1].

2-1-10- عملکرد خشک کن: عملکرد خشک کن از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{عملکرد خشک کن} = \frac{\text{مقدار پودر حاصل}}{\text{مواد جامد خوراک}} \times 100$$

3- نتایج و بحث

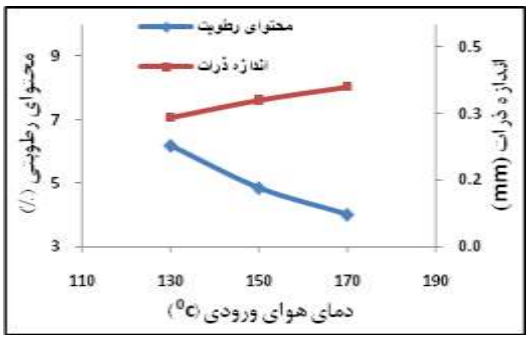
در ابتدا خشک کردن آب نارنج بدون هیچ گونه افزودنی صورت گرفت. نتایج نشان داد که هیچ گونه پودری تولید نمی شود. سپس از مالتودکسترین به عنوان ماده کمک خشک کن استفاده گردید (جدول 3-1).

جدول3-1: تاثیر افزودن مواد کمک خشک کن بر درصد بازیافت پودر

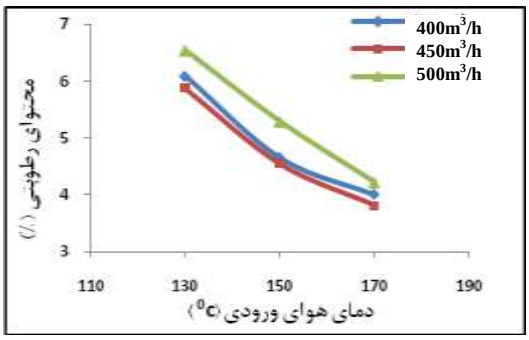
درصد مالتودکسترین	صفر	٪10	٪20	٪30	٪35	٪40
درصد بازیافت	صفر	حالت آدامسی	حالت آدامسی	46/45±3/15	53/26±3/11	56/06±2/33

برای انتخاب مقدار مطلوب مالتودکسترین، حداقل ٪50 بازیافت پودر به عنوان خشک کردن موفق در نظر گرفته شد. با افزایش مقدار مالتودکسترین، بازیافت پودر افزایش یافت ولی مقداری چسبندگی پودر در انتهای خروجی از سیکلون بود. برای رفع چسبندگی از یک فن دمنده برای خنک کردن بدنه سیکلون استفاده شد. سپس فرایند تولید پودر با استفاده از خنک کننده بدنه سیکلون انجام گرفت و خصوصیات فیزیکی پودر حاصله اندازه گیری شد.

3-1- محتوای رطوبتی و اندازه ذرات: نتایج نشان می دهند که با افزایش دمای هوای ورودی، رطوبت پودر روند کاهشی و اندازه ذرات افزایش یافته است (شکل 1).



شکل 1: تاثیر دمای هوا بر محتوای رطوبت و اندازه ذرات

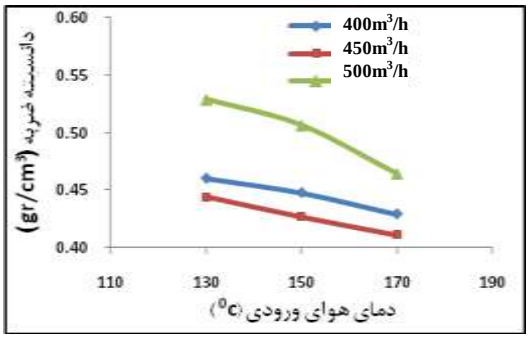


شکل 2: تاثیر دمای هوا ورودی و دبی هوا بر محتوای رطوبتی

هر چه اختلاف دما بین ذرات و محیط خشک کردن بیشتر باشد، سرعت انتقال حرارت در ذرات بیشتر خواهد شد که بلعث حذف رطوبت می شود . در درجه حرارت های بالاتر سرعت تبخیر آب سریعتر بوده و پوسته سریعتر تشکیل شده بنابراین فرصت کافی برای چروکیده شدن و کوچکتر شدن ذره وجود ندارد . در درجه حرارت پایین، پوسته به مدت طولانی تری مرطوب و انعطاف پذیر باقی می ماند و به محض اینکه ذره سرد می شود بخار موجود در آن خالی شده و ذره چروکیده می شود . بنابراین ذرات خشک شده در درجه حرارت های بالا بزرگتر، کروی و صاف بوده در حالی که ذرات خشک شده در درجه حرارت های پایین کوچکتر بوده و چروکیده هستند [8] و [3]. نتایج نشان می دهد که با افزایش دبی هوا ی ورودی، رطوبت پودر یک روند افزایشی دارد شکل (2). با افزایش سرعت هوای خشک کردن، زمان ماندگاری پودر در محفظه خشک کن کاهش یافته که منجر به افزایش رطوبت پودر می شود. چگینی و همکاران (2007)، گولا و آدامپولس[1] در سال(2010) همین نتایج را گزارش کردند.

3-2- دانسیته توده و ضربه ای و دانسیته ذره : با افزایش درجه حرارت ورودی، دانسیته توده روند کاهشی دارد (شکل 3). با افزایش درجه حرارت، ذراتی توخالی با چروکیدگی کم تولید می شوند که اندازه ذرات بزرگتر شده و تخلخل و فضای خالی بین ذرات بیشتر می شود، که این امر باعث کاهش دانسیته توده پودر می گردد .

یکی از عوامل مؤثر در دانسیته توده ضربه ای اندازه ذره می باشد . اگر درصد ذرات درشت در پودر بیشتر باشد در اثر ضربه حجم تغییر زیادی پیدا نمی کند بنابراین دانسیته توده ضربه ای کوچکتر می باشد اما اگر علاوه بر ذرات درشت، ذرات ریز هم با نسبت مشابه در پودر وجود داشته باشد در اثر ضربه، ذرات ریز فضای بین ذرات درشت را اشغال کرده و در نتیجه تغییر حجم زیاد بوده و دانسیته توده ضربه ای بزرگتر می شود. از اینرو با افزایش دمای هوای ورودی، شاهد کاهش دانسیته ضربه ای هستیم.

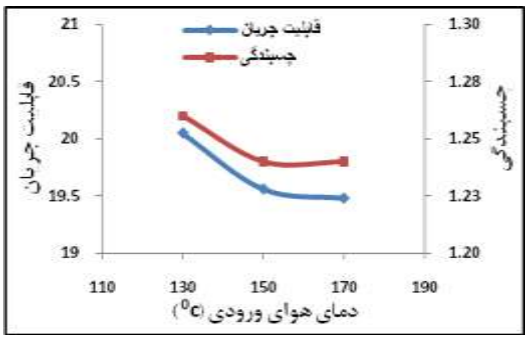


شکل 3: تاثیر دمای هوای ورودی و دبی هوا بر دانسیته توده

با افزایش دبی هوا، دانسیته توده ای روند افزایشی داشت . وجود ذرات ریز و رطوبت بالا باعث می شود که ذرات تمایل بیشتری به چسبیدن به یکدیگر داشته که منجر به افزایش دانسیته توده می شود. گولا و آدامپولوس (2010) و جیناپونگ[2] و همکاران (2007) همین روند تغییرات را گزارش کردند . افزایش درجه حرارت هوای خشک کردن باعث کاهش دانسیته ذره شده که تغییرات معنا دار نشده و در تمامی اندازه گیری ها مقدار ثابت داشته است.

[1] Goula & Adamopoulos
[2] Jinapong

3-3- قابلیت جریان، چسبندگی، تخلخل و زاویه استقرار : تاثیرات دما و دبی هوای ورودی روی تخلخل، قابلیت جریان، چسبندگی و زاویه استقرار به تاثیر آنها بر روی محتوای رطوبتی و اندازه ذرات دارد [7]. نتایج نشان می دهد که با افزایش درجه حرارت ورودی، قابلیت جریان بهتر می شود (شکل 4).

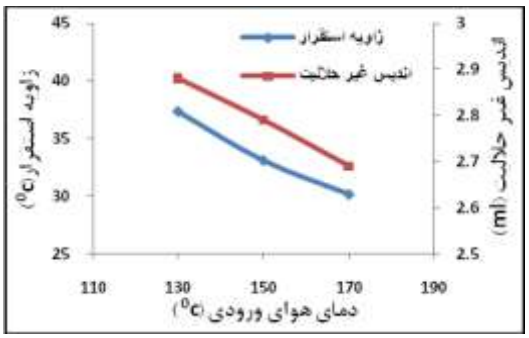


شکل 4: تاثیر دمای هوای ورودی بر قابلیت جریان و چسبندگی

علت امر این است که با افزایش درجه حرارت ورودی، رطوبت کاهش یافته و همچ نین ذرات درشت تر می شوند که این فاکتورها در بهتر بودن قابلیت جریان نقش اساسی دارند . همچنین تغییرات رطوبت تاثیر خود را بر چسبندگی نشان داده است به طوری که با افزایش درجه حرارت ورودی، خاصیت چسبندگی پودر بهتر شده است (شکل 4).

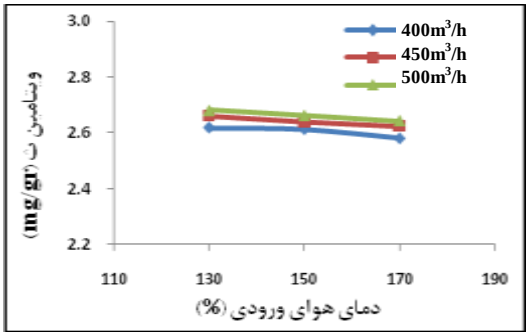
اندازه ذرات و رطوبت نقش مهمی در چگونگی تغییرات تخلخل دارند . هر چه اندازه ذرات پودر بزرگتر باشد میزان تخلخل بین ذرات بیشتر و پودر های شامل ذرات ریز، تخلخل کمتری دارند . نتایج نشان می دهد که با افزایش درجه حرارت ورودی، زاویه استقرار کاهش یافته است (شکل 5). رطوبت، میانگین اندازه ذره و توزیع اندازه ذره تاثیر اساسی روی زاویه استقرار دارند. به طوری که ذرات بزرگ با رطوبت کم به دلیل کم شدن اصطکاک بین دانه ها تمایل به غلتیدن روی یکدیگر دارند که منجر به کاهش زاویه استقرار می گردد . با افزایش دبی هوای ورودی، به دلیل افزایش رطوبت و افزایش ذرات ریز در توده پودر، زاویه استقرار بزرگتری خواهد داشت.

نتایج نشان می دهد که با افزایش درجه حرارت، اندیس غیر حلالیت کاهش یافته است، یعنی این که قابلیت حل شدن بهبود یافته است (شکل 5). اگر پودری رطوبت پایین و یا ذرات درشت داشته باشد قابلیت حل شدن بهتری دارد [7]. پس با افزایش درجه حرارت و کاهش دبی هوای ورودی پودر حاصله قابلیت حل شدن بیشتری دارد.



شکل 5:تاثیر دمای هوای ورودی بر زاویه استقرار و اندیس غیرحلالیت

3-4- ویتامین ث: نتایج نشان داد که تغییرات درجه حرارت و دبی هوای تفاوت معنی دار در ویتامین ث دارد.



از آنجایی دما یک عامل تخریب ویتامین ث می باشد بنابراین با افزایش دمای هوای ورودی خشک کن شاهد کاهش مقدار ویتامین ث هستیم شکل (6). از طرف دیگر، افزایش سرعت جریان هوای خشک کردن باعث کاهش زمان ماندگاری محصول در محفظه خشک کن شده و باعث می گردد که ماده کمتر در معرض گرما و

حرارت قرار گیرد، پس با افزایش دبی هوای ورودی مقدار ویتامین ث روند افزایشی دارد.

شکل 6: تاثیر دمای هوای ورودی و دبی هوا بر ویتامین ث

3-5- تاثیر استفاده و عدم استفاده از خنک کننده سیکلون بر خصوصیات پودر:

استفاده از فن خنک کننده سیکلون منجر به افزایش عملکرد، رفع چسبندگی پودر در دهانه سیکلون و بهبود کلیه خصوصیات اندازه گیری شده گردید (جدول 3-2). بنابراین استفاده از خنک کننده سیکلون به عنوان یه راه حل جدید برای رفع مشکلات خشک کن پاششی معرفی می گردد.

جدول 3-2: تاثیر استفاده و عدم استفاده از خنک کننده سیکلون بر خصوصیات پودر

متغیر	رطوبت	اندازه ذرات	دانسیته توده	حلالیت	ویتامین ث	عملکرد
عدم استفاده از خنک کننده	4/42	0/31	0/48	٪96/12	2/64	51/12
استفاده از خنک کننده	5/19	0/34	0/53	٪98/02	2/66	77/75

نتیجه گیری: در پایان لازم است از بین پودر های تولید شده در شر ایط مختلف کاری، پودری به عنوان پودر ایده آل انتخاب شود. پودر دارای رطوبت کم، دانسیته و قابلیت حل شدن بالا نش ان دهنده پودر با کیفیت می باشد . پودر تولید شده در دمای 150 درجه سانتی گراد، دبی هوای 450 متر مکعب بر ساعت و استفاده از فن خنک کننده سیکلون و مالتودکسترین به میزان 35٪ ماده اولیه را می توان به عنوان پودر ایده آل انتخاب نمود.

منابع

1-رضوی، س. م. ع و اکبری، ر . (1385). خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی . چاپ اول. مشهد: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

2. A/S Niro Atomizer, Copenhagen, Denmark (1978). Determination of particle density, content of occluded air and interstitial air. In I. H. Sorensen, J. Krag, J. Pisecky, and V. Westergaard (Eds.), Analytical methods for dry milk products (4 thed., pp. 52-53). Copenhagen: De Forenede Trykkerier A/S.

3. Bhandari, B. R., Patel, K. C., and Chen, X. D. (2008). Spray drying of food materials process and product characteristics. *Drying Technologies in Food Processing*, 4: 113-157.

4. Chegini, G. R., Khazaei, J., Ghobadian, B. and Goudarzi, A. M. (2008). Prediction of process and product parameters in an orange juice spray dryer using artificial neural network. *Journal of Food Engineering*, 84: 534-543.

5. Chopda, C. A., and Barrett, D. M. (2001). Optimization of Guava juice and powder production. *Journal of Food Processing*, 25: 411-430.

6. Goula, A. M., and Adamopoulos, K. G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innonative Food Science and Emerging Technologies*, 11: 342-351.

7. Jinapong, N., Suphantharika, M., and Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration , spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 87: 194-205 .

8. Tonon, R. V., Barbet, C., and Hubinger, M. D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acid (Euterpe Oleraceae Mart) powder producted by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88: 411-418.