

نگهداری مواد غذایی در سردخانه

مؤلفان:

علی ایاسه

مهدی نیکفره

سرشناسه	: ایاسه، علی، ۱۳۵۱-
عنوان و نام پدیدآور	: نگهداری مواد غذایی در سردخانه / تألیف علی ایاسه و مهدی نیکخواه؛ ویراستار علمی بابک قنبرزاده
مشخصات نشر	: تهران: مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۲۱۰ ص: مصور، جدول، نمودار (رنگی).
فروست	: انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی؛ ۱۶۷، گروه صنایع تبدیلی و تکمیلی؛ ۱۵.
شابک	: دانشگاه جامع علمی کاربردی؛ ۱۳۴-۱-۰۳-۰۳.
وضعیت فهرست نویسی	: ۴-۴۶-۶۵۷۰-۶۰۰-۹۷۸
موضوع	: فیبا
موضوع	: مواد غذایی - نگهداری - سردسازی
موضوع	: Food - Cooling
موضوع	: سردسازی و دستگاه های سردکننده
موضوع	: Refrigeration and refrigerating machine
موضوع	: مواد غذایی منجمد
موضوع	: Frozen food
شناسه افزوده	: نیکخواه، مهدی، ۱۳۵۳-
شناسه افزوده	: مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی
رده بندی دیویی	: ۶۴۱-۱-۴۵
رده بندی کنگره	: ۵۸ الف / TX۶۴۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۷۷۵۶

عنوان: نگهداری مواد غذایی در سردخانه

مؤلفان: دکتر علی ایاسه (عضو هیأت علمی گروه صنایع غذایی دانشگاه تبریز) - مهندس مهدی نیکخواه (عضو هیأت علمی مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی)

ناشر: مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی

ویراستار علمی: بابک قنبرزاده

ویراستار: عبدالرضا حسینی

طراح جلد: زهرا طهماسبی

صفحه آرای: مریم طهماسبی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: پیام رسان

نوبت چاپ: اول

تاریخ نشر: ۱۳۹۵

شمارگان: ۱۰۰۰

قیمت: ۱۳۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۷۰-۴۶-۴

تمام حقوق اثر برای انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی محفوظ است.

تهران: صندوق پستی ۱۷۵۷ - ۱۳۱۴۵ تلفن ۶۶۴۳۰۴۳۷۰

پایگاه اطلاع رسانی: www.itvhe.ac.ir

پست الکترونیک: Pub@itvhe.ac.ir

پیشگفتار ناشر

بی شک منابع علمی مکتوب و در رأس آنها کتاب‌های آموزشی از ارکان اساسی فناوری‌های آموزشی محسوب می‌شوند. گرچه در عصر حاضر گسترش منابع آموزشی مجازی و الکترونیک از منابع آموزشی مکتوب سبقت گرفته‌اند ولی کتاب به عنوان یکی از مؤثرترین مواد کمک آموزش هم‌اینک مورد توجه و استفاده مدرسان و فراگیران در فرایند تدریس و یادگیری نظام‌های آموزشی قرار دارد، بی شک تولید و نشر روزافزون منابع آموزشی مکتوب نشان‌دهنده توسعه‌یافتگی نظام آموزشی عالی در هر کشور می‌باشد.

مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی در زمینه وظایف خود با رویکرد مهارت‌آموزی و کارآفرینی از طریق آمیزش‌های علمی کاربردی در حوزه علوم تخصصی کشاورزی، تاکنون عنوان‌های متعدد و گوناگون از کتاب‌های آموزشی و کاربردی که نتیجه تجربه‌های علمی و آموزشی محققان، متخصصان، مدبران و اعضای هیئت علمی مربوط به حوزه علمی کاربردی کشاورزی را چاپ و منتشر کرده است. از آنجا که ارتقای کیفیت چنین مجموعه‌ای به توجه و بازبینی مستمر آن نیاز دارد امیدوارم متخصصان، صاحب‌نظران، مدرسان، دانشجویان و صاحبان فن، ما را با ارائه پیشنهادهای سازنده خود در راه ارتقای کیفی این منابع ارزشمند علمی و آموزشی یاری رسانند.

سید جلال‌الدین بصام

رئیس مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی

و مدیر مسئول انتشارات

فهرست مطالب

۱	پیشگفتار
۳	مقدمه
	مقدمه
۵	۱. تاریخچه سردسازی و انجماد
۷	۲. اهمیت سردسازی
۸	۳. اصول مهم نگهداری مواد غذایی در سرما و انجماد
۸	۴. تقسیم‌بندی روش‌های نگهداری بسته‌بندی شده در انجماد
۸	۴-۱ سرد کردن (دمای بالای صفر)
۹	۴-۲ انجماد (دمای زیر صفر)

فصل اول: فساد مواد غذایی

۱۳	۱-۱ تعریف فساد
۱۳	۲-۱ تقسیم‌بندی مواد غذایی از نظر فسادپذیری
۱۳	۱-۲-۱ محصولات غذایی مقاوم به فساد
۱۳	۲-۲-۱ محصولات غذایی نیمه مقاوم به فساد
۱۴	۳-۲-۱ محصولات غذایی حساس به فساد
۱۵	۳-۱ انواع فساد
۱۵	۱-۳-۱ فساد میکروبی
۱۶	۱-۳-۱-۱ خصوصیات درونی مؤثر در فعالیت میکروارگانیسم‌های مواد غذایی (عوامل داخلی مؤثر در فساد میکروبی)
۱۶	۱-۳-۱-۱-۱ اثر متقابل میکروارگانیسم‌ها
۱۷	۱-۳-۱-۱-۲ تعداد و انواع میکروارگانیسم‌های موجود در غذا
۱۷	۱-۳-۱-۱-۳ pH و ظرفیت بافری

۱۸	درصد رطوبت و آب فعال.....۴-۱-۱-۳-۱
۲۲	پتانسیل اکسیداسیون و احیا (O.R. Eh).....۵-۱-۱-۳-۱
۲۵	مواد بازدارنده رشد.....۶-۱-۱-۳-۱
۲۶	مواد مغذی.....۷-۱-۱-۳-۱
۲۷	ساختمان بیولوژیکی.....۸-۱-۱-۳-۱
۲۸	عوامل خارجی مؤثر در فعالیت میکروارگانیسم‌های مواد غذایی.....۲-۱-۳-۱
۲۸	درجه حرارت انبار.....۱-۲-۱-۳-۱
۲۹	رطوبت نسبی محیط.....۲-۲-۱-۳-۱
۳۰	ترکیب گازهای مختلف و غلظت آنها در اتمسفر انبار (N_2 , CO_2 , O_2)، اتیلن و ایجاد خرابی.....۳-۲-۱-۳-۱
۳۰	دی اکسید کربن.....۳-۲-۱-۳-۱
۳۱	انبار.....۲-۳-۱-۳-۱
۳۱	اکسیر.....۳-۳-۱-۳-۱
۳۲	تأثیر دی اکسید کربن و اکسیژن.....۴-۳-۱-۳-۱
۳۲	تغییرات شیمیایی ایجادشده توسط میکروارگانیسم‌ها.....۳-۱-۳-۱
۳۲	تغییر در ترکیبات آلی بدون آب.....۱-۳-۱-۳-۱
۳۳	کربوهیدرات‌ها.....۱-۱۰-۳-۱-۳-۱
۳۵	ترکیبات پکتیکی.....۲-۱-۳-۱-۳-۱
۳۵	اسیدهای آلی.....۳-۱-۳-۱-۳-۱
۳۵	ترکیبات دیگر.....۴-۱-۳-۱-۳-۱
۳۵	تغییر در ترکیبات آلی ازت‌دار.....۲-۳-۱-۳-۱
۳۵	فساد شیمیایی.....۲-۳-۱-۳-۱
۳۶	عوامل فساد شیمیایی.....۱-۲-۳-۱-۳-۱
۳۶	آنزیم‌های طبیعی موجود در مواد غذایی.....۱-۱-۲-۳-۱
۳۹	اتواکسیداسیون.....۲-۱-۲-۳-۱
۴۰	واکنش مایلارد.....۳-۱-۲-۳-۱
۴۰	کاراملیزاسیون.....۴-۱-۲-۳-۱
۴۰	فساد فیزیکی.....۳-۳-۱-۳-۱
۴۰	صدمه مکانیکی.....۱-۳-۳-۱-۳-۱

۵۹	۲-۴-۲ جرّخه بیوستر اتیلن
۵۹	۳-۴-۲ سیستم‌های پیشنهادی برای تولید اتیلن
۶۱	۴-۴-۲ ترکیبات اتیلنی و تولیدکننده اتیلن
۶۱	۵-۴-۲ جاذب‌های اتیلن
۶۲	۵-۲ سرمازدگی
۶۷	۶-۲ یخ‌زدگی

فصل سوم انبارها و انواع آن

۷۱	۱-۳ مقدمه
۷۱	۲-۳ تعریف انبار
۷۱	۳-۳ انبار ذخیره مواد غذایی
۷۲	۴-۳ نوع ساختمان انبار
۷۲	۵-۳ نکات عمومی و مشترک انبارها
۷۴	۶-۳ انواع انبار
۷۴	۱-۶-۳ انبارهای زیرزمینی
۷۵	۲-۶-۳ انبارهای ساده یا معمولی
۷۵	۳-۶-۳ انبارهای سرد (سردخانه بالای صفر و زیر صفر)
۷۵	۴-۶-۳ انبارهای هیپوبار یا فشار کم
۷۶	۵-۶-۳ انبارهای با اتمسفر کنترل شده و اصلاح شده
۷۶	۱-۵-۶-۳ انبارهای با اتمسفر کنترل شده (CAS)
۷۹	۲-۵-۶-۳ انبارهای با اتمسفر اصلاح شده (MAS)
۷۹	۳-۵-۶-۳ بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته (MAP)
۸۰	۷-۲ گازهای مورد استفاده در MAP
۸۰	۱-۷-۳ اکسیژن
۸۱	۲-۷-۳ دی اکسید کربن
۸۲	۳-۷-۳ نیتروژن
۸۳	۴-۷-۳ اصلاح‌کننده‌های اتمسفر
۸۴	۵-۷-۳ مواد مورد استفاده در بسته‌بندی MAP

فصل چهارم: سردسازی

۱-۴	مقدمه	۸۹
۲-۴	عوامل مؤثر در زمان ماندگاری محصولات تازه نگهداری شده در سرما	۸۹
۳-۴	عوامل مؤثر در زمان ماندگاری فراورده‌های غذایی نگهداری شده در سرما	۹۱
۴-۴	مکانیسم تولید برودت	۹۱
۵-۴	سرمازایی مکانیکی	۹۳
۶-۴	واحد سرما (تن سردخانه‌ای)	۹۴
۷-۴	اصول مهم نگهداری مواد غذایی در سردسازی	۹۴
۱-۷-۴	اثر کاهش دما در جلوگیری از فساد میکروبی	۹۴
۱-۷-۴	میکروگانیسی سرمادوست و سرماگرا	۹۵
۲-۷-۴	کثر فساد میکروبی در سردخانه	۹۹
۲-۷-۴	اثر کاهش دما در جلوگیری از فساد شیمیایی	۱۰۰
۳-۷-۴	اثر کاهش دما در جلوگیری از فساد فیزیکی	۱۰۱
۸-۴	مواد سرمازا	۱۰۱
۱-۸-۴	سرمازاهای اولیه	۱۰۱
۲-۸-۴	سرمازاهای ثانویه	۱۰۲
۳-۸-۴	کرایوزنها	۱۰۲
۹-۴	انواع مواد سرمازای متداول	۱۰۲
۱-۹-۴	گاز آمونیاک	۱۰۲
۱-۹-۴	مزایای گاز آمونیاک	۱۰۲
۲-۹-۴	معایب گاز آمونیاک	۱۰۳
۳-۹-۴	تشخیص نشتی گاز آمونیاک	۱۰۳
۲-۹-۴	هالوکربن‌ها (CClF)	۱۰۳
۱-۲-۹-۴	مزایای هالوکربن‌ها	۱۰۳
۲-۲-۹-۴	معایب هالوکربن‌ها	۱۰۴
۳-۹-۴	هیدروفلوروکربن‌ها (HFC)	۱۰۵
۴-۹-۴	انتخاب مواد سرمازا	۱۰۵
۱۰-۴	سیستم‌های تبرید	۱۰۸
۱-۱۰-۴	سیستم تبرید کمپرسوری	۱۰۸

- ۱۱۰ ۲-۱۰-۴ سیستم تبرید جذبی
- ۱۱۲ ۱۱-۴ اصول تولید سرما
- ۱۱۲ ۱-۱۱-۴ اجزای یک سیستم برودتی تراکم بخار (کمپرسوری)
- ۱۱۴ ۱-۱-۱۱-۴ اواپراتور
- ۱۱۴ ۱-۱-۱-۱۱-۴ اواپراتورهای انبساط مستقیم
- ۱۱۴ ۲-۱-۱-۱۱-۴ اواپراتورهای انبساط غیر مستقیم
- ۱۱۶ ۲-۱۱-۴ کمپرسور
- ۱۱۶ ۱-۱-۱۱-۴ انواع کمپرسور
- ۱۱۷ ۳-۱۱-۴ کندانسور
- ۱۱۷ ۳-۱-۱۱-۴ کندانسور سردشونده با آب
- ۱۱۹ ۳-۱-۱۱-۴ کندانسور سردشونده با هوا
- ۱۲۰ ۳-۳-۱-۱۱-۴ کندانسورهای تبریدی (سردشونده با آب و هوا)
- ۱۲۱ ۴-۱-۱۱-۴ شیر انبساط
- ۱۲۱ ۱-۴-۱-۱۱-۴ شیر انبساط دستی
- ۱۲۲ ۲-۴-۱-۱۱-۴ شیر شناور کم فشار خودکار
- ۱۲۲ ۳-۴-۱-۱۱-۴ شیر شناور پرفشار خودکار
- ۱۲۳ ۴-۴-۱-۱۱-۴ شیر انبساط خودکار
- ۱۲۳ ۵-۴-۱-۱۱-۴ شیر انبساط ترموستاتیک
- ۱۲۴ ۱۲-۴ مراحل سردخانه‌گذاری
- ۱۲۴ ۱-۱۲-۴ جدا کردن مواد زائد
- ۱۲۴ ۲-۱۲-۴ شستن محصول
- ۱۲۵ ۳-۱۲-۴ ضدعفونی محصول
- ۱۲۷ ۴-۱۲-۴ واکس زدن
- ۱۲۸ ۵-۱۲-۴ درجه‌بندی
- ۱۲۸ ۶-۱۲-۴ التیام‌دادن
- ۱۲۹ ۷-۱۲-۴ خشک کردن مقدماتی
- ۱۳۳ ۱-۷-۱۲-۴ سردکردن در هوای خشک
- ۱۳۴ ۲-۷-۱۲-۴ خشک کردن در شرایط خلأ
- ۱۳۵ ۳-۷-۱۲-۴ خشک کردن با آب

۱۳۶	۴-۱۲-۷-۴ خنک کردن با یخ
۱۳۶	۴-۱۲-۷-۵ خنک کردن با تبخیر
۱۳۶	۴-۱۳ رساندن مصنوعی
۱۳۸	۴-۱۴ سبزدایی
۱۳۹	۴-۱۵ شرایط نگهداری چند نوع میوه و سبزی در سردخانه
۱۳۹	۴-۱۵-۱ نگهداری سیب در سردخانه
۱۴۰	۴-۱۵-۲ نگهداری گلابی در سردخانه
۱۴۰	۴-۱۵-۳ نگهداری انگور در سردخانه
۱۴۱	۴-۱۵-۴ نگهداری مرکبات در سردخانه
۱۴۱	۴-۱۵-۵ نگهداری سیب زمینی و پیاز در انبار سرد
۱۴۲	۴-۱۵-۶ جدول میمه درجه حرارت، رطوبت نسبی، زمان تقریبی نگهداری ...
۱۴۸	۴-۱۶ حل مسائل نمونه

فصل پنجم: انجماد

۱۵۷	۵-۱ مقدمه
۱۵۷	۵-۲ اصول مهم نگهداری مواد غذایی با استفاده از انجماد
۱۵۷	۵-۲-۱ اصول استفاده از انجماد در جلوگیری از فساد میکروبی
۱۵۸	۵-۲-۲ اصول استفاده از انجماد در جلوگیری از فساد شیمیایی
۱۵۸	۵-۲-۳ روش های غیر فعال کردن آنزیم های مواد غذایی با استفاده از انجماد
۱۵۸	۵-۲-۴ اصول استفاده از انجماد در جلوگیری از فساد فیزیکی
۱۵۹	۵-۳ منحنی انجماد
۱۵۹	۵-۳-۱ مشخصات منحنی انجماد
۱۶۱	۵-۳-۲ دمای یونکتیک
۱۶۱	۵-۳-۳ تشکیل کریستال یخ
۱۶۱	۵-۳-۴ انواع هسته سازی
۱۶۳	۵-۴ عملیات آماده سازی میوه ها و سبزی ها جهت انجماد
۱۶۴	۵-۵ محاسبه زمان انجماد
۱۶۵	۵-۵-۱ معادله پلانک (Plank)
۱۶۶	۵-۵-۲ حل مسائل نمونه برای محاسبه زمان انجماد

۱۶۹	۶-۵ روش‌های انجماد
۱۶۹	۱-۶-۵ فریزرهای مکانیکی (هوای سرد، سطح سرد، مایع سرد)
۱۶۹	۱-۱-۶-۵ فریزرهای با هوای سرد
۱۶۹	۱-۱-۱-۶-۵ استفاده از هوای سرد ساکن (فریزرهای صندوقی)
۱۶۹	۲-۱-۱-۶-۵ استفاده از جریان هوای سرد
۱۶۹	۱-۲-۱-۱-۶-۵ فریزرهای منجمدکننده سریع (تونل انجماد)
۱۷۱	۲-۲-۱-۱-۶-۵ فریزرهای با بستر سیال
۱۷۲	۳-۲-۱-۱-۶-۵ فریزرهای نواری (مازیجی)
۱۷۳	۱-۶-۵ فریزرهای با سطح سرد
۱۷۳	۱-۲-۱-۶-۵ فریزرها با سطح پاک‌شونده (تراشنده)
۱۷۴	۲-۲-۱-۶-۵ فریزرهای با مایع سرد
۱۷۶	۳-۱-۶-۵ فریزرهای با مایع سرد
۱۷۶	۱-۳-۱-۶-۵ فریزرهای عبطه‌ری
۱۷۷	۲-۶-۵ فریزرهای کرایونیک (فریزرهای استهلاک مستقیم)
۱۷۹	۱-۲-۶-۵ ازت مایع
۱۸۱	۲-۲-۶-۵ دی‌اکسید کربن جامد (یخ خشک)
۱۸۱	۷-۵ تغییرات ایجاد شده در مواد غذایی توسط انجماد
۱۸۱	۱-۷-۵ تغییرات در بافت
۱۸۳	۲-۷-۵ تأثیر مدت ذخیره‌سازی بر محصول منجمد
۱۸۴	۳-۷-۵ سایر تغییرات مواد غذایی یخ‌زده طی انبارداری
۱۸۴	۱-۳-۷-۵ از بین رفتن رنگدانه‌ها
۱۸۴	۲-۳-۷-۵ از بین رفتن ویتامین‌ها
۱۸۴	۳-۳-۷-۵ فعالیت آنزیم‌های باقی‌مانده
۱۸۴	۴-۳-۷-۵ اکسیداسیون لیپیدها
۱۸۴	۵-۳-۷-۵ کریستالیزاسیون مجدد
۱۸۵	۱-۵-۳-۷-۵ کریستالیزاسیون مجدد ایزومر
۱۸۵	۲-۵-۳-۷-۵ به هم پیوستگی مجدد
۱۸۵	۳-۵-۳-۷-۵ کریستالیزاسیون مهاجرتی مجدد
۱۸۶	۴-۷-۵ سوختگی ناشی از انجماد

۱۸۷	۵-۷-۵ خارج کردن از حالت انجماد
۱۸۸	۵-۷-۵ نکات عمده در ذوب‌سازی
۱۸۹	۸-۵ عمر انباری واقعی
۱۸۹	۵-۸-۱ ماندگاری با کیفیت عالی (H.Q.L)

فصل ششم: ساختمان سردخانه

۱۹۷	۶-۱ مکان سردخانه
۱۹۷	۶-۲ طرح ساختمان
۱۹۷	۶-۳ اندازه بارها
۱۹۷	۶-۴ ظرفیت سردخانه
۱۹۸	۶-۵ ساختمان سردخانه
۱۹۸	۶-۵-۱ اسکلت سردخانه
۱۹۸	۶-۵-۲ جزئیات ساختمانی
۱۹۸	۶-۵-۳ کف
۱۹۹	۶-۵-۴ دیوارها
۲۰۰	۶-۵-۵ سقف
۲۰۱	۶-۵-۶ درها
۲۰۲	۶-۶ پالت‌های مورد استفاده در سردخانه
۲۰۳	۶-۶-۱ علل استفاده از پالت
۲۰۳	۶-۶-۲ انواع پالت
۲۰۴	۶-۶-۱ پالت‌های چوبی
۲۰۴	۶-۶-۱-۱ مزایای پالت‌های چوبی
۲۰۴	۶-۶-۱-۲ معایب پالت‌های چوبی
۲۰۴	۶-۶-۲ پالت‌های فلزی
۲۰۴	۶-۶-۲-۱ مزایای پالت‌های فلزی
۲۰۵	۶-۶-۲-۲ معایب پالت‌های فلزی
۲۰۵	۶-۶-۳ پالت‌های پلاستیکی

www.ketab.ir

پیشگفتار

یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای نگهداری مواد غذایی استفاده از سرما و انجماد است که نقش مهمی در جلوگیری از ضایعات مواد غذایی، میوه‌ها و سبزی‌ها پس از برداشت و تنظیم قیمت محصولات در فصل‌های مختلف سال در بازار دارند. طیف وسیعی از محصولات غذایی و میوه‌ها و سبزی‌ها با روش‌های مختلف سرد کردن و انجماد قابل نگهداری برای فصل‌های بعدی سال هستند. در مقایسه با سایر روش‌ها کمترین کاهش کیفیت در محصول را ایجاد می‌کنند. از این جهت پتانسیل عمده‌ای برای نگهداری طیف وسیعی از میوه‌ها، سبزی‌ها، فراورده‌های گوشتی، قهوه، است، فراورده‌های دریایی، فراورده‌های نانوائی، فراورده‌های غذایی آماده، فراورده‌های چربی و ... صورت تجاری دارند.

نوشته حاضر بر اساس سر فصل‌های موجود در وزارت علوم تحقیقات و فناوری و دانشگاه جامع علمی کاربردی برای درس سردخانه‌ها و انبار تنظیم شده است و به عنوان یک منبع درسی قابل استفاده برای دانشجویان رشته صنایع غذایی در گرایش‌های مختلف، دانشجویان گرایش‌های مختلف صنایع غذایی دانشگاه جامع علمی کاربردی، رشته‌های صنایع غذایی دانشگاه پیام نور، دانشجویان رشته صنایع غذایی کنترل کیفی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، دانشجویان تغذیه و دانشجویان رشته موه باغبانی و فیزیولوژی پس از برداشت است. همچنین، حاوی اطلاعات ارزشمند برای مسئولان و واحدهای سردخانه و کارخانه‌های مواد غذایی است که واحد سردخانه دارند.

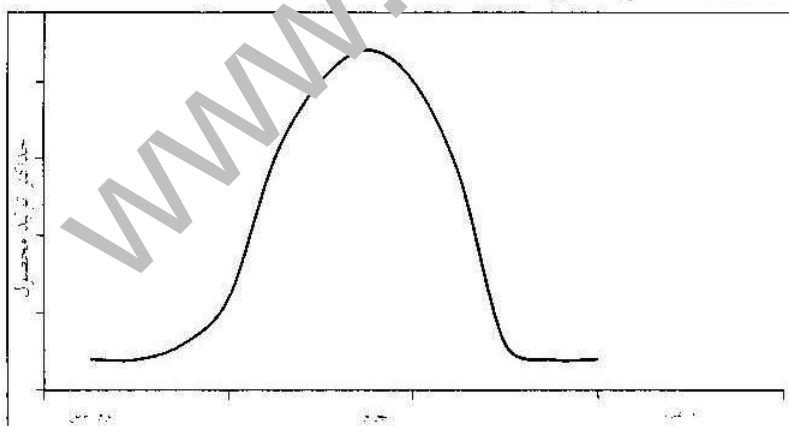
بی‌شک انتشار این نوشته بدون همکاری آقای دکتر بابک قنبرزاده که با نهایت دقت و صبر و حوصله ویراستاری علمی کتاب را بر عهده داشتند میسر نبود و بدین وسیله مراتب تشکر و سپاس خود را از این بزرگوار اعلام می‌داریم.

علی ایاسه - مهدی نیکخواه

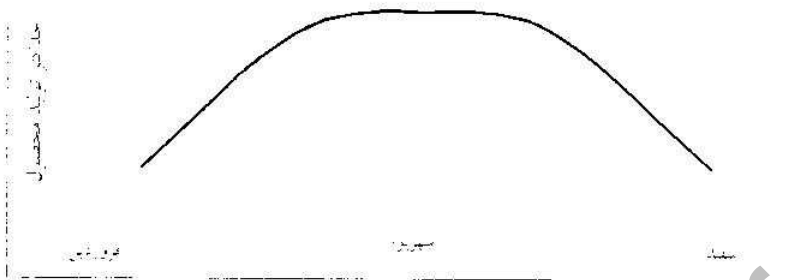
پاییز ۱۳۹۴

مقدمه

طبق گزارش سازمان جهانی خواربار کشاورزی (FAO)^۱ حدود یک سوم و در کشورهای کمتر توسعه یافته یک دوم غذاهای تولیدی با رعایت نکردن اصول صحیح نگهداری و تبدیلی و همچنین بر اثر نبود امکانات تبدیلی و نگهداری به صورت ضایعات از زنجیره تولید و توزیع خارج می شوند. در کشور ایران این ضایعات گاهی در مورد میوه ها و سبزی ها به ۳۰-۵۰ درصد می رسد. طبق اعلام وزارت جهاد کشاورزی ضایعات سالانه محصولات کشاورزی در ایران به حدود ۵ میلیارد دلار می رسد که رقم هنگفتی است و اگر بتوان از بین رفتن این همه محصول کشاورزی جلوگیری کرد، تحول عمده ای در بخش کشاورزی و صادرات مواد غذایی ایجاد و زنجیره بزرگی از بازار کار و سرمایه و اشتغال ساماندهی می شود. با توجه به اینکه محصولات کشاورزی در فصول خاصی از سال تولید می شوند، اگر قرار باشد، در فصل های دیگر نیز همچنان در دسترس باشند، چاره ای جز نگهداری یا تبدیل آنها وجود ندارد. به عنوان مثال، در ماه های مهر و آبان شاهد حداکثر عرضه محصول سیب به بازار هستیم در حالی که تقاضا برای این مقدار سیب تولیدی در بازار وجود ندارد. بنابراین، قیمت محصول پایین می آید و مقدار اضافی آن به صورت ضایعات از زنجیره تولید و توزیع خارج شده و موجب ضررهای جبران ناپذیری برای کشاورزان می شود. به منحنی های تولید که در شکل ۱ و ۲ آورده شده است، توجه کنید.



شکل ۱ منحنی تولید سیب در فصل های محدود سال



شکل ۲ منحنی گسترش تولید سیب در تمام فصل‌های سال

همان‌طور که در منحنی (شکل ۱) نشان داده شده است حداکثر برداشت محصول سیب در ماه‌های مهر و آبان است. برآیند این‌که بتوان منحنی (شکل ۱) را به تمام فصل‌های سال، منحنی (شکل ۲) گسترش داد، سه راه حل پیشنهاد شده است:

الف) کشت و توسعه واریته‌های زودرس

ب) کشت و توسعه واریته‌های دیررس

ج) استفاده از روش‌های متعدد نگهداری و تبدیل محصولات غذایی

روش‌های اول و دوم بیشتر توسط به‌نژادی، اصلاح ژنتیکی امکان‌پذیر است که خود مستلزم صرف وقت و هزینه بالاست. علاوه بر این، با اصلاح نژاد فقط می‌توان اندکی منحنی تولید را گسترش داد. همچنین شواهد نشان می‌دهد مقاومت‌های زیادی از سوی جوامع مختلف برای مصرف غذاهای اصلاح نژاد شده وجود دارد و مردم به‌سادگی چنین محصولاتی را در سبد غذایی خود نمی‌پذیرند. بنابراین، عملی‌ترین و مهم‌ترین روش برای گسترش منحنی تولید استفاده از روش‌های متعدد نگهداری و تبدیلی است. که یکی از مهم‌ترین این روش‌ها استفاده از سرما و انجماد است. طیف وسیعی از محصولات غذایی و میوه‌ها و سبزی‌ها توسط روش‌های مختلف سرد کردن و انجماد قابل نگهداری برای فصل‌های بعدی سال هستند.

سرد کردن و انجماد یکی از مهم‌ترین روش‌های نگهداری است و در مقایسه با سایر روش‌ها کمترین کاهش کیفیت در محصول را ایجاد می‌کنند. از این رو، پتانسیل عمده‌ای برای نگهداری طیف وسیعی از میوه‌ها (توت‌فرنگی، سیب، آلبالو، ...)، سبزی‌ها (نخودفرنگی،

سبب‌زمینی، ...). فراورده‌های گوشتی (سوسیس، همبرگر، ...)، قطعات گوشت، فراورده‌های دریایی (میگو، ماهی ...) فراورده‌های نانوائی (کیک، نان، انواع خمیرها...) فراورده‌های غذایی آماده (پیتزا، دسرها، بستنی)، فراورده‌های لبنی (شیر، پنیر، ماست، ...) به صورت تجاری دارند.

۱. تاریخچه سردسازی^۱ و انجماد^۲

یکی از روش‌هایی که بشر از دیرباز با آن آشنایی داشت استفاده از هوای سرد در نگهداری مواد غذایی بود. در روزگار قدیم برای دستیابی به دمای پایین از یخ استفاده می‌شد. استفاده از سرما ابتدا در یخچال‌های طبیعی آغاز شد. در زمان‌های قدیم از سرداب‌ها و زیرزمین‌ها برای سرد نگهداشتن مواد غذایی استفاده می‌شد. در چند متری زیرزمین حفره‌ها و مکان‌های خنکی را ایجاد کردند. از آن در نگهداری مواد غذایی فسادپذیر استفاده می‌کردند. با این حال وجود آفات، حشرات و جودگزاران کیفیت مواد غذایی را کاهش می‌داد و این روش نگهداری به شکل ابتدایی نمی‌توانست پاسخ‌گویی به دمای بشر باشد. جنگ‌ها و ارتباط‌های قبایل مختلف مانند داد و ستد و عرضه و تقاضای کالاها موجب شد افراد و جوامع تجارب خویش را به هم دیگر انتقال دهند. بدیهی است شرایط اقلیمی و جغرافیایی بشر در هر منطقه می‌توانست حاوی ابتکاراتی باشد که در منطقه دیگر چنین امری غیرممکن بود. تاریخ آغاز انجماد مواد غذایی به طور دقیق مشخص نیست. تا قبل از انقلاب صنعتی به سده قابل توجهی از لحاظ تکنولوژی ماشینی برای سردخانه‌ها وجود نداشت اما پس از در بررس انسان به ماشین بخار و تحول در فناوری، تأسیسات موجود در سردخانه پا به عرصه وجود نهادند. نخستین بار کشف کمپرسور در سال ۱۸۰۵ توسط *Oliver Evans* صورت گرفت. با کشف این دستگاه مهم مسئله یخ زدن مصنوعی در زندگی بشر و استفاده از آن جهت نگهداری مواد غذایی متداول شد و در فاصله بین سال‌های ۱۸۰۰-۱۹۰۰ میلادی در اروپا و امریکای شمالی استفاده از یخچال جهت نگهداری مواد غذایی فسادپذیر همانند گوشت، ماهی، و غیره انجام شد. گزارش‌ها چنین نشان می‌دهد که در حدود سال ۱۸۶۵ ماهی را در مخلوطی از یخ و نمک

1. chilling

2. freezing

قرار می‌دادند و منجمد می‌کردند در مناطقی که هوا سرد و زیر صفر بود ماهی را در هوای آزاد قرار می‌دادند تا منجمد شود این روش به نام یخ‌زدن در هوا نام‌گذاری شد که هنوز هم در امریکا و در برخی مناطق متداول است.

بعد از جنگ اول جهانی نیروهای ارتش فرانسه برای مبارزه با ارتش تزاری روسیه نیازمند استفاده از روشی شدند تا بتوانند نیاز غذایی سربازان ارتش فرانسه را در طول مدت زمان طولانی تأمین کنند. بنابراین، کاربرد عمل یخ‌زدن مصنوعی نخستین بار در سال‌های جنگ اول جهانی (۱۹۱۴-۱۹۱۸) انجام شد. با توجه به افزایش تولیدات مواد غذایی، رشد جمعیت و استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌تر در فنون نظامی، موضوع تأمین غذا نیز به عنوان یک مسئله با اهمیت در سینه جهانی مورد توجه قرار گرفت. در جنگ دوم جهانی یکی از مهم‌ترین عوامل پیروزی ارتش روسیه علیه ارتش آلمان، نگهداری مواد غذایی با استفاده از یخ‌های مصنوعی و طبیعی بود. به طوری که سازگاری سربازان ارتش روسیه با زندگی و جنگ در شرایط سرد سیبری، و تأمین غذای مناسب برای آنها نقش بسیار مهمی را در شکست محاصره لنینگراد (سن پترزبورگ) ایفا کرد.

فقط بعد از جنگ دوم جهانی بود که نگهداری مواد غذایی به صورت یخ‌زده متداول شد. امروزه فناوری انجماد و حمل مواد غذایی در میان قاره‌های مختلف مستلزم فناوری پیشرفته انجماد است. به عنوان مثال، حمل و عرضه سالم لایحه گوشت از کشور استرالیا واقع در قاره اقیانوسیه به کشورهای اروپایی بدون اعمال فرایند انجماد میسر نخواهد بود.

فرهنگ استفاده از محصولات منجمدشده حدود ۶۰ سال قبل در کشور ما آغاز شد و به طبع فناوری سردخانه در کشور بی‌ارتباط با پیشرفت فناوری در سطح جهانی نیست. امروزه در کشور ما مهم‌ترین معضل نگهداری مواد غذایی حفظ زنجیره سرد در باصا برداشت تا فرایند و مصرف محصولات کشاورزی است. بنابراین، فناوری سردخانه جایگاه ویژه‌ای را در برنامه‌های اقتصادی و اجتماعی هر کشوری از جمله ایران دارد. می‌توان گفت اگر عملیات انجام شده با اصول شناخته شده علمی و صحیح صورت گیرد کیفیت غذاهای نگهداری شده با این روش بهتر از هر روش دیگری خواهد بود و محصول تقریباً حالت طبیعی و اولیه خود را حفظ می‌کند. همچنین، غذاهای یخ‌زده آماده مصرف هستند و بسته‌بندی ساده‌ای دارند و ضایعات مواد غذایی در آن کم است. یخ‌زدن یک روش ساده و سریع بوده و احتمال فساد میکروبی و مسمومیت زمان نگهداری آن کم است. عمده‌ترین اشکال غذاهای منجمد،

انبارداری و توزیع آنهاست که ناگزیر به استفاده از انبارها و کامیون‌های سردخانه‌دار و زیر صفر هستیم تا زنجیره سرما در طی حمل و نقل و توزیع حفظ شود و کیفیت محصولات پایین نیاید. برای تهیه مواد غذایی یخ‌زده باید از مواد اولیه با کیفیت بالا استفاده شود و همه عملیات فرایند مطابق با آخرین اصول علمی صورت گیرد که به ویژه شرایط نگهداری و توزیع غذاهای یخ‌زده اهمیت دارد. زیرا حتی اگر غذاهای یخ‌زده خوب آماده‌سازی شده باشند، در صورت شرایط نامناسب توزیع و نگهداری، امکان از دست رفتن کیفیت آنها به علت نوسانات دمایی وجود خواهد داشت.

۲. اهمیت سردسازی

دما نقش مهمی در حفظ کیفیت فراورده‌های غذایی انباری دارد. کاهش دما سرعت واکنش‌هایی را که با افزایش دما، کیفیت ماده غذایی می‌انجامد، کاهش می‌دهد. به طور کلی اعتقاد بر این است که به ازای هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش دما، سرعت فعل و انفعالات و واکنش‌های شیمیایی و میکروبی نصف می‌گردد. کاهش می‌باید. از اهداف مهم سردسازی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **افزایش عمر انبارداری (Shelf Life):** با کاهش دما فعالیت میکروارگانیسم‌ها و واکنش‌های شیمیایی کاهش می‌یابد. اغلب واکنش‌های شیمیایی و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در درجه حرارت محیط انجام می‌گیرد. لذا کاهش درجه حرارت تا دمای پایین‌تر از دمای معمولی از عوامل اصلی توقف رانش رای، فسادپذیر است. سرد کردن و انجماد با کاهش و توقف رشد میکروارگانیسم‌ها از فساد مواد غذایی جلوگیری می‌کند. در حالت کلی درجه حرارت پایین و کاهش یا نبود آب آزاد، به صورت کریستال یخ، شدت واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی را به حداقل می‌رساند و از کاهش کیفیت مواد غذایی جلوگیری می‌کند.
 - **تنظیم قیمت محصولات در بازار و جلوگیری از نوسانات:** با جلوگیری از نوسانات فصلی قیمت محصولات کشاورزی، گوشتی و سایر فراورده‌ها تنظیم می‌شود.
- همچنین از سایر اهداف سردسازی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- **گسترش منحنی تولید و دسترسی دائم مصرف‌کننده به محصولات غذایی در طول سال،**

- افزایش مقدار محصول با جلوگیری از ضایعات و فساد محصولات غذایی.
- ایجاد زمینه‌های جدید سرمایه‌گذاری و اشتغال و جذب نیروی کار متخصص با پیشرفت و توسعه واحدهای سردسازی و انجماد.
- ساماندهی وضعیت اقتصادی و اجتماعی منطقه با گسترش واحدهای سردسازی و انجماد به ویژه در مناطق گرمسیری و بنادر صادراتی.

۳. اصول مهم نگهداری مواد غذایی در سردسازی و انجماد

الف) توقف رشد میکروارگانیسم‌ها و جلوگیری از فعالیت آنها (جلوگیری از فساد میکروبی). با کاهش دما به زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد رشد اغلب میکروارگانیسم‌ها کند می‌شود و از رشد انواع میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا ممانعت به عمل می‌آید. همچنین، با سردسازی می‌توان از رشد میکروارگانیسم‌های گرمادوست و شماری از میکروارگانیسم‌های مزوفیل جلوگیری کرد. در این مورد مسئله دما، فعالیت میکروارگانیسم‌های سرمادوست است که دمای بهینه رشد آنها زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد است که در بخش‌های بعد توضیحات بیشتری در این مورد داده می‌شود.

ب) از بین بردن عوامل مؤثر در فعل و انفعالات شیمیایی مانند آنزیم‌ها و خارج ساختن اکسیژن (جلوگیری از فساد شیمیایی و آنزیمی). طبق نظریه آقای وانت‌هوف^۱ شدت هر واکنش شیمیایی به ازای افزایش هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد (یا ۱۸^۱) تقریباً ۲ برابر می‌شود. بنابراین، کاهش دما اثر شگرفی بر کند کردن واکنش‌های شیمیایی و فعالیت تنفسی در مواد غذایی و محصولات کشاورزی دارد.

ج) بسته‌بندی محصولات برای جلوگیری از آلودگی مجدد محصول با میکروارگانیسم‌ها و عوامل مؤثر در فعل و انفعالات شیمیایی.

۴. تقسیم‌بندی روش‌های نگهداری مبتنی بر کاهش دما

۴-۱- سرد کردن (دمای بالای صفر)

سردخانه‌های بالای صفر مبتنی بر این روش هستند، به این صورت که دمای محصول تا آنجا که منجر به آسیب سرمای‌نگردد، پایین آورده می‌شود. برای مثال، در بعضی میوه‌ها به

نزدیکی‌های صفر درجه سانتی‌گراد و حتی ۲-۳ درجه زیر صفر درجه سانتی‌گراد پایین آورده می‌شود و به دلیل وجود مواد جامد محلول از یخ‌زدن محصول ممانعت به عمل می‌آید. طیف وسیعی از میوه‌ها و سبزی‌ها با این روش نگهداری می‌شوند.

۴-۲ انجماد (دمای زیر صفر)

این روش در سردخانه‌های زیر صفر برای انجماد و نگهداری مواد غذایی منجمد شده استفاده می‌شود. در چرخه صنعتی معمولاً دمای نگهداری تا ۱۸- درجه سانتی‌گراد کاهش داده می‌شود و با عمل انجماد آب مورد استفاده میکروارگانیسم‌ها به صورت کریستال یخ در می‌آید و از دسترس آنها خارج می‌شود.