

اصول خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی

دکتر حمید توکلی پور



آییژ

- سرشناسه : توکلی پور، حمید، ۱۳۴۵-
 عنوان و پدیدآور : اصول خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی /تالیف حمید توکلی پور.
 وضعیت ویراست : [ویراست ۲].
 مشخصات نشر : تهران، آبیژ، ۱۳۸۵.
 مشخصات ظاهری : ۳۱۶ ص.
 شابک : 964-970-441-2
 یادداشت : چاپ اول این کتاب قبلاً تحت عنوان "خشک کردن غذایی: اصول و روشها" منتشر شده است.
 عنوان دیگر : خشک کردن مواد غذایی: اصول و روشها.
 موضوع : مواد غذایی — خشک کردن.
 موضوع : مواد غذایی — نگهداری.
 رده بندی کنگره : ۱۳۸۵ غ۵ت۹ ۳۳۳۷۱/۵
 رده بندی دیویی : ۶۶۴۱-۲۸۴
 شماره کتابخانه ملی : ۴۱۷۵۹-۸۵م



آبیژ

- کتاب : اصول خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی
- تالیف : حمید توکلی پور
- ناشر : آبیژ
- قطع : وزیری
- نوبت : اول
- تاریخ : بهار ۱۳۸۶
- تیراژ : ۱۵۰۰
- صفحات : ۳۲۸
- شابک : ۹۶۴-۹۷۰-۰۴۱-۲

مراکز پخش

کتابیران (۲): میدان انقلاب، ابتدای کارگر شمالی، کوچه شهید برهانی، پلاک ۵۵، تلفن: ۶۶۴۹۴۱۷۴
 کتابیران: خیابان شهید وحید نظری، بین خیابان فروردین و منیری جاوید (اردیبهشت)، پلاک ۲۶۲، تلفن: ۵-۶۶۴۸۳۵۴۴
 نوپردازان: خیابان لبافی نژاد، بین اردیبهشت و فروردین، پلاک ۲۰۶، تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹-۶۶۴۱۱۷۳

خشک کردن، حذف حداکثر آب از محصول با هدف افزایش مدت ماندگاری است و از قدیمی ترین روش های نگهداری مواد غذایی و محصولات کشاورزی به شمار می رود. سالانه میلیون ها تن فرآورده های زراعی، باغی، دامی، شیلاتی و غیره توسط انواع روش های خشک کردن، خشک می شوند که ضمن ایجاد تنوع در محصول و افزایش زمان ماندگاری، موجب کاهش قابل توجهی در هزینه های حمل و نقل و انبارمانی می شود.

ایران، سابقه تاریخی در تولید و عرضه خشکبار در پهنه جهانی دارد. بخش قابل توجهی از خشکبار ایران توسط روش های سنتی به ویژه خشک کردن آفتابی تولید می شود. این روش، اگرچه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است ولی به دلیل عدم کنترل پارامترهای خشک کردن، تماس محصول با آلاینده های محیطی و ریسک آلودگی فیزیکی و میکروبی و محدودیت های دیگر موجب کاهش چشمگیر کیفیت محصول خشک شده می شود. علاوه بر آن، عدم استفاده از شیوه های مدرن بسته بندی باعث شده است که ایران به تدریج بازارهای صادراتی خود را به رقبای دیگر واگذار کند. این در حالی است که مقررات و استانداردهای وضع شده در زمینه کنترل کیفیت مواد غذایی و محصولات کشاورزی هر روز سخت تر می شود که خود موجب رقابت شدیدی از سوی کشورها برای دستیابی به سهم هرچه بیشتر از بازارهای جهانی شده است. بنابراین به کارگیری روش های نوین خشک کردن، روش های مدرن بسته بندی و شیوه های مدرن تبلیغاتی موجب شده است که رقبای تازه نفس به تدریج بازارهای سنتی ایران را تسخیر کرده و بازارهای جدیدی را برای خود ایجاد کنند. ایران در تولید محصولات مهمی مانند پسته، کشمش و زعفران مقام نخست جهانی را دارد و کیفیت ماده خام آن نیز بی بدیل است و اگر از فناوری های نوین و روزآمد نیز در فراوری و بسته بندی آنها استفاده شود، درآمد ارزی قابل توجهی عاید کشور خواهد کرد. برای دستیابی به این هدف مهم، باید تحولی اساسی در بخش های مختلف به ویژه آموزش و صنعت ایجاد شود و ضمن استفاده از فناوری دیگران، به ابداع و بومی کردن آن و به ویژه فناوری های نوین خشک کردن توجه ویژه ای مبذول کنیم. برای پاسخ به این نیاز روزافزون، کتاب خشک کردن مواد غذایی، اصول و روش ها در سال های پیش عرضه گردید که با استقبال گرم صنعت گران و دانشجویان گرامی مواجه شد. در کتاب حاضر نیز ضمن حفظ مطالب پیشین، فصل های جدیدی به آن افزوده شده است که امیدواریم بتواند بخشی از نیاز هموطنان گرامی را در عرصه خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی برآورده کند.

فهرست مطالب

۱	فصل اول: رطوبت سنجی (سایکرومتری)
۱-۱	خواص هوای خشک
۱	ترکیب هوا
۱	حجم مخصوص هوای خشک
۲	گرمای ویژه هوای خشک
۲	آنتالپی هوای خشک
۲	دمای حباب خشک
۲-۱	خواص بخار آب
۳	حجم مخصوص بخار آب
۳	گرمای ویژه بخار آب
۳	آنتالپی بخار آب
۳-۱	خواص مخلوط هوا - بخار آب
۴	قانون گیس - دالتون
۴	دمای نقطه شبنم
۴	نسبت رطوبت (یا مقدار رطوبت)
۵	رطوبت نسبی
۶	گرمای مرطوب مخلوط هوا - بخار آب
۶	حجم مخصوص
۷	اشباع آدیاباتیک هوا
۸	دمای حباب مرطوب
۴-۱	نمودار رطوبت سنجی (نمودار سایکرومتری)
۱۱	ساختار نمودار رطوبت سنجی
۵-۱	کاربرد نمودار رطوبت سنجی در ارزیابی فرآیندهای پیچیده تهویه مطبوع
۱۳	گرمایش یا سرمایش
۱۵	مخلوط کردن هوا
۱۷	خشک کردن
۶-۱	کاربرد جریان برگشتی هوا در خشک کن ها
۲۴	
۲۵	فهرست نمادها

۲۷	فصل دوم: منحنی‌های همدمای جذب و دفع رطوبت مواد غذایی
۲۷	۱-۲ اصطلاحات مورد استفاده در همدماهای جذب
۲۸	۲-۲ مقدار رطوبت تعادلی
۲۹	۳-۲ همدمای جذب آب برای مواد غذایی و ترکیبات غذایی
۳۱	آب پیوسته
۳۳	روش‌های تعیین منحنی همدمای جذب و دفع رطوبت
۳۴	مدل‌های ریاضی همدماهای جذب
۳۶	داده‌های همدمای (ایزوترم)
۳۶	عواملی که بر پیوند آب تأثیر می‌گذارد
۴۹	۴-۲ عواملی که بر فعالیت آبی تأثیر می‌گذارد
۵۱	فهرست نمادها

۵۳	فصل سوم: روابط رطوبت تعادلی برای مواد غذایی و زیستی
۵۳	مقدمه
۵۴	۱-۳ ویژگی‌های اساسی همدماهای جذب
۵۸	۲-۳ تعیین همدماهای جذب و دفع
۶۲	۳-۳ معادلات همدماهای جذب
۶۳	۴-۳ پیش‌بینی همدماهای جذب
۶۵	۵-۳ پسماند جذب رطوبت
۷۳	۶-۳ تأثیر درجه حرارت بر روی همدماهای جذب
۷۷	۷-۳ استانداردسازی اندازه‌گیری‌ها
۷۹	فهرست نمادها
۷۹	نمادهای یونانی
۸۰	زیرنویس‌ها

۸۱	فصل چهارم: اصول نظری خشک کردن مواد غذایی
۸۱	مقدمه
۸۲	کیفیت محصول
۸۲	اقتصاد فرایند
۸۲	موارد دیگر
۸۳	۱-۴ اصول خشک کردن

۲-۴	برآورد آهنگ‌های خشک‌کردن و منحنی‌های آهنگ خشک‌کردن	۸۳
۳-۴	نفوذ رطوبت در مواد غذایی	۸۷
	قانون فیک	۸۷
	قابلیت نفوذ مؤثر به‌عنوان تابعی از رطوبت و درجه حرارت	۹۸
	پیش‌بینی تغییرات قابلیت نفوذ مؤثر به‌وسیله رطوبت	۹۹
۳-۴	تغییرات کیفی مواد غذایی در فرایند خشک‌کردن	۱۰۶
	واکنش‌های قهوه‌ای شدن	۱۰۶
	اکسایش (اکسیداسیون) لیپید	۱۰۹
	افت رنگ	۱۰۹
	بازآپوشی و چروکیدگی	۱۱۱
	حل‌پذیری	۱۱۱
	بافت (ساختار)	۱۱۱
	عطر و طعم	۱۱۲
	افت ویتامین‌ها	۱۱۲
	کاهش پروتئین	۱۱۲
	کیفیت میکروبی‌شناختی	۱۱۳
	خواص ویسکوالاستیکی مواد غذایی	۱۱۳
	فهرست نمادها	۱۱۴

۱۱۵	فصل پنجم: مروری بر قابلیت انتشار رطوبت در مواد غذایی	
۱۱۵	مقدمه	
۱۱۶	۱-۵ ضریب نفوذ مؤثر رطوبت	
۱۱۷	۲-۵ روش‌های اندازه‌گیری	
۱۱۷	روش تحلیلی	
۱۱۹	روش عددی	
۱۲۰	۳-۵ داده‌های ضریب نفوذ (قابلیت انتشار)	
۱۲۰	۴-۵ اثر درجه حرارت، مقدار رطوبت و تخلخل	
۱۳۴	خلاصه	
۱۳۵	فهرست نمادها	
۱۳۵	زیر نویس‌ها	
۱۳۵	نمادهای یونانی	

فصل ششم: طراحی خشک کن

۱۳۷

۱-۶ خشک کن های متداول..... ۱۳۷

خشک کن افشانه ای..... ۱۳۷

پودر کردن..... ۱۳۸

محاسبه اندازه ذره..... ۱۳۹

طراحی اتاقک خشک کن..... ۱۴۱

ابزارهای کمکی..... ۱۴۱

نمونه طرح های جریان هوا..... ۱۴۱

برآورد بار حرارتی (حرارت ورودی به خشک کن)..... ۱۴۳

سیستم جمع آوری محصول..... ۱۴۴

کاربرد خشک کن های افشانه ای در صنعت..... ۱۴۴

فاکتورهای کیفی مواد غذایی..... ۱۴۵

۲-۶ خشک کن بستر سیال..... ۱۴۸

نظریه خشک کردن در بستر سیال..... ۱۴۸

دستگاه ها..... ۱۵۰

پارامترهای طراحی..... ۱۵۰

انواع خشک کن های بستر سیال..... ۱۵۲

سرعت هوا..... ۱۵۵

انتقال حرارت در بسترهای سیال..... ۱۵۵

۳-۶ خشک کن تصعیدی..... ۱۶۲

فرایند..... ۱۶۳

طراحی محفظه خشک کن..... ۱۶۴

معادله های طراحی خشک کن..... ۱۶۴

خشک کن های تصعیدی صنعتی..... ۱۶۷

نکات ویژه در مورد خشک کردن تصعیدی مواد غذایی..... ۱۶۷

نکات کیفی در خشک کردن تصعیدی مواد غذایی..... ۱۶۸

۴-۶ خشک کن های استوانه ای (غلتکی)..... ۱۶۹

انواع خشک کن های استوانه ای (غلتکی)..... ۱۷۱

روابط طراحی..... ۱۷۳

مشخصات خشک کردن و انتقال حرارت..... ۱۷۵

۵-۶ خشک کن های کنوکسیون (جابه جایی)..... ۱۷۸

۱۷۹	پیش‌شکل دهنده‌ها
۱۸۳	طراحی اتاقک خشک‌کن
۱۸۴	آزمون‌های پایلوت و افزایش مقیاس
۱۸۴	متغیرهای طراحی
۱۸۴	جریان هوا
۱۸۸	گرمای ورودی
۱۸۸	گردآوری فرآورده
۱۸۸	موارد استفاده خشک‌کن‌های جابه‌جایی در صنعت
۱۹۵	فهرست نمادها

فصل هفتم: فناوری‌های نوین خشک‌کردن

۱۹۷	۱-۷ خشک‌کردن با کهموج (میکروویو)
۱۹۸	۲-۷ اتیل اولئات
۱۹۹	۳-۷ خشک‌کردن صوتی
۲۰۰	۴-۷ خشک‌کردن با پرتو زیر قرمز
۲۰۱	۵-۷ آب‌زدایی به روش میدان الکتریکی و مغناطیسی
۲۰۱	۶-۷ بخار داغ
۲۰۳	۷-۷ آب‌گیرنده‌ها (نم‌گیرها)
۲۰۳	۸-۷ خشک‌کردن تراوشی (اسمزی)
۲۰۴	۹-۷ ترکیدن پفکی
۲۰۵	۱۰-۷ خشک‌کردن کف‌پوشی
۲۰۷	۱۱-۷ استخراج با سیال‌های فوق بحرانی و کاربرد آن در خشک‌کردن
۲۱۷	۱۲-۷ پردازش اقتصادی بازفشرده‌سازی مکانیکی بخار برای یک خشک‌کن استوانه‌ای

فصل هشتم: خشک‌کردن اسمزی

۲۱۹	مقدمه
۲۲۰	۱-۸ عوامل مؤثر بر خشک‌کردن اسمزی
۲۲۰	درجه حرارت
۲۲۱	زمان
۲۲۲	نسبت محلول اسمزی به میوه
۲۲۲	همزدن در حین آب‌گیری اسمزی

۲۲۲	طبیعت میوه
۲۲۲	اندازه و شکل میوه
۲۲۳	۲-۸ نوع عامل اسمزی
۲۲۳	۳-۸ مدل سازی فرایند خشک کردن اسمزی
۲۲۳	رهیافت ماکروسکوپی
۲۲۵	رهیافت میکروسکوپی
۲۲۶	۴-۸ تکنیک های مورد استفاده برای بهبود انتقال جرم در خشک کردن اسمزی
۲۲۶	خلأ
۲۲۶	فشار هیدرواستاتیک بالا
۲۲۷	میدان الکتریکی ضربانی
۲۲۷	دی اکسید کربن فوق بحرانی
۲۲۷	فراصوت
۲۲۸	نیروی سانتریفوژ در طی خشک کردن اسمزی
۲۲۸	گرمایش مایکروویو در حین خشک کردن اسمزی
۲۲۸	۵-۸ مدیریت محلول اسمزی
۲۲۹	۶-۸ طراحی تجهیزات خشک کردن اسمزی
۲۳۲	۷-۸ تحلیل ریزساختار
۲۳۲	۸-۸ نیازهای تحقیقاتی در آینده
۲۳۲	۹-۸ مدل سازی انتقال جرم
۲۳۲	۱۰-۸ مدیریت محلول
۲۳۳	۱۱-۸ طراحی تجهیزات
۲۳۳	۱۲-۸ تأثیر بر کیفیت محصول
۲۳۳	۱۳-۸ توسعه محصولات غذایی جدید
۲۳۴	فهرست نمادها

فصل نهم: اصول و کاربردهای خشک کردن میکروویو

۲۳۵	مقدمه
۲۳۶	۱-۹ دامنه فرکانس میکروویو
۲۳۷	۲-۹ اصول خشک کردن میکروویو
۲۳۸	خواص دی الکتریک
۲۴۶	خواص دی الکتریک برای محلول های آبی - غیر آبی

۲۴۷	۳-۹ دستگاه میکروویو و مولدهای آن
۲۴۷	مولدهای میکروویو
۲۴۸	مگنترون
۲۴۹	کلیسترون
۲۴۹	لوله‌های موج مسافر
۲۴۹	۴-۹ خشک کردن میکروویو
۲۵۰	مزایا
۲۵۲	محدودیت‌های خشک کردن میکروویو
۲۵۴	خشک کردن انجمادی میکروویو
۲۵۴	خشک کردن خلایی میکروویو
۲۵۶	خشک کن میکروگاز
۲۵۶	خشک‌کن‌های پمپ حرارتی فرکانسی رادیویی و میکروویو
۲۵۸	انواع خشک‌کن‌های میکروویو دیگر
۲۵۸	۵-۹ مدل‌های ریاضی و روش حل آنها
۲۶۰	مدل ریاضی برای خشک‌کن خلایی میکروویو
۲۶۲	خشک‌ک‌زدن میکروویو متناوب
۲۶۴	روش‌های حل
۲۷۰	۷-۹ خاتمه
۲۷۱	فهرست نمادها
۲۷۱	نمادهای یونانی
۲۷۲	زیرنویس‌ها

فصل دهم: کاربردهای خشک کردن

۲۷۳	۱-۱۰ خشک کردن افشانه‌ای
۲۷۳	مقدمه
۲۷۳	فرآورده‌های شیر
۲۷۵	قهوه فوری
۲۷۵	چای فوری
۲۷۶	فرآورده‌های خشک‌شده تخم‌مرغ
۲۷۶	خشک کردن افشانه‌ای آنزیم‌ها
۲۷۷	میکروارگانیزم‌ها و مخمرها

۲۷۸.....	خشک کردن افشانه‌ای پروتئین‌های آب پنیر.....
۲۸۰.....	۲-۱۰ آبرذایی تراوشی (اسمزی) و فناوری مهارسازی.....
۲۸۲.....	میوه‌ها.....
۲۸۳.....	سبزی‌ها.....
۲۸۳.....	فرآورده‌های گوشت و ماهی.....
۲۸۵.....	غذاهای با رطوبت متوسط.....
۲۸۵.....	بازآپوشی فرآورده‌های خشک‌شده به شیوه تراوشی.....
۲۸۶.....	نتیجه‌گیری.....
۲۸۶.....	۳-۱۰ بسته‌بندی مواد غذایی خشک‌شده.....
۲۹۱.....	نتیجه‌گیری.....
۲۹۱.....	فهرست نمادها.....
۲۹۳.....	پیوست‌ها.....
۲۹۳.....	۱ نمودار جریان خشک کردن برخی از مواد غذایی و محصولات کشاورزی.....
۳۰۵.....	۲ ضرایب تبدیل یکاهای مهندسی.....
۳۰۸.....	۳ گروه‌های بدون بعد.....
۳۰۹.....	۴ خواص فیزیکی در دماهای مختلف.....
۳۱۰.....	۵ خواص فیزیکی آب در فشار اشباع.....
۳۱۱.....	۶ خواص بخار آب.....
۳۱۲.....	۷ خواص بخار داغ (سوپرهیت).....
۳۱۳.....	۸ خواص فیزیکی هوای خشک در فشار جو.....
۳۱۴.....	۹ نمودار سایکرومتری برای دامنه دمایی بالا.....
۳۱۵.....	۱۰ نمودار سایکرومتری برای دامنه دمایی پایین.....
۳۱۶.....	منابع.....