



# اصول و روشهای نگهداری

## مواد غذائی

دانشگاه مشهد

حمیدبهدار قدوسی

۱۳۸۹



## فهرست مطالب

عنوان

صفحه

۱	اصول نگهداری مواد غذایی.....	۱
۱	روش های عمده نگهداری مواد غذایی.....	۱
۱	دلایل نگهداری مواد غذایی.....	۱
۲	اهمیت نگهداری مواد غذایی.....	۲
۲	فساد مواد غذایی.....	۲
۳	عوامل فساد مواد غذایی.....	۳
۴	عوامل اصلی که در رشد میکروارگانیسم ها دخالت دارند:.....	۴
۵	فعالیت آبی (Water activity).....	۵
۶	نقش aw در رشد میکروارگانیسم ها.....	۶
۷	رابطه aw و مواد غذایی.....	۷
۸	تقسیم بندی مواد غذایی از نظر aw.....	۸
۱۱	پتانسیل اکسیداسیون - احیاء.....	۱۱
۱۱	طبقه بندی میکروارگانیسم ها بر اساس نیاز به اکسیژن:.....	۱۱
۱۲	تأثیر M.O ها بر روی Eh.....	۱۲
۱۲	Eh به عوامل زیر بستگی دارد.....	۱۲
۱۳	ترکیبات مواد غذایی (Nutrient content).....	۱۳
۲۱	عوامل غیر میکروبی فساد مواد غذایی.....	۲۱
۲۱	آنزیم ها (Enzymatic reaction).....	۲۱
۲۳	مکانیسم عمل آنزیم ها.....	۲۳
۲۳	عوامل مؤثر در فعالیت آنزیم ها (برخی عوامل اصلی).....	۲۳
۲۵	فعالیت های نامطلوب آنزیمی.....	۲۵
۲۷	علل عدم انجام واکنش های آنزیمی.....	۲۷
۲۷	روش های جلوگیری از فعالیت آنزیم ها.....	۲۷
۲۹	کاربرد آنزیم ها در آزمایشات کنترلی.....	۲۹
۲۹	فعالیت های متابولیک (Metabolic activity).....	۲۹

صفحه	عنوان
۳۱	عوامل محیطی مؤثر در شدت تنفسی محصول
۳۵	حشرات و جونندگان
۳۶	ضایعات محصول
۳۷	نگهداری مواد غذایی با استفاده از حرارت پایین
۳۸	نگهداری مواد غذایی
۳۹	اصول کلی استفاده از سرما (تئوری سرد کردن)
۴۰	اصول کلی نگهداری ماده غذایی در سردخانه‌ها
۴۱	روش‌های تولید سرما
۴۳	اجزاء در سیستم‌های بسته مکانیکی
۴۴	عملکرد سیستم
۴۴	انجماد مواد غذایی (Freezing (Cold Storage)
۴۴	معایب فرایند انجماد
۴۵	جریان عمل انجماد (پروسه انجماد)
۴۵	منحنی نقطه انجماد در ماده غذایی
۴۶	تغییرات حاصل از انجماد مواد غذایی
۴۹	اثرات انجماد بر روی میکروارگانیسم‌ها
۴۹	روش‌های انجماد مواد غذایی
۵۰	روش‌هایی که برای منجمد کردن مواد غذایی استفاده می‌شود
۵۳	دمای مطلوب نگهداری
۵۳	نگهداری مواد غذایی با استفاده از حرارت‌های بالا
۵۸	مقاومت حرارتی میکروارگانیسم‌ها
۵۹	نکات مهم در مرگ حرارتی میکروارگانیسم‌ها
۶۲	مقاومت حرارتی کپک‌ها
۶۲	مقاومت حرارتی مخمرها
۶۲	مقاومت حرارتی باکتریها
۶۳	اساس مرگ حرارتی
۶۳	کینتیک مرگ حرارتی میکروارگانیسم‌ها "Thermal Death Kinetic"

صفحه	عنوان
۶۳	علت ایجاد مقاومت در ابتدای زمان حرارت دادن (Shoulder)
۶۳	علت ایجاد مقاومت حرارتی در انتهای منحنی (Tailing)
۶۴	اهداف فرایندهای حرارتی
۶۴	شاخص های مرگ حرارتی
۶۵	منحنی زمان مرگ حرارتی (TDT) (Thermal Death Time)
۶۸	روش های بلانچینگ (در صنعت)
۶۹	مقایسه روش های بلانچینگ
۷۱	تأثیر بلانچینگ روی ماده غذایی
۷۲	پاستوریزاسیون
۷۲	اساس تأثیر پاستوریزاسیون روی ماندگاری محصول
۷۴	روش ها و تجهیزات پاستوریزاسیون
۷۶	اجزاء مجموعه یک سیستم پاستوریزاسیون پلیتی
۷۷	پاستوریزاسیون بعد از بسته بندی
۷۷	روش پاستوریزاسیون بعد از بسته بندی
۷۸	تأثیر پاستوریزاسیون روی مواد غذایی
۷۹	استریلیزاسیون
۷۹	Canning (قوطی کردن)
۸۰	هدف عبور محصول از تونل اگراست
۸۱	طریقه خروج هوای موجود در فضای بالای قوطی
۸۴	Heat treatment (فرایند حرارتی)
۸۴	نحوه انتقال حرارت (Heat penetration)
۸۵	ترموکوپل (Thermo couple)
۸۶	روش های حرارتی
۸۶	انواع تجهیزات مختلف مورد استفاده در سیستم های بسته یا اتوکلاو (Autoclave)
۸۸	فساد مواد غذایی قوطی شده (Canned food Spoilage)
۹۳	استریلیزاسیون قبل از بسته بندی
۹۳	مزایای سیستم l:HT

صفحه	عنوان
۹۰	مشخصات سیستم UHT
۹۱	روش سیستم UHT
۹۲	نحوه حرارت دادن محصول در سیستم UHT
۹۳	ویژگیهای سیستم صفحهای
۹۴	ویژگیهای مبدل حرارتی لوله‌ای:
۹۵	ویژگیهای مبدل‌های حرارتی تراش سطحی (خراش سطحی):
۹۶	مزیت سیستم غیر مستقیم به مستقیم
۹۷	روش‌های حرارتی در سیستم UHT
۹۸	محدودیت‌های سیستم تزریقی (injection)
۹۹	سیستم انتشار (infusion)
۱۰۰	مهمترین مزیت‌های سیستم infusion
۱۰۱	نگهداری ماده غذایی با استفاده از تغلیظ
۱۰۲	اصول نگهداری مواد غذایی با استفاده از تغلیظ
۱۰۳	تأثیر مواد افزودنی (قند - نمک) روی کاهش aw
۱۰۴	ندانورت Invert sugar (قند معکوس)
۱۰۵	محصولات تغلیظ شده
۱۰۶	مراحل تهیه مربا
۱۰۷	نقش پکتین در محصولات تغلیظ شده
۱۰۸	ترکیبات پکتیکی
۱۰۹	علت تشکیل ژل‌های پکتینی
۱۱۰	عوامل مؤثر در سفتی ژله
۱۱۱	شکرک زدن عمل (رُس کردن)
۱۱۲	عوامل مؤثر در Heat transfer (انتقال حرارت)
۱۱۳	تأثیرات Evaporation
۱۱۴	نگهداری مواد غذایی با استفاده از تخمیر
۱۱۵	مزایای فرایند تخمیر
۱۱۶	انواع تخمیر

صفحه	عنوان
۱۱۴	ترتیب تجزیه ترکیبات توسط میکروارگانیزمها
۱۱۴	عوامل مؤثر در کنترل تخمیر
۱۱۶	مکانیزم نگهداری فرایند تخمیر
۱۱۶	عوامل مؤثر در نگهدارندگی فرایند تخمیر
۱۱۹	کشت‌های استارتر در محصولات تخمیری (کشت‌های آغازگر)
۱۲۳	نگهداری مواد غذایی با استفاده از خشکانیدن (آب‌گیری)
۱۲۳	عوامل مؤثر در سرعت خشکانیدن
۱۲۴	اثرات خشک کردن بر مواد غذایی
۱۲۵	روش‌های مختلف خشکانیدن و انواع خشک‌کن‌ها
۱۳۰	تأثیر خشکانیدن بر واکنش‌ها (فعالیت‌های شیمیایی، بیوشیمیایی و بیولوژیک)
۱۳۱	پدیده Isotherm
۱۳۳	مراحل خشکاندن میوه‌جات
۱۳۴	نگهداری مواد غذایی با استفاده از ترکیبات شیمیایی
۱۳۵	کنترل نقاط بحرانی در تولید یک فراورده (در یک فرایند)
۱۳۵	اثرات استفاده از نیتريت و نترات در فراورده‌های گوشتی
۱۳۶	تفاوت عمده Antibiotic و Sulfamide
۱۳۶	مکانیزم اثر ترکیبات ضد میکروبی
۱۳۶	مهمترین این مکانیزم‌ها

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23



منابع زیر یا در تهیه و تدوین درین (اصول نگهداری مواد غذایی) استفاده شده اند و یا مطالعه و رجوع به آنها می تواند به درک بهتر مطالب کمک نماید.

منابع:

- ۱- بازغی، فریده - نگهداری مواد غذایی بطریق سنتی، انتشارات جهاد دانشگاهی
- ۲- ملکی، مرتضی و دخانی، شهرام - صنایع غذایی (جلد اول)، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۶۹
- ۳- فلاخی، مسعود - علم مواد غذایی، جلد اول و دوم، ۱۳۷۰
- ۴- میدانی، محمد جواد - اصول پراسسینگ مواد غذایی، انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۱۳۶۴
- ۵- حیدری نیا، احمد - فساد و مسمومیت های مواد غذایی، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی اهواز، ۱۳۶۸
- ۶- فرجی هارمی، رستم - میوه و سبزی و تکنولوژی نگهداری و تبدیل آنها، ویرایش ۲، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۴
- ۷- زندی، پروین - علوم غذایی از دیدگاه شیمیایی، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۱۳۶۸
- ۸- تدین، بهرام - شیمی مواد غذایی، انتشارات دانشگاه ملی، ۱۳۵۸
- ۹- فرجی هارمی، رستم - اصول نگهداری مواد غذایی، دانشگاه شیراز، ۱۳۷۱
- ۱۰- شاهدی، محمد و کدیور، مهدی - اصول تبدیل و نگهداری میوه ها و سبزی ها، دانشگاه شهر کرد، ۱۳۷۴
- ۱۱- میرنظامی، سید حسین، حمیدی اصفهانی، زهره و فائز، معصومه - مایکروویو در صنایع غذایی و منازل، انتشارات ادبستان، ۱۳۵۷
- ۱۲- میدانی، محمد جواد - اصول تبدیل و نگهداری محصولات کشاورزی، انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۱۳۷۰
- ۱۳- ایماندل، کرامت ا... و صادق زاده عراقی، عذرا - عوامل فساد و شرایط نگهداری مواد غذایی در سردخانه، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۴
- ۱۴- ایماندل، کرامت ا... - گندزدهاها و ضد عفونی کننده ها و کاربرد آنان در بهداشت محیط زیست، انتشارات آئینه کتاب، ۱۳۷۴



مهم ترین عواملی که باعث فساد مواد غذایی می شوند عبارتند از عوامل میکروبی، شیمیایی، بیوشیمیایی، فیزیکی و عوامل متفرقه مثل حشرات، نور، گرما، که گاه خود باعث فساد نیستند ولی می توانند عوامل فساد را تشدید کنند. روش های نگهداری مواد غذایی عبارتست از: نگهداری مواد غذایی در انبارها، استفاده از سرما که کمترین صدمه را به کیفیت مواد غذایی می راند، خشک کردن مواد غذایی، استفاده از انجماد، بسته بندی مواد غذایی، استفاده از اشعه، تخمیر مواد غذایی، استفاده از نگهدارنده های شیمیایی و دود دادن که معمولاً همراه با فرایند خشک کردن می باشد.

## اصول نگهداری مواد غذایی

۱ - جلوگیری یا به تاخیر انداختن تغییرات ناشی از فعالیت میکروارگانیسم ها

(الف) بسته بندی هایی که موجب می شود میکروارگانیسم از مواد غذایی دور بماند.

(ب) جدا کردن میکروارگانیسم ها از محیط ماده غذایی به روش هایی مانند فیلتراسیون.

(ج) جلوگیری یا به تاخیر انداختن رشد میکروارگانیسم ها.

(د) از بین بردن میکروارگانیسم ها توسط گرما یا اشعه.

هر کدام از این روشها بستگی به نوع ماده غذایی و زمان نگهداری دارد.

۲ - جلوگیری از تغییراتی که در ترکیبات شیمیایی یا بیوشیمیایی محصول اتفاق می افتد.

(الف) آنزیم هایی که در مواد غذایی وجود دارند را با استفاده از بلاکچینگ غیر فعال کنیم.

(ب) استفاده از واکنش های شیمیایی مثل اکسیداسیون توسط آنتی اکسیدانها.

۳ - جلوگیری از صدمات مکانیکی، صدمات حاصل از حشرات و حیوانات.

## روش های عمده نگهداری مواد غذایی

بسته بندی (دور نگه داشتن مواد غذایی)، دور کردن میکروارگانیسم ها، فیلتراسیون، استفاده از واکنش های

شیمیایی، استفاده از حرارت های بالا، استفاده از حرارت های پائین، خشک کردن، استفاده از نگهدارنده های شیمیایی، از

بین بردن میکروارگانیسم ها بروش مکانیکی مثل استفاده از فشارهای بالا و یا ترکیبی از دو یا چند روش مذکور.

## دلایل نگهداری مواد غذایی

۱ - بسیاری از مواد غذایی که منشا گیاهی دارند و در واقع زمان برداشت آنها عمدتاً به یکبار برداشت در طول سال

محدود می شود، اگر بحث نگهداری نباشد در یک فاصله کوتاهی مصرف و تمام می شود و خیلی از محصولات در

- یک دوره خاصی از سال و حتی در یک منطقه خاصی قابل دسترس خواهد بود. در نتیجه در صورت بروز حوادثی چون سیل و زلزله جهت تأمین نیازهای مردم مناطق مختلف نگهداری مواد غذایی بسیار مهم است.
- ۲- رژیم‌های غذایی متفاوت در مناطق مختلف و در فصل‌های مختلف سال.
- ۳- بسیاری از مواد غذایی در شرایط معمولی از بین می‌روند و ممکن است به لحاظ بهداشتی مصرف کننده را دچار مشکل کنند و یا به لحاظ کیفی محصول دستخوش تغییر شود و کیفیت اولیه را نداشته باشد.
- ۴- امکان تأمین مواد اولیه‌ای که در تهیه خیلی از محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ۵- انگیزه‌های اقتصادی: نگهداری مزاد غذایی برای عرضه گران‌تر آن در فصولی که تولید وجود ندارد.

### اهمیت نگهداری مواد غذایی

۴۵۰ - ۴۰۰ میلیون نفر از کمبود مواد غذایی رنج می‌برند. نابرابری و غیر بکنواخت بودن توزیع مواد غذایی مشکل عمده و اساسی است نه کمبود مواد غذایی که اغلب نیز ریشه سیاسی دارد.

نگهداری نامطلوب، حمل و نقل نامطلوب و فرایندهایی که در طی تولید تا مصرف ماده غذایی استفاده می‌شود ضایعاتی به همراه دارد. البته ضایعات در حین برداشت، داشت، کاشت نیز ایجاد می‌شود و فقط مربوط به زمان بعد از تولید نیست. ابتدا گندم (در نان گاه حدود ۵۰٪) و سپس سبزیجات و میوه جات (۲۰-۴۰٪) ضایعات عمده کشور را تشکیل می‌دهند.

مهم‌ترین مسئله در صنعت حفظ ماده اولیه‌ای است که پس از گذر از تمام مراحل اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف عمده از نگهداری مواد غذایی حفظ مواد در مقابل فساد و عواملی که منجر به فساد ماده غذایی می‌شوند می‌باشد.

### فساد مواد غذایی

تعریف فساد: از دست رفتن کیفیت مطلوب، تغییر ترکیبات شیمیایی، تغییر شکل ظاهری محصول، تغییر طعم و بو. فساد عبارت است از کلیه تغییرات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی و یا فیزیکولوژیکی که به شکل ناخواسته و خارج از کنترل در مواد غذایی ظاهر می‌شود. با این تعریف فساد لزوماً به معنای غیر قابل مصرف بودن محصول از نظر سلامت مصرف کننده نخواهد بود، بلکه صرفاً اشاره به آن دارد که در محصول تغییراتی ایجاد شده که خارج از کنترل بوده است. بنابراین ترش شدن شیر که در شرایط نامناسب نگهداری شده و تبدیل به لخته شده فساد تلقی خواهد شد ولی تبدیل شیر به ماست که در اثر فعالیت باکتریهای اسیدلاکتیک و تولید اسید بدست می‌آید یک فرایند مطلوب است. یا رشد انواع کپک‌ها روی پنیر در شرایط نامناسب نگهداری فساد تلقی می‌شود ولی تهیه انواع پنیرهای

کیکی با استفاده از یک *Penicillium comembert* (کیک سفید) و *P.roquefort* (کیک آبی) یک فرایند مطلوب تلقی می‌شود. امروزه در مورد بسیاری از مواد غذایی، یکی از کارهای مهمی که صورت می‌گیرد، تعیین قابلیت ماندگاری یا *shelflife* است. به این معنا که برای هر محصولی شاخص یا شاخص‌هایی را مورد نظر قرار می‌دهند و از این شاخص‌ها بعنوان *Index* یا *Indicator* استفاده می‌کنند و هر زمان که میزان تغییرات این عامل یا عوامل شاخص (i) از یک محدوده قابل قبولی فراتر رفت، زمان نگهداری یا قابلیت ماندگاری محصول را تمام شده تلقی می‌کنند. بنابراین برای هر محصول یک *expiry date* (خاتمه قابلیت مصرف) و یا *Best before date* تعیین می‌کنند. گرچه ممکن است که مصرف این فرآورده بعد از این تاریخ‌های تعیین شده خطرات بهداشتی نداشته باشد ولی بعد از گذشت این زمان تولیدکننده تضمینی نخواهد کرد که محصول همان کیفیت اولیه و شناخته شده را داشته باشد.

### عوامل فساد مواد غذایی

- ۱- میکروارگانیسم‌ها (عمده‌ترین عامل)
  - ۲- آنزیم‌ها
  - ۳- حشرات و جونندگان: هم بصورت مستقیم سبب فساد می‌شوند و هم ماده غذایی را آماده فسادهای دیگری که توسط عوامل دیگر اتفاق می‌افتد، می‌کند.
  - ۴- واکنش‌های شیمیایی
  - ۵- عوامل مکانیکی
- میکروارگانیسم‌ها از ۲ طریق موجب فساد می‌شوند:
- الف) از طریق متابولیت‌هایی که تولید می‌کنند.
- ب) از طریق آنزیم‌هایی که تولید می‌کنند یا فعالیت‌های آنزیمی که در پیکره میکروارگانیسم‌ها رخ می‌دهد.
- مهم‌ترین متابولیت‌هایی که سبب فساد در مواد غذایی می‌شوند عمدتاً توکسین‌هایی است که توسط میکروارگانیسم در اثر رشد در محیط ماده غذایی ایجاد می‌شود.

Endo مانند سامونلا و شیگلا

میکروارگانیسم ← متابولیت ← Toxin

Exo مانند *Staph.aureus* و *Cl.botulinum*



اگر توکسین در پیکره میکروارگانیسم باقی بماند *Endo.taxin* می‌باشد.

اگر خارج از پیکره میکروارگانیسم ترشح شود *Exo.taxin* می‌باشد.

آنزیم‌هایی که در پیکره میکروارگانیسم‌ها وجود دارند گاه به خارج از پیکره خود ترشح می‌کنند و گاه موادی را که

به داخل سلول خود جذب می‌کند در فعالیتهای آنزیمی خود شرکت می‌دهند.

پس آنزیم‌ها نیز به دو صورت Exo و Endo هستند.

**Infection (عفونت):** زمانی اتفاق می‌افتد که - حضور خود سلول میکروبی (میکروارگانیزم) برای ایجاد اختلال لازم و ضروری باشد.

**Intoxication (مسمومیت):** حضور خود سلول، باکتری لزومی ندارد و در اثر مایولیت‌های مترشح (توکسین‌ها) سلول باکتری، اختلال بوجود می‌آید.

عمده عفونت یا اختلالات روده‌ای از نوع عفونت‌های باکتریایی است. بعنوان مثال در اثر فعالیت سالمونلا یا E.coli

آنزیم‌ها بجز مناساً میکروبی که می‌توانند داشته باشند (ترشح از میکروارگانیزم) بصورت طبیعی در مواد غذایی با منشأ حیوانی یا گیاهی نیز وجود دارند. علت وجود و نبود، نقشی است که آنزیم‌ها به صورت طبیعی در تغییرات مطلوب در فرآورده‌های دامی و گیاهی به عهده دارند. مثلاً باعث نرم شدن محصول، شیرین شدن محصول و... می‌شوند و نهایتاً باعث ایجاد یک کیفیت مطلوب می‌شوند و یا در سنتز برخی مواد نقش دارند.

نکته‌ای که به لحاظ نگهداری حائز اهمیت است اینست که فعالیتهای آنزیمی که بطور طبیعی در محصولات با منشأ گیاهی یا حیوانی وجود دارد تا یک حدی قابل قبول و پذیرفته شده است و به کیفیت محصول کمک می‌کند. بنابراین این فعالیتهای آنزیمی اگر از یک حدی بیشتر شود باعث خواهد شد که محصول کیفیت خود را از دست بدهد و در نهایت دچار فساد شود.

جد مطلوب این فعالیتهای آنزیمی بسته به نوع استفاده از محصول متفاوت است. یعنی این که مثلاً اگر یک محصول مثل نخود برنگر برای کنسرو مورد استفاده قرار گیرد تا حد خاصی باید نرم شود تا بتواند حرارت فرایند را تحمل کند، بنابراین فعالیت آنزیمی بایستی در یک مرحله زودتری متوقف شود تا تغییراتی که منجر به تبدیل مواد نشاسته‌ای به مواد قندی می‌شود، متوقف شود.

در کنار نقش که در فساد مواد غذایی دارند (چه طبیعی و چه سنتزی) می‌توان از آنزیم‌ها در ایجاد تغییرات مطلوب استفاده کرد.

### عوامل اصلی که در رشد میکروارگانیزم‌ها دخالت دارند:

۱ - عوامل داخلی (Intrinsic Factors): مشخصات ماده غذایی که بیان کننده ویژگی‌ها و اختصاصات ماده غذایی است.

۲ - عوامل خارجی (Extrinsic Factors): عواملی که از بیرون بر رشد میکروارگانیزم‌ها تاثیر می‌گذارند.

عوامل داخلی (مشخصات اصلی ماده غذایی):

۱ - فعالیت آبی (water activity)

۲ - pH ماده غذایی

۳ - پتانسیل اکسیداسیون - احیاء Redox potential

۴ - ترکیبات ماده غذایی Nutrients

عوامل خارجی:

۱ - درجه حرارت

۲ - رطوبت موجود

۳ - ویژگی های اتمسفری محیط: به لحاظ وجود یا عدم وجود اکسیژن یا وجود یا عدم وجود سایر گازها بویژه نسبت انواع مختلف گازهایی که در رشد و فعالیت میکروارگانیسم ها مؤثرند.

بنابر عوامل اصلی مؤثر در رشد میکروارگانیسم ها برخی از صفات خود میکروارگانیسم ها در رشد آنها مؤثرند.

مانند:

۱ - سرعت رشد

۲ - تضاد و یا همیاری که با هم دارند (Synergism, antagonism)

## فعالیت آبی (Water activity)

بسیاری از میکروارگانیسم ها می توانند در محیط خشک زنده بمانند ولی قادر به رشد و فعالیت نیستند، عبارتی دیگر میکروارگانیسم ها فقط در محیط آبی قابلیت رشد و فعالیت دارند.

آب بیشتر از هر حلال دیگری می تواند مواد را در خود حل کند به همین دلیل نقش آب نقش حمل کننده (carrier) در سیستم های بیولوژیکی است.

در محصولات مثل سس مایونز که دارای ۲ فاز آبی و روغنی هستند، میکروارگانیسم ها در فاز آبی رشد می کنند پس مواد نگهدارنده باید به این فاز اضافه شود.

موضوع مهم و قابل توجه آب قابل دسترس می باشد و به همین دلیل بجای رطوبت ماده غذایی به فعالیت آبی اشاره می شود.

$a_w$  عبارتست از فشار بخار اطراف ماده غذایی به فشار بخار آب خالص در همان درجه حرارت.  $a_w = \frac{P}{P_0}$  یعنی هر

ماده غذایی یا هر ماده ای در حال تبدلات گازی است با محیطی که قرار گرفته است. هر قدر ماده غذایی بتواند رطوبت

به محیط بدهد فشار بخار در اطراف ماده غذایی بیشتر خواهد شد و  $a_w$  بالا می رود.  $a_w$  در مورد آب خالص معادل ۱

است.

از آنجا که فشار بخار ایجاد شده در اطراف ماده غذایی بیان کننده رطوبت نسبی تعادلی اطراف ماده غذایی است و به میزان فرار مولکولها از سطح ماده غذایی بستگی دارد، ارتباط نزدیکی بین  $a_w$  و رطوبت تعادلی اطراف ماده غذایی وجود دارد که طبق رابطه زیر بیان می شود:

$$0 < a_w \leq 1$$

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{ERH}{100} \rightarrow \text{Equilibrium Relative Humidity}$$

هر چقدر به آب، ماده جامد محلول اضافه شود، میزان فرار ملکولها از سطح ماده غذایی به محیط اطراف کم خواهد شد و در نتیجه فشار بخار اطراف ماده غذایی کم خواهد شد و بنابراین  $a_w$  کاهش می یابد.

### نقش $a_w$ در رشد میکروارگانیسمها

همه میکروارگانیسمها برای رشد خود، یک فعالیت آبی حداکثر و حداقل را در محیط نیاز دارند و طبیعتاً در محیط آب خالص که دارای  $a_w = 1$  است قادر به رشد نیستند. ولی مواد غذایی ای وجود دارد که میزان  $a_w$  آنها خیلی نزدیک به (۱) است ( $a_w = 0.995$ ) و به همین جهت گاهی  $a_w$  آنها را (۱) می گیرند. در چنین موارد غذایی میکروارگانیسمها قادر به رشد هستند. آنچه که از نظر نگهداری مواد غذایی حائز اهمیت است حداقل  $a_w$  است که میکروارگانیسمها برای فعالیت خود نیاز دارند. زیرا با تغییر  $a_w$  ماده غذایی و رساندن آن به حدی پایین تر از حداقل  $a_w$  مورد نیاز برای رشد میکروارگانیسمها می توان انتظار داشت که ماده غذایی برای مدت طولانی تری بدون آن که مورد تهاجم میکروبیهای خاصی قرار گیرد، نگهداری شود. کلیکها، خمرها، باکتریها، بطور کلی، باکتریها  $a_w$  بیشتر از مخمرها و مخمرها  $a_w$  بیشتر از کپکها برای رشد خود نیاز دارند.  $a_w$  ای که برای میکروارگانیسمهای مختلف تعیین می شود در حالتی است که سایر شرایط مورد نیاز برای رشد میکروارگانیسم در حد اپتیمم باشد. پس  $a_w$  هیچگاه واقعی نیست و صرفاً یک شاخص است.

نوع ماده ای که باعث کاهش  $a_w$  می شود عامل مؤثری است روی حداقل  $a_w$  که برای رشد میکروارگانیسم لازم است. یعنی اگر در محیط شکر داشته باشیم (کاهش دهنده  $a_w$ ) بسته به این که چه میکروارگانیسم را بررسی کنیم حداقل  $a_w$  برای رشد میکروارگانیسم متفاوت است. میکروارگانیسمهایی که قادر به تحمل فشار اسمزی بالا هستند در مورد شکر قادر به رشد در  $a_w$  کمتر هستند. میکروارگانیسمهای هالوفیل (نمک دوست) وقتی که در محیط نمک باشد و نمک عامل کاهش  $a_w$  باشد در  $a_w$  کمتری کمتری قادر به فعالیت هستند.



Germination of spores

(اسپورزایی، جنسی، اسپورزایی جنسی)

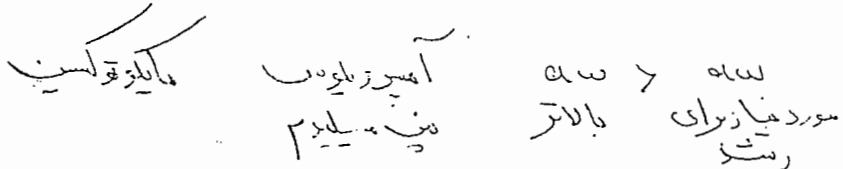
معمولاً برای تولید اسپور کمی بالاتر از  $a_{ww}$  مورد نیاز برای رشد لازم است.

در اسپورزایی جنسی، میکروارگانیسم ها  $a_{ww}$  بیشتری در مقایسه با اسپورزایی بروش غیر جنسی نیاز دارند.  $a_{ww}$  مورد نیاز برای باکتریها در تولید اسپور با  $a_{ww}$  مورد نیاز برای رشد آنها یکی است ولی جوانه زنی معمولاً در  $a_{ww}$  پایین تر اتفاق می افتد.

در تولید انتروتوکسینی که توسط استافیلوکوکوس اورئوس تولید می شود به  $a_{ww}$  بالاتر از  $a_{ww}$  مورد نیاز جهت رشد نیاز دارد.

در تولید مایکوتوکسین توسط جنس هایی از اسپرگیلوس و پنی سیلیوم،  $a_{ww}$  بالاتر از  $a_{ww}$  مورد نیاز برای رشد نیاز می باشد. در مورد پنیر سفید، قبل از مصرف در آب نمک با  $a_{ww} = 0.75$ ، یعنی ۲۲-۲۴٪ نمک نگهداری می کنند. پس از طی زمان نگهداری E.coli دیگر وجود ندارد ولی استافیلوکوکوس اورئوس که نسبت به  $a_{ww}$  پایین مقاوم است همچنان وجود خواهد داشت. در بین باکتریها Staph.aureus می تواند در  $a_{ww} = 0.85$  رشد و فعالیت کند.

( $a_{ww}$  پایین)

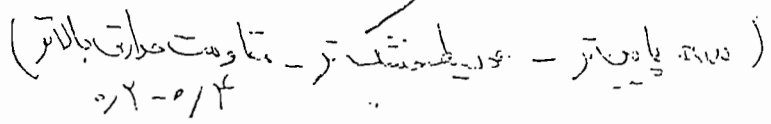


Survival

بحث زنده ماندن و بقای میکروارگانیسم نکته مهم دیگری است. هر چقدر که  $a_{ww}$  کمتر باشد قابلیت زنده ماندن میکروارگانیسم در طول دوره نگهداری بیشتر می شود.  $a_{ww}$  پایین موجب تاخیر یا توقف رشد میکروارگانیسم می شود ولی در چنین شرایطی خیلی از میکروارگانیسم ها قادرند زنده بمانند.

Heat resistance

بحث دیگر مقاومت حرارتی است که هر چقدر  $a_{ww}$  محیط پایین تر باشد یا عبارتی محیط خشک تر باشد مقاومت حرارتی میکروارگانیسم بالاتر می رود. مثلاً مقاومت حرارتی اسپور باکتریها در  $a_{ww} = 0.2-0.4$  حداکثر است. اهمیت این موضوع در پاستوریزه کردن و استریل کردن مواد غذایی است.



رابطه  $a_{ww}$  و مواد غذایی

بروش های مختلفی می توان  $a_{ww}$  مواد غذایی را کاهش داد که یکی مهم ترین روش ها عبارتند از:

- ۱- جداسازی آب مواد غذایی است (خشک کردن)
- ۲- راه دیگر، یکسری مواد محلول مثل نمک و شکر به محیط آبی اضافه می کنیم که باعث می شود بخشی از آب قابل

دسترس خارج شده و  $a_w$  کاهش یابد.  
۳- راه سوم، فریز کردن یا انجماد است.

شدت رشد باکتریها از مخمرها و کپکها بیشتر است. بنابراین در مواد غذایی که  $a_w$  بالایی دارند باکتریها در محیط غالب خواهند شد و در چنین محیط‌هایی عامل فساد باکتریها خواهند بود.

در حالی که اگر  $a_w$  به حدی پایین بیاید که باکتریها دیگر در آن  $a_w$  فعالیت نداشته باشند، قارچها میکروارگانیسم غالب خواهند شد. این موضوع تقریباً یک قاعده کلی است ولی مانند سایر قواعد دارای استثنائاتی است که شامل:

۱- در مورد میوه جات که به طور طبیعی محصولاتی هستند که  $a_w$  بالایی دارند و انتظار می‌رود به جهت بالا بودن  $a_w$  مورد هجوم باکتریها قرار بگیرند، ولی اینطور نیست و عمدتاً تحت هجوم قارچها قرار می‌گیرند. چون میوه جات pH پایین دارند یا اسیدی هستند و باکتریها در pH پایین فعالیت ندارند. میوه جات تحت هجوم قارچها قرار می‌گیرد.

۲- محصولاتی که  $a_w$  پایین دارند و  $a_w$  پایین بدلیل بالا بودن میزان مواد قندی در آنهاست خیلی راحت‌تر تحت تاثیر مخمرهای اسموفیل یا مخمرهایی که قادرند فشارهای اسمزی بالا را تحمل کنند قرار می‌گیرند. نمونه‌ای از این مواد غذایی: مرباجات و تمامی کنسرتروهای قندی. البته در مورد مرباجات، سطح آنها کپک می‌زند زیرا مخمرها عمدتاً محیط‌های بی‌هوازی را انتخاب می‌کنند و فعالیتی که روی سطح صورت می‌گیرد توسط کپکها انجام می‌شود ولی در قسمت‌های داخلی مخمرها فعالیت دارند.

۳- محصولاتی که میزان نمک آنها بالاست و در نتیجه  $a_w$  پایین دارند توسط باکتریهای هالوفیل یا باکتریایی که قدرت تحمل شرایط نمک را دارند می‌توانند مورد حمله قرار گیرند و فاسد شوند.

۴- معمولاً مواد غذایی خشک  $a_w$  کمتر از ۰/۷۵ دارند و در شرایط معمول اگر ماده غذایی خشکی دارای  $a_w = ۰/۷$  یا کمتر باشد تقریباً از نظر میکروبی ماده غذایی ایمن (safe) است و کمتر تحت تاثیر فعالیت میکروارگانیسمها قرار می‌گیرد. البته در این محصولات که امکان فعالیت میکروبی نیست، امکان برخی فعالیت‌های دیگر مانند فعالیت‌های آنزیمی وجود دارد.

گرچه فعالیت‌های آنزیمی هم در این  $a_w$  و یا بسیار کند انجام می‌شود. بدلیل وجود فعالیت آنزیمها در  $a_w$  پایین خشکبارها تیره‌تر از حد طبیعی دیده می‌شوند. برای رفع این اشکال، به آنها دگورگورده می‌دهند که باعث از بین رفتن آنزیمها و جلوگیری از تغییر رنگ و قهوه‌ای شدن رنگ می‌شود.

## تقسیم بندی مواد غذایی از نظر $a_w$

۱- مواد غذایی که رطوبت بالایی دارند و  $a_w$  بالایی دارند. (High Moisture Foods)

الف - ( $a_w = 0/99 - 0/95$ ) از جمله موادی که در این دسته قرار می‌گیرند: شیر - گوشت - میوه ها - سبزیجات. عمدتاً تحت تاثیر هجوم باکتریها قرار می‌گیرند و برای جلوگیری از فساد حتماً بایستی در یخچال قرار گیرند و یا حرارت ببینند.

ب - مواد غذایی که  $a_w = 0/95 - 0/9$  دارند. در این گروه، انواع مختلف نانها، کیکها، سوسیسها، پنیرها، سبزیجات تخمیری، کنساتره آبپوه جات قرار می‌گیرند که گرچه مقاومت آنها در مقابل میکروارگانسیمها بخصوص باکتریها از دسته اول بیشتر است ولی باز هم برای مدت‌های طولانی نمی‌توان آنها را نگهداری کرد. بایستی از روش‌های مختلف نگهداری مثل خشک کردن، دود دادن و بسته بندی استفاده کرد.

۲ - مواد غذایی که رطوبت آنها متوسط است. (Intermediate Moisture Foods)

( $a_w = 0/9 - 0/6$ ) در این دسته، پنیرهایی که خیلی رسیده باشند، انواع مرباجات و میوه جات خشک قرار می‌گیرند. می‌توانند مورد هجوم باکتریهای هالوفیل، مخمرهای اسموفیل و برخی کپک‌ها قرار بگیرند، بسته به آن که در چه دامنه  $a_w$  قرار داشته باشند.

۳ - مواد غذایی خشک که  $a_w$  پائینی دارند ( $a_w = 0/6 - 0/2$ ) دارند.

انواع شکلات‌ها و شیرینی‌ها، عسل، مود می مانند شیر خشک، کاکائو، سبزیجات خشک و غلات. معمولاً اگر در شرایطی قرار بگیرند که این ویژگیها حفظ شود ( $a_w = 0/6 - 0/2$ ) انتظار می‌رود که مورد هجوم میکروارگانسیم‌ها قرار نگیرند. که عسلاً به این صورت نیست. چون رطوبت خود مواد بسیار پایین است و اگر در تماس با محیط مرطوب تری قرار گیرند آب محیط را جذب می‌کنند و حداقل در نواحی سطحی انباشته شدن رطوبت باعث رشد برخی میکروارگانسیم‌ها می‌شود.

pH: به لحاظ تعریف منهای لگاریتم غلظت H محیطی است که در آن اندازه گیری می‌شود  $pH = -\log[H^+]$ . با توجه به تاثیری که pH روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول دارد و تاثیری که روی قابلیت نگهداری محصول دارد، تعیین pH و حفظ آن یکی از نکات مهمی است که در فرایند مواد غذایی مطرح است.

میکروارگانسیم‌ها مثل نیازی که در مورد  $a_w$  بحث شد یک pH، اپتیمم نیاز دارند و یک pH حداکثر و حداقل را می‌توانند تحمل کنند. باکتریها عموماً pH خشی یا نزدیک به هفت را برای فعالیت‌ها ترجیح می‌دهند و در این pH راحت تر از سایر میکروارگانسیم‌ها قادر به فعالیت هستند. در بین این باکتریها، باکتریهای هستند که هم قادرند pH پایین را تحمل کنند و هم قادرند در این pH‌های پایین رشد و فعالیت کنند. مثل باکتریهای اسید لاکتیک (LAB).

خوشبختانه باکتریهایی که عامل مسمومیت غذایی هستند از  $pH = 4/5$  به پایین قادر به فعالیت نیستند. بنابراین در خیلی از فرایندها از کاهش pH برای حفظ سلامت محصول در مقابل باکتریهای مسموم کننده استفاده می‌شود. باکتریهایی که قادر نیستند محیط‌های اسیدی را تحمل کنند دسته جاتی هستند که بسیاری قادر به فعالیت‌های

پروتئولیتیک هستند و عموماً pH های نزدیک به حثی را می پسندند مثل سودوموناس ها که در محیط های قلیایی هم قادر به فعالیت هستند.

کپک ها در pH های پایین تری از مخمرها قادر به فعالیتند. مخمرها در pH های کمتر از باکتریها قادر به فعالیت هستند. در pH های خنثی سرعت رشد باکتریها از دو گروه دیگر خیلی بیشتر است.

نکته مهمی که در ارتباط با pH مواد غذایی و فعالیت میکروارگانیسمها وجود دارد این است که فعالیت میکروارگانیسمها در طول دوره نگهداری محصول یا در طی فرایند محصول خود می تواند زمینه ساز تغییراتی در ماده غذایی شود که این تغییرات موجب می شوند که محیط مناسب فعالیت یک دسته از میکروارگانیسمها شود و یا بالعکس محیط نامناسب دستهای دیگر شود. مثلاً باسیلوس کواگولانس که یکی از میکروارگانیسمهایی است که به شرایط اسیدی مقاوم است و در محصولات گوجه فرنگی فعالیت دارد در آب گوجه pH را از ۴/۵ به ۵ می رساند. تغییر pH سبب مناسبت کردن محیط برای فعالیت دستجات دیگری از میکروارگانیسمها می شود. یا رشد کپک روی سطح گوجه فرنگی که یک نوع فساد عمومی است باعث می شود که با مصرف اسید توسط کپک pH تغییر کند و زمینه برای فعالیت سایر میکروارگانیسمها مهیا شود.

مواد غذایی یا بطور طبیعی دارای اسید هستند یا فرایند بصورتی انجام شود که اسید توسط میکروارگانیسمها تولید گردد.

بطور کلی pH ای که در محصول ایجاد می شود تابعی از ۲ عامل زیر می باشد:

- ۱ - ظرفیت بافری (Buffering capacity): وجود یکسری ترکیبات مثل پروتئینها در داخل محیط ماده غذایی موجب ایجاد مقاومت در برابر اسیدی که اضافه شده می شود و در نتیجه تغییرات pH کاهش می یابد.
- ۲ - قدرت اسید و میزان اسید.

ظرفیت بافری: مقاومتی است که محصول نسبت به تغییرات pH از خود نشان می دهد. در محیطهایی که این مقاومت زیاد است چیزی که مهم است pH است نه اسیدیته. در حالی که در محیطهایی که مقاومت کمتر است اسیدیته بعنوان شاخص عمل قرار داده می شود. اینطور نیست که هر چه اسید در محیط زیاد شود pH کاهش یابد (بدلیل خاصیت بافری) پس رابطه pH و اسیدیته رابطه کاملاً مستقیم نمی باشد.

عمدتاً سبزیجات pH های بالای ۴ دارند (بجز ریواس که pH حدود ۳ دارد). در مقابل میوهجات pH های زیر ۴ یا زیر ۳ دارند. بنابراین برای سبزیجات از فرایند استریلیزاسیون استفاده می شود ولی برای فرآورده های میوهجات چون بشکل طبیعی pH پایین دارند نوع فرایند مورد استفاده فرایند پاستوریزاسیون است.

LAB جزء معدود باکتریهایی هستند که در pH های کمتر از ۴ فعالیت می کنند و زنده باقی می مانند. بنابراین آبلیمو که pH حدود ۳ دارد، انتظار داریم که در روی سطوح خشک شده و یا سطحی آن کپک رشد کند و در بقیه

قسمت‌ها مخمرها پراحتی فعالیت دارند. طراحی فرایندها هم براساس دامنه فعالیت میکروارگانیسم‌ها در pH‌های متفاوت است.

### پتانسیل اکسیداسیون - احیاء

#### (Oxidation Reduction (OR) potential) (Redox potential) (Eh)

بطور کلی هر وقت ماده‌ای اکسید می‌شود اکسیده شدن ماده همراه با از دست دادن الکترون است و طبیعی است در هر محیطی وقتی که چنین از دست دادن الکترونی صورت می‌گیرد می‌بایست یک گیرنده الکترون نیز وجود داشته باشد که به ماده گیرنده الکترون ماده احیاء شونده می‌گویند. آن چیزی که تحت عنوان پتانسیل اکسیداسیون احیاء اندازه‌گیری می‌کنیم در واقع تمایل یک سیستم است در جهت دادن یا گرفتن یک الکترون. در بسیاری از موارد این سیستم برگشت پذیر است. یعنی گاه ممکن است تحت شرایطی اکسید کننده و گاه احیاء کننده باشد. واحد اندازه‌گیری Eh میلی‌ولت می‌باشد یا عبارتی دیگر اختلاف پتانسیل را براساس تغییرات و لذا اندازه‌گیری می‌کنیم. برای این اندازه‌گیری از دستگاههایی استفاده می‌شود که الکتروود پلاتین دارد و این الکتروود هم به یک pH متر یا ولت سنج متصل می‌شود.

منظور از اندازه‌گیری Eh اندازه‌گیری شدت اکسیداسیون و احیاء است نه ظرفیت آن. یعنی مثل pH ممکن است بسیاری از واکنش‌ها اتفاق بیفتند آنچیزی که ما اندازه‌گیری می‌کنیم در واقع برابند آنهاست یا شدت واکنش‌هاست. از این اندازه‌گیری واکنش‌های پتانسیل اکسیداسیون - احیاء که در ماده غذایی اتفاق می‌افتد یکسری استفاده‌هایی صورت می‌گیرد مثلاً:

برای تخمین جمعیت میکروبی شیر تستی صورت می‌گیرد بنام Reductase (رِدوکتاز). این تست در واقع قابلیت احیاء یک اندیکاتوری را نشان می‌دهد بنام متیلن بلو (Methylen blue). در هنگام اندازه‌گیری، جمعیت میکروبی موجود در شیر دارای فعالیت احیاء کنندگی هستند که هر چه جمعیت بیشتر باشد فعالیت احیاء کنندگی بیشتر خواهد بود. بنابراین برای ارزیابی یک شیر خام چند قطره معرف متیلن بلو اضافه کرده و در اینکوباتور ۳۷°C می‌گذارند. بسته به رنگ شیر که در عرض چه مدت تغییر کند، جمعیت میکروبی را تخمین می‌زنند. این تست، دقیق نیست.

### طبقه بندی میکروارگانیسم‌ها بر اساس نیاز به اکسیژن:

- ۱ - aerobic (میکروبیای هوازی): نیازمند به اکسیژن آزاد برای فعالیت خود هستند.
- ۲ - Anaerobic (میکروبیای بی هوازی): در شرایط فقدان اکسیژن بهترین رشد را دارند.
- ۳ - Facultative anaerobic (میکروبیای بی هوازی اختیاری): بسته به شرایطی که در آن قرار می‌گیرند می‌توانند

بی هوازی یا هوازی باشند.

۴- مایکروآیروبیال: بهترین رشد را در شرایطی انجام می دهند که میزان اکسیژن آزاد محدود باشد. عددی را که برای  $Eh$  گزارش می شود می تواند عددی مثبت یا منفی باشد. در محیط هایی که محیط های اکسید شده هستند  $Eh$  مثبت است و مناسب رشد و فعالیت میکروبیهای هوازی خواهد بود. البته بی هوازی اختیاری ها نیز در این محیط رشد و فعالیت دارند. در محیط هایی که ترکیبات احیاء کننده داخل محیطها باشد.  $Eh$  منفی است که مناسب رشد میکروبیهای بی هوازی است و البته بی هوازی اختیاری ها هم در این محیط می توانند فعالیت کنند. فعالیت هایی که خود میکروارگانسیم ها در محیطی که رشد می کنند دارند نیز روی  $Eh$  و تغییر آن مؤثر است.

### تأثیر M.O ها بر روی $Eh$

وقتی که میکروارگانسیم ها فعالیت متابولیکی انجام می دهند این فعالیت یا با مصرف اکسیژن همراه است که باعث کاهش  $Eh$  می شود و یا این که همراه با فعالیت متابولیکی شان ترکیبات احیاء کننده تولید می کنند که این ترکیبات عاملی برای کاهش  $Eh$  هستند. دامنه این تغییرات که توسط میکروارگانسیم ها صورت می گیرد، متفاوت است. میکروبیهای هوازی و یا بی هوازی اختیاری ها در مرحله فاز تأخیری به مقدار کمی پتانسیل اکسیداسیون احیاء را کاهش می دهند (بدلیل مصرف اکسیژن محیطی).

همین میکروارگانسیم ها در مرحله فاز رشد لگاریتمی خود فعالیتشان باعث می شود که  $Eh$  محیطی به شدت کاهش پیدا کند و کاهش به حدی باشد که  $Eh$  منفی شود. نتیجه نیز اینست که محیط برای رشد و فعالیت آنها نامساعد می شود و رشد آنها کاهش می یابد.

در ارتباط با میکروبیهای بی هوازی  $Eh$  اولیه محیطی در همان ابتدای مرحله رشد پایین است، بعبارت دیگر اگر  $Eh$  منفی نباشد نمی توانند شروع به رشد کنند زیرا اکسیژن محیطی از قبل از محیط جدا شده است. در مرحله تولید اسپور میزان  $Eh$  خیلی پایین است. در مرحله فاز تأخیری تغییرات  $Eh$  نسبتاً خیلی کم است.

### $Eh$ به عوامل زیر بستگی دارد

۱- موادی که تشکیل دهنده آن مواد غذایی هستند (ترکیبات مواد غذایی) که در بین این ترکیبات، ترکیبات احیاء کننده یا اکسید کننده وجود دارد.

۲- pH محیط.

۳- فشار اکسیژن محیطی که مواد غذایی در آن قرار گرفته است.

۴- میزان دسترسی که ماده غذایی به هوای محیط دارد. (آیا ماده غذایی دارای بسته بندی است یا نه یا از بسته بندی

هوا نفوذ می‌کند یا نه).

اغلب گیاهان تازه بدلیل داشتن مواد احیاء کننده مثل اسید اسکوربیک یا مثل قندهای احیاء کننده در قسمت‌های داخلی دارای  $Eh$  یا بیینی هستند.

در بافت‌های حیوانی نیز بدلیل وجود گروه‌های سولفیدریل (اتصالات S-H) و یا سایر ترکیبات احیاء کننده در قسمت‌های داخلی  $Eh$  پایین می‌باشد.

مادام که این سلولهای گیاهی و یا سلولهای حیوانی تنفس می‌کنند و فعال هستند اینها باعث می‌شوند که  $Eh$  پایین باقی بماند و در واقع فعال بودن آنها باعث می‌شود که اکسیژن از خارج بافت‌های حیوانی و گیاهی نتواند به داخل آن نفوذ کند. به همین جهت در گوشت و یا میوه جات تازه که بافتشان آسیب ندیده فقط در قسمت‌های نزدیک به سطح دارای شرایط مناسب برای فعالیت میکروبیهای هوازی هستند و به همین دلیل است که در قسمت‌های سطحی گوشت میکروبیهای هوازی که قادر به ایجاد اسلایم هستند و یا باکتریهای که قادر به تولید اسید هستند می‌توانند فعالیت داشته باشند و بالعکس در قسمت‌های داخلی باکتریهای بی‌هوازی می‌توانند فعالیت کنند که موجب گندیدگی می‌شوند.

برخی از فرایندهایی که روی ماده غذایی صورت می‌گیرد نیز در تغییر  $Eh$  موثرند:

مثلاً حرارت دادن بخصوص حرارت دادن‌های شدید باعث از بین رفتن و یا تغییر ترکیبات اکسید کننده و یا احیاء کننده می‌شود و در نتیجه باعث می‌شود که اکسیژن براحتی بتواند وارد بافت محصول شود.

فرایندهایی مثل فیلتراسیون و استخراج می‌توانند باعث جدا کردن ترکیبات احیاء کننده شوند و آنها را مطابق یا نامناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها کنند. مثلاً در فرایندهای آبمیوه جات فرایندی که سبب شفاف سازی آبمیوه می‌شود باعث می‌شود که ترکیبات احیاء کننده را جدا کنند و محیط خیلی مناسب‌تر باشد برای رشد دستجات خاصی از میکروارگانیسم‌ها.

نکته: میزان قند در محیط کشت همیشه به میزان حداقل است و آنقدر نیست که فشار اسمزی باز دارند. ایجاد کند. البته در برخی مواقع با افزودن موادی دیگر مثلاً نمک محیط را برای طیف خاصی از میکروارگانیسم‌ها نامساعد می‌کنند.

### ترکیبات مواد غذایی (Nutrient content)

وجود این ترکیبات روی pH و  $Eh$  تاثیرگذار است. میکروارگانیسم‌ها برای فعالیت خود به دسته خاصی از مواد غذایی نیاز دارند. در واقع میکروارگانیسم‌ها برای رشد خود در مرحله اول نیازمند به یک منبع انرژی هستند. این منبع انرژی را از طریق ترکیباتی مثل کربو هیدراتها تامین می‌کنند.

## الف - منبع انرژی

کربوهیدراتها اولین و مهم ترین ترکیب تأمین کننده انرژی هستند. شامل: قندها، الکلها، اسرها، اسیدهای آلی و نمکهای اسید آلی، ترکیبات پپتیدی، اسیدهای آمینه، سلولز، نشاسته، پکتین و لاکتوز ترکیباتی هستند جزء دسته کربوهیدراتها که میکروارگانیسمها کمتر می توانند از آنها استفاده کنند.

چربیها منبع دیگر تأمین کننده انرژی میکروارگانیسمها هستند. اگر در محیط غذایی کربوهیدرات وجود نداشته باشد و یا توسط میکروارگانیسمها مصرف شده باشد، چربیها مورد مصرف و استفاده میکروارگانیسمها قرار می گیرند. (دومین منبع مورد استفاده). چربیهای که توسط آنزیم لیپاز (که برخی از میکروارگانیسمها دارای این آنزیم هستند) به گلیسرول و اسیدهای چرب تجزیه شده باشد، می توانند مورد استفاده میکروارگانیسمها بعنوان منبع انرژی باشند. در وهله آخر، پروتئینها به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار می گیرند. به شکلی که پروتئینها توسط عوامل مختلف به پپتیدها و اسیدهای آمینه مختلف تجزیه شده باشند.

میزان غلظتی که ترکیبات مواد غذایی دارند و به تبع آن میزان فشار اسمزی که غلظت این مواد می تواند ایجاد کند.. در ارتباط با ترکیبات ماده غذایی مسئله مهم دیگری است. اگر غلظت ساکارز در محیط از یک حدی بالاتر رود گرچه در محیط منبع قندی داریم اما میکروارگانیسم به دلیل اثرات منفی که ایجاد فشار اسمزی بالا موجب می شود عملاً امکان رشد را پیدا نمی کند.

در بین همین ترکیبات نیز نسبت های مساوی از ترکیبات مختلف، فشارهای اسمزی متفاوتی را ایجاد می کند. مثلاً یک محلول ۱۰٪ گلوکز فشار اسمزی معادل ۲ برابر محلول ۱۰٪ ساکارز ایجاد می کند.

## ب - عوامل یا فاکتورهای رشد میکروارگانیسمها

۱ - منبع ازت: این ازت عمدتاً از پروتئینها، پپتیدها، اسیدهای آمینه، اوره و آمونیاک تأمین می شود.

۲ - منبع کربن: بخشی را از  $CO_2$  و بخش بیشتر آن را از ترکیبات آلی میگیرند.

۳ - مواد معدنی مختلف.

۴ - وجود ویتامینها: در بین مواد غذایی گوشت محصولی است که به عنوان یک محصول غنی از ویتامینهای گروه

B شناخته شده است. در مقابل میوه جات ویتامین B کمی دارند ولی به مقدار زیادی دارای ویتامین C هستند.

سفیده تخم مرغ دارای بیوتین است که البته در کنار آن یک ترکیب باز دارنده بنام آویدین دارد که بیوتین را بلوکه می کند.

ویتامینهای مختلف مقاومت متفاوتی در برابر فرایندهای حرارتی دارند که در بین ویتامینها، تیامین، پنتوتنیک

اسید، اسید فولیک، اسکوربیک اسید، جزء ویتامینهایی هستند که به حرارت حساسند.



## ج - ترکیبات باز دارنده رشد میکروارگانیسمها

نحوه عمل از چند طریق است:

برخی کل سلول میکروارگانیسم را تحت تاثیر قرار می دهند. برخی صرفاً به دیواره سلول آسیب می رسانند و روی فعالیت میکروارگانیسم اثر می گذارند. بعضی روی غشاء سلول اثر می گذارند. و برخی مکانیسم های زنتیکی که روی سلول وجود دارد را تحت تاثیر قرار می دهند. یا آنزیم را مختل می کنند و یا با مواد ضروری ایجاد اتصال می کنند و از دسترسی میکروارگانیسم دور نگه می دارند.

نمونه هایی از ترکیبات باز دارنده هم در موادی که منشاء حیوانی دارند و هم در موادی که منشاء گیاهی دارند می توان یافت. بسیاری از این ترکیبات در اثر فرایندهایی که در مواد غذایی مرسوم است مثل حرارت دادن از بین می رود.

اولین ماده غذایی که در آن ترکیبات باز دارنده وجود دارد، سفیده تخم مرغ است. این ترکیبات عبارتند از:

- ۱ - لیزوزیم: حدوداً ۳/۵٪ وزن خشک سفیده تخم مرغ را تشکیل می دهد و عمل باز دارندگی را از طریق تجزیه کردن دیواره سلولی باکتریهای گرم مثبت انجام می دهد.
  - ۲ - اوو موکوئید: که ۱۱٪ وزن خشک سفیده تخم مرغ را تشکیل می دهد و در واقع مکانیسم عمل آن از طریق تاثیر باز دارندگی آن روی سیستم های آنزیمی میکروارگانیسم است.
  - ۳ - کونالبو مین: که مهار کننده یونهای فلزی است. ۱۳٪ وزن خشک سفیده تخم مرغ را تشکیل می دهد.
  - ۴ - آویدین: که به ۲ مولکول بیوتین متصل شده و مانع استفاده شدن آنها توسط میکروارگانیسم می شود.
  - ۵ - اوو فلاووپروتئین: که مهار کننده ریبو فلاوین است.
- ترکیب باز دارنده دیگر در شیر وجود دارد که در واقع آن را به عنوان یک سیستم باز دارنده می شناسند. این سیستم باز دارنده لاکتوپراکسیداز است که ۳ مؤلفه دارد.
- ۱ - آنزیم پراکسیداز (آنزیم لاکتوپراکسیداز)
  - ۲ - آب اکسیژنه  $H_2O_2$  به عنوان ترکیب اکسید کننده.
  - ۳ - یون تیوسیانات (SCN)

نحوه عمل: آنزیم لاکتوپراکسیداز بطور طبیعی در داخل شیر خام وجود دارد. یون تیوسیانات نیز در مقادیر کمی در داخل شیر به شکل طبیعی وجود دارد. برای آن که در شیر بتوان از این سیستم ضد میکروبی استفاده کرد، آب اکسیژنه را به محیط اضافه کرده که باعث فعال شدن این سیستم می شود. هم می تواند موجب مرگ میکروارگانیسمها شود و هم می تواند رشد میکروارگانیسمها را متوقف کند و نیز می تواند به عنوان یک باز دارنده آنزیمی عمل کند.

معمولاً در جاهایی که دسترسی به سیستم های سرد کننده ندارند، بعنوان یک روش موقت نگهداری از این سیستم

استفاده می‌کنند. البته کار کردن با این سیستم خیلی راحت نیست زیرا غلظت هر کدام از ترکیبات مهم است. ترکیب بازدارنده دیگر در شیر، لاکتوفرین است که پروتئینی است که با آهن موجود در محیط ایجاد باند و اتصال می‌کند. میزان این ترکیب در شرایط طبیعی در داخل شیر حدود  $0/3 - 0/1$  mg/lit است ولی در شرایطی که دام مبتلا به بیماری ورم پستان می‌شود مقدار آن حدود ۱۰-۴ مرتبه افزایش می‌یابد.

در مواد غذایی که منشأ گیاهی دارند تعدادی از ترکیبات بازدارنده پیدا می‌شود. مثلاً در گوجه فرنگی ترکیبی است بنام توماتین که اثرات ضد قارچی و ضد باکتریایی دارد. همچنین در پنبه دانه ترکیبی است بنام گوسیپول که روی باکتریهای گرم مثبت اثر بازدارندگی دارد. در زیتون ترکیبی وجود دارد بنام اولئوروپین که اثر بازدارندگی بر روی مخمرها، گونه‌های مختلف لاکتوباسیل‌ها و لوکونستوک‌ها دارد.

ساختمان فیزیولوژی مواد غذایی هم می‌تواند روی مقاومت در برابر تهاجم میکروارگانیسم‌ها تأثیر داشته باشد. نمونه‌هایی از این محافظ‌های طبیعی در ساختمان مواد غذایی وجود دارند. در تخم مرغ روی سطح پوسته خارجی که آن دارای لایه‌ای است که با چشم دیده نمی‌شود، که اصطلاحاً به آن کوتیکول می‌گویند و به شکل لایه بسیار نازکی است که جنس آن شبیه پروتئین است. وجود این لایه بعنوان محافظی است در مقابل ورود میکروارگانیسم‌ها و دسترسی آنها بداخل تخم مرغ. در مواردی که تخم مرغ شستشو داده می‌شود و یا روی سطح آن برس کشیده می‌شود، این لایه از بین می‌رود و در نتیجه میکروارگانیسم‌ها قابلیت دسترسی به قسمت‌های داخلی تر تخم مرغ را پیدا می‌کنند. علاوه بر این، پوسته اصلی تخم مرغ (Egg - Shell) از ۲ لایه تشکیل شده که لایه بیرونی آن لایه‌ای اسفنجی است و جنس آن از ترکیبات معدنی است و لایه داخلی یک لایه نازکی است. در گیاهان هم محافظ‌های طبیعی در برخی از محصولات به شکل طبیعی وجود دارد. مثلاً در کلم به شکل طبیعی روی برگ‌های آن ترکیبات مومی شکلی قرار دارد که حفاظت برگ‌های کلم را در برابر نفوذ میکروارگانیسم‌ها بعهدہ دارند.

در بسیاری از وارته‌های سیب، ترکیبات مومی شکلی روی سطح سیب وجود دارد که در طول دوره نگهداری حتی مقدار این ترکیبات افزایش پیدا می‌کند.

نمونه دیگر، پوسته‌ای است که روی سطح محصولات مثل گردو و انواع دانه‌ها وجود دارد که آسیب دیدن یا جدا شدن این پوسته‌ها باعث می‌شود که ماده غذایی در معرض تهاجم میکروارگانیسم‌ها قرار بگیرد.

بخش دیگری از فعالیت میکروارگانیسم‌ها به عوامل خارجی (درجه حرارت، رطوبت، گازهای موجود در محیط) بستگی دارد. عوامل خارجی در واقع همان شرایط محیطی هستند.

### ۱ - دمای محیط

محدوده دمای که میکروارگانیسم‌ها می‌توانند در آن رشد کنند تابع حالت فیزیکی آب است. یعنی اگر دما را آنقدر کاهش دهیم که آب منجمد شود یا تبخیر شود قطعاً میکروارگانیسم‌ها در چنین شرایطی قادر به فعالیت نیستند.

به عبارتی دیگر، میکروارگانیسم‌ها زمانی می‌توانند فعالیت کنند که آب به صورت مایع وجود داشته باشد. البته افزودن مواد جامد محلول هم باعث پایین آوردن نقطه انجماد می‌شود و هم موجب افزایش نقطه جوش می‌گردد. وقتی که به آب خالص مواد جامد محلول (قند، نمک) افزوده شد، دامنه حرارتی یا دمایی که میکروارگانیسم‌ها می‌توانند در آن فعالیت داشته باشند، طبیعتاً تغییر می‌کند.

دمای محیطی که میکروارگانیسم‌ها در آن دما فعالیت و رشد و تکثیر و زندگی می‌کنند مثل بسیاری از شرایط محیطی دیگر روی ویژگیهای میکروارگانیسم‌ها اثر می‌گذارد. مثلاً روی اندازه سلولی اثر می‌گذارد. روی فعالیت‌های متابولیکی و محصولاتی که در اثر این فعالیت‌های متابولیکی تولید می‌کنند (توکسین، رنگدانه‌ها) اثر می‌گذارد. روی نیازهای تغذیه‌ای اثر دارد و بالاخره روی واکنش‌های آنزیمی و ترکیبات شیمیایی سلولهای میکروبی تأثیرگذار است. وقتی میکروارگانیسم‌ها در دمایی بالاتر یا پایین‌تر از دمای مطلوب فعالیت می‌کنند، این نوع فعالیت روی بسیاری از ویژگی‌هایشان تأثیرگذار است.

وقتی در مورد میکروارگانیسم‌ها صحبت از دمای min و max می‌شود در واقع این دمای min و max دمایی است که در بیشتر یا کمتر از آن رشد میکروارگانیسم‌ها متوقف می‌شود. وقتی صحبت از دمای اپتیمم می‌شود این دمای اپتیمم ممکن است که دمای اپتیمم برای حداکثر رشد باشد، دمای اپتیمم برای بالاترین راندمان تولید سلول میکروبی باشد، دمای اپتیمم برای فعالیت‌های متابولیکی یا تولید یک متابولیت خاص باشد، ولی آنچه که به شکل عام مطرح است منظور دمای اپتیمم برای رشد میکروارگانیسم‌ها است.

بر اساس ویژگیهایی که برای میکروارگانیسم‌ها شناخته شده دمای اپتیمم، min و max برای هر دسته از میکروارگانیسم‌ها در نظر گرفته شده است. مثلاً برای سایکروفیل‌ها یا سرما دوست‌ها min دما بین ۵- تا ۵+ درجه است. دمای اپتیمم، ۱۰-۳۰ درجه و دمای max ۴۰-۲۰ درجه است. در بین میکروبیهای سایکروفیل بعضی اجباراً سرما دوست‌اند و برخی به شکل اختیاری سرما دوست هستند که محدوده min و max و اپتیمم فعالیت آنها با هم فرق می‌کند.

سایکروتروف‌ها یا سرماگراها: min دما ۵- تا ۵+ درجه، اپتیمم دما ۳۰-۲۵ درجه، max دما ۴۰-۳۰ درجه است. اگر چه سایکروفیل نیستند ولی می‌توانند در دمای ۷- تا ۰+ فعالیت کنند و در صنایع شیری حائز اهمیت هستند. یک میکروارگانیسم می‌تواند جزء دسته مزوفیل‌ها باشد ولی در عین حال سایکروتروف نیز باشد. مزوفیل‌ها: min دما ۲۵-۵، اپتیمم دما ۴۰-۲۵ درجه، max دما ۵۰-۴۰ درجه است.

ترموفیل‌ها:

۱- اجباری

۲- اختیاری



## ۲ - رطوبت نسبی

ارتباط نزدیکی بین رطوبت نسبی و  $a_w$  وجود دارد که ارتباط دقیقتر آن تحت عنوان رطوبت نسبی تعادل می باشد. اگر به هر نحوی ارتباط ماده غذایی با محیط اطرافش قطع شود بین محیط و ماده غذایی تعادل برقرار می شود که خیلی نزدیک به  $a_w$  ماده غذایی است. تعادلی که بین آب آزاد موجود در ماده غذایی و فشار بخاری که از اطراف ماده غذایی وجود دارد، حائز اهمیت است. به همین جهت رطوبت نسبی ماده غذایی که نگهداری می شود تأثیر مهمی را روی طول دوره نگهداری دارد. بسیاری از تکنیک های مختلف در واقع با هدف جلوگیری از تبادل رطوبت بین ماده غذایی و محیط اطرافش صورت می گیرد. مثلاً دانه های غلات در طول دوره نگهداری خیلی سریع رطوبت اطراف خود را جذب می کنند و بنابراین روی سطح آن خیلی سریع کپک ها قادر به رشدند. یعنی در مورد محیط هایی که دانه غلات نگهداری می شوند لازم نیست که محیط اطراف رطوبت بالایی را داشته باشد، چون خودشان خشکند و سریع رطوبت های جزئی اطراف را جذب می کنند. در حالی که در مورد سبزیجات اگر که رطوبت محیط خیلی بالا باشد حتی امکان رشد باکتریایی که تولید اسلایم می کنند و سطح محصول را نازک می کنند نیز وجود دارد. با توجه به این که همیشه بین ماده غذایی و محیط اطراف آن یک حالت تبادل رطوبت وجود دارد، اینطور نیست که هر چه محیط اطراف ماده غذایی خشک تر باشد برای نگهداری ماده غذایی مطلوب تر است. بسته به خصوصیات شیمیایی ماده غذایی رطوبت نسبی برای نگهداری فرق می کند زیرا اگر فرآورده ای داریم که رطوبت نسبتاً بالایی دارد و در محیط خشک نگهداری شود بدلیل تبادل رطوبت که ماده غذایی با محیط آن دارد رطوبت خود را از دست می دهد، پس سطحش خشک می شود و چروکیدگی و بخشی از وزن خود را از دست می دهد و گاهی چروکیدگی موجب می شود که ایجاد خلل و فرج در سطح محصول شود و همین امر زمینه ساز نفوذ میکروارگانیسم ها بداخل محصول شود. البته وقتی که صحبت از آفات انباری می شود، تقریباً آن چیزی که بصورت کلی بیان می شود این است که در رطوبت های نسبی کمتر از ۴۰٪ تقریباً اغلب آفات انباری قادر به رشد نیستند.

## ۳ - ترکیب گازهایی که در محیط اطراف ماده غذایی وجود دارند

ترکیب این گازها مشخص کننده نوع میکروارگانیسم هایی که می توانند در این مواد غذایی فعالیت داشته باشند، نیز هست. در خیلی از بسته بندی های ماده غذایی، بسته بندی را با یک گاز بی اثر جایگزین هوایی که اطراف ماده غذایی است می کنند که طول دوره نگهداری را افزایش می دهد.

جایگزین کردن گازهای بی اثر با هوای موجود در بسته بندی باعث می شود که مثلاً اگر در یک فرآوری میکروبی هوازی امکان فعالیت داشته باشند، امکان فعالیت برای آنها وجود نداشته باشد.

گاز  $CO_2$  یکی از عمده ترین گازهایی است که روی رشد میکروارگانیسم ها اثر دارد. بسته به میزان  $CO_2$  که در محیط وجود دارد رشد برخی میکروارگانیسم ها متوقف یا کند می شود و رشد دستجات دیگر، از میکروارگانیسم ها

می تواند تقویت و تسریع شود. اگر در محیط ۳٪ CO<sub>2</sub> داشته باشیم باکتریهای هوازی خیلی راحت تر می توانند اکسیژن را جذب و مصرف کنند که به رشد آنها کمک می کند.

در مورد کلستریدیوم اسپروژنز وجود ۱۰۰٪ CO<sub>2</sub> در محیط باعث کمک به رشد و فعالیت آن می شود. بنابراین استفاده از تغییر ترکیب گازهای اتمسفری اطراف ماده غذایی یکی از تکنیکهای نگهداری است.

عامل مؤثر دیگری که روی فعالیت میکروارگانیسم ها بجز عوامل داخلی و خارجی مؤثر است، کشت و واکنش است یا بیماری تأثیر متقابل است که میکروارگانیسم ها بر روی همدیگر دارند.

دو واژه کلی در این مورد بکار می برند.

۱ - تضاد (Antagonism): فعالیت یک میکروارگانیسم منجر به کند شدن فعالیت میکروارگانیسم دیگر یا متوقف شدن آن و یا حتی منجر به مرگ آن می شود.

۲ - همیاری (Symbiosis): نوعی از همکاری را نشان می دهد بین میکروارگانیسم های مختلف که فعالیت یک میکروارگانیسم کمک می کند به فعالیت یک دسته یا یک گروه از میکروارگانیسم های دیگر.

میکروارگانیسم ها یا قوی هستند یا ضعیف. واژه های زیر روابط آنها را به صورت جزئی تر بیان می کند:

Perdation: نوعی ارتباط که میکروارگانیسم قوی باعث صدمه زدن به میکروارگانیسم ضعیف می شود.

Parasitism: زندگی پارازیتی است که میکروارگانیسم ضعیف به شکل انگل و پارازیت از میکروارگانیسم قوی استفاده می کند.

Commensalism: میکروارگانیسم ضعیف از میکروارگانیسم قوی استفاده می کند بدون آنکه تأثیر منفی روی میکروارگانیسم قوی بگذارد.

Amensalism: میکروارگانیسم قوی از میکروارگانیسم ضعیف استفاده می کند و تأثیری بر ضعیف ندارد.

Allotrophy: موجود قوی از موجود ضعیف تغذیه می کند.

Allolimy: فعالیت موجود قوی باعث می شود که موجود ضعیف به لحاظ مواد غذایی در محدودیت قرار بگیرد.

Symbiosis: بهترین نوع همکاری بین دو میکروارگانیسم است که هر دو از فعالیت همدیگر و فرآورده های حاصل از فعالیتشان استفاده می کنند.

Synecrosis: فعالیت هر دو موجب مرگ همدیگر می شود.

Neutrality: نه میکروارگانیسم ها از وجود همدیگر استفاده می کنند و نه ضرری برای هم دارند و نه همکاری می کنند.

در واقع همه این اثرات، چه اثرات مفید و چه اثرات منفی تابعی است از فعالیت متابولیک میکروارگانیسم ها و متابولیت هایی که در طول فعالیت و رشد و تکثیرشان تولید می کنند. در واقع این متابولیت هاست که نشان می دهد

روابط بین میکروارگانیسم‌ها به چه صورت است (همکاری دارند یا ضدیت).

متابولیت‌هایی که توسط میکروارگانیسم تولید می‌شوند دامنه گسترده‌ای از ترکیبات را در بر می‌گیرند مثل مواد ضروری، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی که تولید می‌کنند، ترکیبات بازدارنده تولید شده توسط میکروارگانیسم‌ها که نمونه‌هایی از آن مثل سابتیلین توسط باسیلوس سابتیلیس (*B. Subtilis*) و نایسین که توسط *Str. lactis* تولید می‌شود. آب اکسیژنه توسط برخی میکروارگانیسم‌ها مثل لاکتوباسیل‌ها تولید می‌شود. در بین ترکیبات بازدارنده میکروبی دسته‌ای وجود دارد تحت عنوان باکتریوسین که اثر بازدارندگی آنها محدود است به گونه‌ها یا نژادهایی خودشان و یا گونه و نژادهای نزدیک به خودشان. مثل *colicin* که توسط *E. Coli* تولید می‌شود.

یکی از نمونه‌های خوب همیاری بین میکروارگانیسم‌هایی است که در تولید ماست نقش دارند. در تولید ماست دو میکروارگانیسم هستند که نقش اساسی را بازی می‌کنند:

۱- استرپتوکوکوس ترموفیلوس

۲- لاکتوباسیلوس بولگاریکوس

ماست در واقع محصول تخمیر شیر است توسط این دو میکروارگانیسم.

در طول دوره رشد این دو میکروارگانیسم به خوبی بهم کمک می‌کنند.

بولگاریکوس میکروارگانیسمی است که دارای فعالیت پروتولیتیکی خیلی خوبی است و می‌تواند پروتئین‌های موجود در شیر را مصرف کرده و آنها را تبدیل به ترکیبات از ته ساده‌تر می‌کند. ولی ترموفیلوس این خاصیت را ندارد و از این همزیستی استفاده می‌کند.

ترموفیلوس قادر است اسیدفرمیک را تولید کند که برای رشد بولگاریکوس خیلی لازم و ضروری است. سرعت رشد ترموفیلوس بیشتر از بولگاریکوس است و برای فعالیت بهتر بولگاریکوس بایستی محیط تا حدی اسیدی شود، بنابراین فعالیت ترموفیلوس باعث می‌شود که محیط تا حد ۱٪ اسیدی شود.

در خیلی از موارد این همکاریها همکاریهای مطلوبی برای ما محسوب نمی‌شود (بخصوص به لحاظ نگهداری). مثلاً فراورده‌هایی که pH پایین دارد و در نتیجه برای رشد باکتری‌ها مناسب نیست در اثر فعالیت کپک‌ها که اسید مصرف می‌کنند و آنرا به  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  تجزیه می‌کنند و در نتیجه pH افزایش می‌یابد، افزایش pH، زمینه را برای فعالیت میکروبیها می‌کند که به لحاظ نگهداری خطرناک است.

نمونه تضاد در فرایند تولید سرکه در مرحله اول آن که مرحله تخمیر الکلی است. ایجاد الکل باعث می‌شود که جلوی فعالیت بسیاری از باکتریها گرفته شود و در این شرایط الکلی بالا تنها تعداد محدودی از باکتریها می‌توانند فعالیت داشته باشند.

در بین عواملی که در فساد مواد غذایی نقش دارند عمده ترین آنها میکروارگانیسمها هستند. یکی دیگر از عوامل فساد، آنزیمها هستند.

## عوامل غیر میکروبی فساد مواد غذایی

### فساد غیر بیولوژیک

به غیر از نقش میکروارگانیسمها در فساد، تغییراتی در مواد غذایی رخ می دهد که جنبه میکروبی نداشتند و منشأ شیمیایی و بیوشیمیایی دارد. تغییرات بیوشیمیایی در اثر فعالیت میکروارگانیسمها نیز اتفاق می افتد ولی این بخش تغییرات بیوشیمیایی است که در مواد غذایی رخ می افتد و منشأ میکروبی ندارد.

هر چقدر ما فرایندها و تکنیکهایی را برای کنترل میکروارگانیسمها بکار ببریم ولی باز هم حداقل تغییراتی را مشاهده می کنیم که به علت وجود واکنشهای شیمیایی و بیوشیمیایی است که عمدتاً توسط آنزیمها ایجاد می شود. در طول دوره نگهداری ماده غذایی یکسری تغییراتی ایجاد می شود که منشأ بیولوژیک ندارند. بعنوان مثال تغییراتی که بعد از برداشت در مواد غذایی اتفاق می افتد می تواند به چند دلیل باشد:

۱ - در اثر واکنشهای آنزیمی

۲ - در اثر واکنشهای غیر آنزیمی

۳ - تأثیری که مواد افزودنی و یا ترکیبات آلوده کننده دارند.

این تغییراتی که اتفاق می افتد تا حدی مفیدند مثل تغییراتی که در عطر و طعم پنیر اتفاق می افتد و متجز به بهبود طعم پنیر می شود و یا فرایند تنفس گیاه بعد از برداشت (تنفس میوه جات بعد از برداشت) که منجر به رسیدن میوه می شود.

اگر این تغییرات از حد خاصی فراتر روند خود حالت نامطلوبی می یابند. مثلاً در مورد پنیر اگر ترکیبات مواد عطر و طعم از یک حدی بیشتر تولید شوند، باعث می شود که طعم تلخ و نامطلوبی در پنیر ایجاد شود یا در مورد میوه جات اگر که فرایندی که در میزان رسیدگی مؤثرند از حدی افزایش یابد، بعنوان فرایندهای نامطلوب تلقی می شود.

## آنزیمها (Enzymatic reaction)

آنزیمها مهمترین عامل غیر بیولوژیک اند که در فساد مواد غذایی نقش دارند. بطور کلی مواد غذایی چه منشأ حیوانی و چه منشأ گیاهی داشته باشند مثل ماهی، سبزیجات، گوشت، شیر، غلات زمانی که توسط کارخانه دریافت شوند یا بدست مصرف کننده برسند دارای مقادیری آنزیم هستند.

علاوه بر این مقداری از آنزیمها که وارد مواد غذایی می شوند در اثر فعالیت میکروارگانیسمها می باشد.

در چرخه زندگی طبیعی میکروارگانیسم‌ها آنزیم‌ها نقش زیادی دارند. در اثر وجود آنزیم‌ها، فعل و انفعالاتی در ماده غذایی رخ می‌دهد که باعث یکسری تغییرات در رنگ و بو، طعم و بافت و ارزش‌های غذایی محصول می‌شود که همین تغییرات باعث می‌شود که در طول دوره نگهداری برخی از تغییرات موجب کاهش قابلیت نگهداری محصول شود. بطور کلی خود این اثرات یعنی تغییراتی که در اثر فعالیت آنزیم‌ها ایجاد می‌شود علاوه بر آن که می‌تواند موجب نامرغوب شدن و فساد محصول شود، ممکن است مطلوب نیز باشند و یا باعث بهبود کیفیت اولیه شود و یا خود تغییرات منجر به تبدیل ماده غذایی اولیه به یک ماده غذایی جدید شود با خصوصیات جدیدتر.

بسیاری از روش‌های تهیه مواد غذایی مدیون فعالیت‌های آنزیم‌های طبیعی است که موجب می‌شوند یکسری تغییرات در فیزیولوژی بعد از برداشت گیاه یا ذبح دام صورت گیرد.

در فرایند مواد، از فعالیت آنزیم‌ها در جهت بهبود کیفیت مواد غذایی استفاده می‌شود. حتی به شکل مصنوعی از آنها استفاده می‌شود. آنجائی که این فعالیت‌ها نامطلوب می‌باشد با روش‌های مختلف جلوی آن را می‌گیرند. یکی از روش‌های نگهداری، جلوگیری و کنترل انجام فعالیت‌های آنزیمی است.

آنزیم‌ها به لحاظ ساختمانی، از ۲ بخش پروتئینی (آپوآنزیم) و غیر پروتئینی که در واقع فعال کننده فعالیت آنزیمی یا Activator است که یا منشأ معدنی دارند که کو-کتور می‌گویند و یا منشأ آلی دارند که اصطلاحاً کوآنزیم گفته می‌شود، تشکیل شده‌اند. بطور کلی آنزیم‌ها، کاتالیزورهای بیولوژیکی هستند. به عبارتی دیگر بدون این که وارد فعل و انفعالات مختلف شوند موجب تسریع واکنش‌های بیوشیمیایی می‌شوند.

یکی از ویژگی‌های آنزیم‌ها اینست که آنزیم‌ها به دلیل آنکه بخش اعظم ساختمان آنها پروتئینی است، در مقابل حرارت حساس هستند و در اغلب موارد به سرعت از بین می‌روند. البته بخش غیر پروتئینی آنزیم‌ها مقاومت حرارتی بالاتری دارد.

نکته دیگر آنکه آنزیم‌ها مثل همه کاتالیزورها روی سرعت واکنش اثر می‌گذارند و روی میزان تغییرات شیمیایی و بیوشیمیایی اثر چندانی ندارد. بنابراین در مقایسه آنزیم‌ها با سایر کاتالیزورها ۲ تفاوت اساسی قابل مشاهده است.

- ۱- بدلیل ماهیت پروتئینی که دارند در برابر حرارت حساسند و خیلی زود غیرفعال می‌شوند.
- ۲- برخلاف کاتالیزورهای شیمیایی که می‌توانند در تعداد زیادی از واکنش‌ها نقش کاتالیزوری داشته باشند، آنزیم‌ها اختصاصی عمل می‌کنند، یعنی هر آنزیمی در سرعت بخشیدن به یک فعل و انفعال یا یک گروه از فعل و انفعالات نزدیک به هم شرکت می‌کنند. مثلاً لیپاز فقط چربیها را تجزیه می‌کند، کربوهیدرازها فقط کربوهیدراتها را هیدرولیز می‌کنند. حتی در مورد هیدرولیز کربوهیدراتهای مختلف آنزیم‌های اختصاصی برای هر یک داریم. مثلاً برای تجزیه لاکتوز آنزیم لاکتاز، تجزیه ساکارز آنزیم ساکاراز استفاده می‌شود.

در واقع نقشی که آنزیم‌ها در سرعت بخشیدن به فعل و انفعالات بیوشیمیایی در مواد غذایی دارند اینست که هر



واکنشی که می‌خواهد صورت بگیرد نیاز به یک انرژی اولیه دارد که به آن انرژی اکتیواسیون گفته می‌شود، کاری که آنزیم‌ها می‌کنند اینست که این انرژی اکتیواسیون را کاهش می‌دهند.

## مکانیسم عمل آنزیم‌ها

در هر واکنش آنزیمی، غیر از خود آنزیم مؤلفه‌های دیگری نیز وجود دارد.

۱ - سوبسترا "Substrate": ماده اولیه‌ای که در محیط عمل وجود دارد و بایستی به ماده دیگری تبدیل شود.



کاری که آنزیم در تبدیل S به P می‌کند اینست که انرژی اولیه‌ای که سوبسترا نیاز دارد را کاهش می‌دهد.

تعریف فعالیت آنزیم: فعالیت یک آنزیم عبارتست از تعداد مولکولهای سوبسترای که در یک دقیقه توسط یک مولکول آنزیم تغییر شکل پیدا می‌کند.

قابلیت های آنزیم‌ها برای این که موجب فساد در مواد غذایی شوند، وقتی که میزان رطوبت در ماده غذایی بالاست، خیلی بیشتر است ولی در مواد غذایی با رطوبت پائین مثل آرد گندم یا میوه جات خشک شده یا خشکبار نیز هم این مواد غذایی در معرض خطر فعالیت‌های آنزیمی و در نتیجه تغییرات حاصل از فعالیت آنزیم‌ها هستند. اگر بتوان مواد غذایی را یک شرایط مطلوب (از نظر نگهداری) نگه داشت، تعداد محدودی از آنزیم‌ها باقی می‌مانند که می‌توانند در این شرایط مطلوب فعالیت کنند. این آنزیم‌ها عبارتند از آنزیمهای لیپولیتیک، آنزیم لیپوکسیداز (اکسیداسیون چربیها را انجام می‌دهد)، آنزیم فنل اکسیداز که منجر به قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌شود که این تغییرات در میوه‌جات خشک شده یا سبزیجات خشک شده اهمیت زیادی دارد، زیرا موجب تغییر رنگ و طعم می‌شود شدت تغییرات آنزیمی تابع عمدتاً عوامل محیطی (دما، pH، رطوبت) و شرایط فیزیکی محصول (بافت ماده غذایی) است.

## عوامل مؤثر در فعالیت آنزیم‌ها (برخی عوامل اصلی)

### ۱ - غلظت سوبسترا

افزایش میزان سوبسترا در محیط تا حدی باعث افزایش فعالیت‌های آنزیمی می‌شود ولی از آن حد بیشتر هر چقدر که غلظت سوبسترا بیشتر شود فعالیت آنزیمی دیگر بیشتر نخواهد شد و ثابت باقی می‌ماند. اگر افزایش غلظت سوبسترا ادامه پیدا کند ممکن است اثر بازدارندگی داشته باشد و موجب کاهش فعالیت آنزیمی شود.

### ۲ - مدت زمان تماس بین آنزیم و سوبسترا

برای این که آنزیم بتواند بطور کامل نقش خود را ایفا کند باید زمان واکنش کافی باشد. این زمان بسته به نوع واکنش‌ها فرق می‌کند مثلاً در روش‌های آنزیمی تهیه دکستروز از نشاسته زمان لازم ۹۶ - ۴۸ ساعت است.

### ۳ - درجه حرارت

بسته به نوع آنزیم و مقاومتی که آنزیم در مقابل درجه حرارت دارد افزایش درجه حرارت تا حدی موجب افزایش فعالیت آنزیمی یا سرعت واکنش آنزیمی می شود. این حد تا آنجائی است که این حرارت موجب تخریب ماهیت پروتئینی آنزیم می شود. بسیاری از آنزیمها به ازاء افزایش هر  $10^{\circ}\text{C}$  در محیط عمل سرعت واکنش آنها ۲ برابر می شود.

### ۴ - pH محیط

هر آنزیمی در حضور سوبسترا مخصوص به خود در یک pH خاصی دارای حداکثر فعالیت است که این pH خاص را pH اپتیمم می گویند. فعالیت آنزیم در طرفین این pH اپتیمم (کمتر یا بیشتر) کاهش پیدا می کند. بجز این عوامل که عمدتاً محیطی هستند ۲ عامل دیگر نیز در فعالیت های آنزیمی مؤثرند:

۱ - وجود فعال کننده ها: یونهای فلزی باعث تشدید فعالیت های آنزیمی می شود.

۲ - وجود مهار کننده ها: باعث کاهش یا توقف فعالیت های آنزیمی می شود.

فعالتهای آنزیمی به دو دسته تقسیم بندی می شود:

۱ - فعالیت های مطلوب

۲ - فعالیت های نامطلوب

فعالتهای مطلوب هم می توانند در اثر فعالتهای آنزیمهای طبیعی موجود در ماده غذایی باشد و هم در اثر اضافه کردن آنزیمها به شکل مصنوعی باشد، برای آنکه به یکسری تغییرات مطلوب در فرآورده برسیم. نمونه های استفاده از آنزیمهای مصنوعی که با هدف بهبود کیفیت ماده غذایی استفاده می شود:

۱ - استفاده از پروتئازهای مختلف در نرم کردن یا ترد کردن گوشت

اگر به گوشت هیچ ماده ای اضافه نشود، وجود آنزیمهای پروتئولیتیک که باعث تجزیه پیوندهای پروتئینی می شوند بعد از انجام عملیات ذبح و به شرط آنکه گوشت در شرایط مناسب و مطلوب فعالیت آنزیمی نگهداری شود، موجب نرم و ترد شدن گوشت می شود و سبب می شود که گوشت بازار پسندی بهتری داشته باشد. ولی به یک نکته بایستی توجه نمود که شرایط مطلوبی که برای فعالیت مناسب آنزیمها ایجاد می شود به نوعی مناسب فعالیت میکروارگانیسم نیز می باشد. کاری که در صنعت صورت می گیرد این است که با استفاده از پروتئازهای مصنوعی کار نرم و ترد کردن گوشت را با سرعت بیشتری انجام می دهند.

آنزیم های نرم کننده Tenderizer: اگر تندریرها را روی سطح گوشت بمالند فقط اثر نرم کنندگی در قسمت های سطحی خواهد بود. ولی در ابعاد صنعتی یا نیمه صنعتی برای آنکه بتوان همه قسمت های گوشت را نرم کنند، از دستگاههایی که تعداد زیادی سوزن به آن متصل است استفاده می کنند (Multi needle) و ترکیبات آنزیمی را به

داخل گوشت تزریق می‌کند تا در تمام قسمت‌های گوشت پخش شود.

راه دیگر آن است که به دام قبل از کشتن آن این آنزیم‌ها را تزریق می‌کنند که در تمام بافت گوشت پراکنده شود.

## ۲ - استفاده از آنزیم‌ها در رساندن میوه جات و سبزیجات

در فرایند رسیدن میوه‌جات و سبزیجات و تغییرات مطلوبی که در این فرایند ایجاد می‌شود، آنزیم‌ها نقش اساسی ایفا می‌کنند. در خیلی موارد برای آن که قابلیت نگهداری آنها را افزایش دهند، کار برداشت را زودتر از موعد انجام می‌دهند و هر زمانی که نیاز ارائه این محصولات به بازار وجود داشته باشد، با قرار دادن آنها در شرایطی مناسب و مساعد، باعث نرم شدن و خوش عطر شدن و شیرین شدن محصولات می‌شوند. در این کار (رساندن مصنوعی) بجز شرایطی که برای فعالیت آنزیم‌ها بایستی ایجاد شود، از ترکیبات دیگر نیز می‌توان استفاده نمود. از جمله آنها، استفاده از اتیلن است که خود یک نوع هورمون گیاهی محسوب می‌شود و نقش آن اینست که شدت تنفس در محصولاتی مثل موز، هلو و گلابی افزایش پیدا می‌کند. در نتیجه این روند، رسیدن میوه نیز تسریع می‌شود. تغییراتی که آنزیم‌ها در فرایند رسیدن میوه‌جات و سبزیجات ایجاد می‌کنند، مواردی مثل تجزیه کلروفیل است که باعث می‌شود رنگ سبز میوه جات مختلف مثل موز، هلو، گلابی، گوجه فرنگی، لیمو زایل شود و رنگهای زرد، نارنجی و قرمز آشکار شود.

از جمله تغییرات آنزیمی دیگر، تجزیه ترکیبات پکتیکی است که به نرم شدن محصول کمک می‌کند و دیگری تبدیل مواد نشاسته‌ای به ترکیبات قندی است که موجب شیرین شدن محصول می‌شود.

## ۳ - استفاده از آنزیم‌های پروتئولیتیک مثل رنین (Rennin یا Rennet)

در تهیه پنیر، رنین سبب تجزیه کازئین می‌شود که منجر به لخته شدن ترکیبات شیر می‌شود.

## ۴ - استفاده از برخی آنزیم‌ها در اصلاح و بهبود کیفیت آرد در صنایع نانوائی

مثل استفاده از آنزیم‌هایی که باعث تجزیه کارتنوئیدها می‌شود و در نتیجه آرد روشن‌تر می‌گردد.

## ۵ - استفاده از آنزیم‌های پکتیکی Pectic Enzyme

نام عمومی آنها پکتیناز می‌باشد و در شفاف‌سازی (clarification) استفاده می‌شود. آنزیم‌های پکتیکی وقتی به ترکیبات پکتیکی که عامل کدورت در آبمیوه‌جات هستند، حمله می‌کنند عوامل کدورت حالت کلوتیدی و معلق خود را از دست می‌دهند و رسوب می‌دهند که رسوبها را فیلتر می‌کنند و آبمیوه شفاف‌تری بدست می‌آید.

## فعالیت‌های نامطلوب آنزیمی

۱ - ادامه تبدیل مواد نشاسته‌ای به قندی

۲ - ادامه تجزیه ترکیبات پکتیکی

۳ - تجزیه ترکیبات چرب

۴ - تهیه‌ای شدن آنزیمی

در این رابطه دو مسئله مهم وجود دارد:

۱ - اگر فعالیت‌های آنزیمی از حد و اندازه خود بیشتر شوند، نامطلوب خواهند بود.

۲ - برخی از فعالیت‌های آنزیمی در یک محصول خاص ممکن است مفید و در محصول دیگر یا سایر محصولات نامطلوب تلقی گردد.

### ۱ - ادامه تبدیل مواد نشاسته‌ای به قندی

مربوط به کاری است که در فرایند رسیدن میوه‌جات و سبزیجات انجام می‌شود. در مورد میوه‌جات تا زمانی که این تبدیل تا مرحله‌ای ادامه پیدا کند که موجب رسیدگی، شیرین شدن و آبدار شدن میوه‌جات شود مطلوب است. ولی اگر بیشتر از این ادامه یابد، بعنوان یک فرایند نامطلوب شناخته می‌شود.

علاوه بر این بسته به آن که چه فرایندی روی محصول بخواهیم انجام دهیم، میزان تجزیه مواد نشاسته‌ای و تبدیل آن به مواد قندی مهم تلقی می‌شود. مثلاً در مورد تهیه کنسرو نخود فرنگی هر چقدر تبدیل مواد نشاسته‌ای بیشتر انجام شود، محصول از آن سفتی مناسب برخوردار نخواهد بود و در مقابل فرایند حرارتی بافت آن را خواهد شد.

### ۲ - تجزیه ترکیبات پکتیکی

موجب نرم شدن بیش از حد محصول می‌شود. در محصولاتی که می‌خواهند تحت فرایند حرارتی قرار گیرند، هر چه این تجزیه بیشتر صورت گیرد، نامطلوب تر است.

در فرایند تهیه رب، خرد کردن گوجه باعث تشدید فعالیت آنزیم‌های پکتیکی می‌شود و هر چه بیشتر فعال شوند از قوام ربی که بدست می‌آید کاسته می‌شود، بنابراین بلافاصله بعد از مرحله خرد کردن یک مرحله حرارتی برای از بین بردن این آنزیم‌ها انجام می‌گیرد. البته حرارت دادن برای افزایش راندمان عصاره‌گیری نیز صورت می‌گیرد.

### ۳ - تجزیه ترکیبات چرب

بافت‌های گیاهی و حیوانی در اثر فعالیت آنزیم‌های لیپولیتیک در طول دوره نگهداری تجزیه می‌شوند. در مورد محصولاتی مثل شیر و فراورده‌های شیری در اثر فعالیت این آنزیم‌ها مشکل ایجاد می‌شود.

### ۴ - تهیه‌ای شدن آنزیمی

عمدتاً بعد از پوست‌گیری یا در اثر صدمات مکانیکی رخ می‌دهد. این واکنش‌ها را تقریباً در همه موارد نامطلوب تلقی می‌کنیم. بجز چای که برای رسیدن به رنگ تهیه‌ای مطلوب خرد کردن برگ سبز چای انجام می‌شود.

## علل عدم انجام واکنش‌های آنزیمی

۱ - جدا بودن آنزیم و سوبسترا

۲ - وجود آنزیم بصورت پیش آنزیم

۳ - نامناسب بودن شرایط عمل

در بسیاری از مواد غذایی بخصوص در بافتهای دست نخورده آنزیمها فعال نیستند.

۱ - آنزیم و سوبسترا گرچه در داخل بافت ماده غذایی وجود دارند ولی از هم دور و جدا هستند. برخی آنزیمهای طبیعی بعلاوه جدا بودن از سوبسترا غیر فعال هستند. مثلاً آنزیم‌های گندم در دانه گندم بیشتر در قسمت نطفه هستند و به مقدار کمی نیز در لایه آلرون وجود دارد، در حالیکه سوبسترای عمده‌ای که می‌بایست آنزیم روی آن اثر کند در قسمت اندوسپرم وجود دارد. بنابراین مادام که دانه گندم ساختمان بهم نخورده‌ای داشته باشد، آنزیم‌ها غیر فعالاند ولی زمانی که در اثر خرد کردن بافت آن بهم می‌خورد امکان فعالیت‌های آنزیمی مهیا می‌شود.

۲ - گاهی آنزیم در محیط عمل به شکل پیش آنزیم می‌باشد. مثلاً در معده انسان آنزیم پپسین که آنزیمی فعال است در وهله اول به صورت پپینوژن است که در اثر شرایط اسیدی معده و حضور HCl به پپسین تبدیل می‌شود که این پپسین است که فعالیت آنزیمی را سبب می‌شود.

۳ - گاهی آنزیم و سوبسترا هر دو وجود دارند اما شرایط عمل مناسب نیست. مثلاً در بافتهای زنده که آنزیمهای پروتولیتیک روی آن اثر نمی‌کنند، اساساً ممکن است از نظر شیمیایی قادر به تجزیه بافت خود نباشند و یا آن که ممکن است یکسری ترکیبات بازدارنده وجود داشته باشد که مانع این فعالیت شوند. در واقع فعالیت برخی آنزیمها مثل آنزیمهای اکسید کننده مانند پلی فنل اکسیدازها و یا پراکسیدازها و اسید آسکوربیک اکسیداز نیز ممکن است مختل شود. چون ممکن است شرایط داخلی سلول در بافت‌هایی که بطور عادی تنفس می‌کنند به اندازه‌ای احیاء کننده باشد که نه اکسیژن و نه حتی آب اکسیژنه قادر به تجمع در این بافتها نیستند. مادام که بافت دست نخورده است امکان فعالیت این آنزیمها وجود ندارد. در واقع وقتی در اثر ضربه مکانیکی یا پوست‌گیری بافت آنها بهم می‌خورد، شرایط احیاء کننده داخل سلول بهم می‌خورد و امکان فعالیت آنزیم مهیا می‌شود.

## روش‌های جلوگیری از فعالیت آنزیمها

۱ - روش‌هایی که باعث تأخیر یا کند شدن فعالیت آنزیم می‌شوند

الف) مهم‌ترین آن نگهداری مواد غذایی در درجه حرارت پایین است که این نگهداری سبب می‌شود که مثلاً در مورد میوه‌جات، علاوه بر آنکه زمان رسیدن میوه‌جات به تأخیر افتد، فعالیت‌های آنزیمی نیز متوقف شود.

معمولاً این نگهداری‌ها در درجه حرارت نزدیک به انجماد است، مگر آنکه محصولی را که نگهداری می‌کنند

نسبت به شرایط سرما حساس باشد که در این صورت آنرا در درجه حرارت بالاتر نگهداری می‌کنند.

در مورد سبزیجات بر خلاف میوه جات محدودیت دمای پایین را خیلی کمتر داریم. زیرا عمدتاً میوه جات را بصورت تازه خوری مصرف می‌کنیم و بافت آن خیلی مهم است پس آنرا کمتر بصورت منجمد نگهداری می‌کنند. عمدتاً سبزیجات برای آنکه می‌بایست موقع مصرف طبخ شوند و صدمات فیزیکی حاصل از انجماد خیلی مهم نیست، محدودیت کمتری دارند.

پس در میوه جات، می‌بایست از دمای بالای صفر استفاده کرد ولی در مورد سبزیجات می‌توان در مورد خیلی از آنها از دمای انجماد استفاده کرد ولی انجماد هم نمی‌تواند به شکل کاملی مانع فعالیت‌های آنزیمی شود.

در مورد محصولات می‌توان آنها را حرارت داد مثل نخودفرنگی، این کار صورت می‌گیرد و آنزیم‌ها را غیر فعال می‌کنند که این فرایند حرارتی اولیه را Blanching می‌گویند. سپس می‌توان محصول را منجمد و نگهداری نمود. (ب) خشک کردن محصول: اگر به نوعی رطوبت محصول را از آن جدا نمائیم می‌توان مانع انجام فعالیت‌های آنزیمی یا به تأخیر انداختن آنها شد.

خشک کردن به تنهایی نمی‌تواند مانع فعالیت‌های آنزیمی گردد. چون طبیعت خشک کردن محصولات حد و حدودی دارد و در محصول نهایی همیشه مقداری رطوبت باقی می‌ماند و آنزیم‌ها قادر به فعالیت در آن هستند. بی‌آب کردن کامل امکان‌پذیر نیست با در خیلی از موارد ضروری یا مقرون به صرفه نیست.

پس می‌بایست روش‌های دیگری را نیز اعمال نمود. یکی از روشهایی که در مورد خشکبار، عمدتاً خشکیار میوه‌جات، صورت می‌گیرد استفاده از روش دود دادن با گوگرد است.

یکی از نقش‌های دود دادن، از بین بردن آنزیم است. حتی در مورد محصولاتی که میزان رطوبت آنها خیلی پایین است (سیب زمینی) باز هم در طی فرایند خشک شدن آن که تدریجی است بایستی آنرا قبل از خشک کردن بلانچ کرد و یا از ترکیبات گوگردی محلول (سطح محصول از تماس با آنزیم‌ها دور باشد) استفاده نمود.

گوگرد یک ترکیب احیا کننده است که جلوی فعالیت آنزیم‌های قهوه‌ای شدن را می‌گیرد.

(ج) تلاش در جهت نگهداری محصول خام از صدمات فیزیکی یا صدمه توسط حشرات و سرما و... راه دیگری است. زیرا وقتی بافت صدمه می‌بیند خیلی راحت در معرض فعالیت‌های آنزیمی قرار می‌گیرد.

## ۲ - استفاده از حرارت

(الف) از بین بردن آنزیم پکتیناز موقع تهیه رب گوجه فرنگی برای جلوگیری از تجزیه مواد پکتینی که باعث قوام رب می‌شود.

(ب) استفاده از حرارت قبل از فرایندهایی که برای تهیه کمپوت استفاده می‌شود (Blanching) که معمولاً برای محصولات پوست‌گیری شده و جلوگیری از تغییر رنگ آنها استفاده می‌شود.

ج) نبل از انجماد میوه‌جات و سبزیجات نیز از حرارت اولیه "Blanching" استفاده می‌شود.  
 د) استفاده از ترکیبات بازدارنده فعالیت آنزیم‌ها که استفاده آنها مجاز است مثل ترکیبات گوگردی (محلول یا گاز)، محلول اسیداسکوربیک، برای جلوگیری از انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن در محصولات پوست‌گیری شده، ترکیبات گوگردی خاصیت رنگبری دارند که آنتوسیانین‌ها را بیرنگ می‌کند.

### ۳ - تغییر pH محیط

از اسیدسیتریک یا اسیداستیک می‌توان برای کاهش pH استفاده نمود که اثر کنترل فعالیت‌های آنزیمی را دارد.  
 ۴ - حذف اکسیژن از محیط نگهداری ماده غذایی یا استفاده از بسته‌بندی‌هایی که دسترسی اکسیژن را به ماده غذایی غیر ممکن کند و یا برخی روشهای موقت برای حذف اکسیژن محیطی مثل قرار دادن محصول در آب، آب نمک (بعلت نقش کلر مدت نگهداری طولانی‌تر از آب)، شربت و یا استفاده از بسته‌بندی‌های تحت خلأ.

## کاربرد آنزیم‌ها در آزمایشات کنترلی

### ۱ - آنزیم فسفاتاز قلیائی

در کنترل کفایت فرایند پاستوریزاسیون شیر استفاده می‌شود. در پاستوریزاسیون اساس، از بین رفتن مقاوم‌ترین میکروب بیماریزاست. در گذشته میکروب مایکو، باکتریوم توبرکلوسیس "*Mycobacterium tuberculosis*" بعنوان شاخص پاستوریزاسیون بوده است. بعدها مشخص شد که میکروبی مقاوم‌تر بنام *coxiella burneti* وجود دارد. مقاومت آنزیم فسفاتاز قلیائی در مقابل حرارت بسیار نزدیک به این میکروب است. پس اگر تستی صورت بگیرد که نشان بدهد در شیر این آنزیم وجود دارد، نشان دهنده عدم کفایتی این فرایند می‌باشد.

### ۲ - آنزیم پراکسیداز

یکی از آنزیم‌های بسیار مقاوم است در محصولات مختلف. مثلاً در میوه‌جات قبل از فرایندهایی مثل خشک کردن و کنسرو کردن که عمل بلانچینگ صورت می‌گیرد، یکی از شاخص‌های کفایت عمل Blanching، تست آنزیم پراکسیداز است که اصطلاحاً تست «گایاکول» نیز گفته می‌شود.

### ۳ - آنزیم ردوکتاز

بنای تست، احیای متیلن بلواست که در مورد تخمین جمعیت باکتریائی اولیه موجود در شیر خام است.

## فعالیت‌های متابولیک (Metabolic activity)

میوه‌جات و سبزیجات بعنوان سلولهای زنده‌ای هستند که یکسری فعالیت‌های حیاتی خود را برای مدت زمانی ادامه می‌دهند. این مدت زمان بسته به شرایطی است که در آن نگهداری می‌شوند و به سن محصول در موقع برداشت

نیز بستگی دارد. به عبارتی اگر محصول برداشت شده نارس باشد، و در شرایط نامساعد قرار گیرد، طول دوره فعالیت‌های متابولیکی آن طولانی‌تر خواهد بود.

هدف، محدود کردن یا به تأخیر انداختن فعالیت‌های متابولیک و طولانی نمودن دوره نگهداری ماده غذایی می‌باشد.

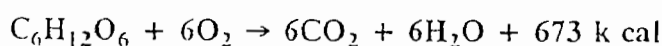
عمده‌ترین فعالیت متابولیکی در میوه جات و سبزیجات بعد از برداشت تنفس است که چند تغییر عمده صورت می‌گیرد:

۱ - تنفس منجر به تجزیه مواد آلی میشود و در نتیجه باعث می‌شود که مواد ذخیره‌ای که در گیاه است، مقدارش کاهش یابد.

۲ - سنتز رنگدانه‌ها در حین فعالیت‌های تنفسی که در رسیدگی محصول نقش مهمی دارند. نوع فعالیت‌های متابولیکی و شدت آنها به نوع محصول (فیزیولوژی محصول) و شرایط نگهداری بستگی دارد. فعالیت‌های متابولیک در میوه جات و سبزیجات خیلی بیشتر از محصولاتی مثل دانه غلات، حبوبات و یا محصولات غده‌ای مثل پسته و سیب‌زمینی است.

در بافتهای گیاهی پس از ایجاد یکسری تغییرات و رسیدن به مرحله رسیدگی کامل، مرحله پیری و مرگ یاخته‌ها اتفاق می‌افتد و محصول کیفیت خود را از دست می‌دهد.

در تنفس اکسیده شدن قندهای ساده مثل قندهای ۶ کربنه و تبدیل آن به  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  اتفاق می‌افتد.



منابع ذخیره‌ای موجود در گیاه در اثر فعالیت تنفسی تجزیه شده و عمدتاً بصورت انرژی حرارتی به محیط اطراف پس داده می‌شود.

معمولاً برای انجام فعالیت‌های تنفسی اکسیژن به مقدار کافی در دسترس می‌باشد مگر آنکه شرایط خاصی را بوجود آوریم، مثلاً استفاده از بسته‌بندی خاصی که دسترسی به اکسیژن را محدود کند.

میزان فعالیت تنفسی میوه جات و سبزیجات با فاکتوری بنام «شدت تنفس» سنجیده می‌شود که بیانگر میزان مصرف مواد قندی، یا میزان مصرف اکسیژن و یا تولید  $\text{CO}_2$  و حرارت است.

شدت تنفسی را بر حسب میزان  $\text{CO}_2$  که توسط ۱ kg محصول در واحد زمان (ساعت) تولید می‌شود بیان می‌کنند. مثلاً  $\text{CO}_2$  mg تولید شده توسط ۱ kg محصول در یک ساعت.

در بین میوه جات و سبزیجات روند و شدت فعالیت‌های تنفسی متفاوت است بر این اساس تقسیم‌بندی خاصی در مورد شدت تنفسی صورت می‌گیرد:

۱ - محصولات Climacteric



## ۲ - محصولات non - climacteric

Climacteric ها: میوه جات و سبزیجاتی هستند که در طول دوره رشد آنها (چه روی درخت و چه ادامه فعالیت های رشد زمانی که از درخت یا گیاه جدا شده) مرحله ای وجود دارد که شدت تنفس در آن مرحله به اوج خود می رسد و اصطلاحاً به نقطه بحرانی می رسد. در این نقطه اوج و بحرانی از تنفس سایر فعالیت های دیگر مثل سنتز رنگدانه ها و رسیدن محصول نیز اتفاق می افتد. نمونه های این محصولات گوجه فرنگی، زرد آلو، موز، هلو، گلابی، انبه (mango).  
non - climacteric ها: در طول دوره رشد خود نقطه بحرانی ندارند و معمولاً شدت تنفسی حالتی نسبتاً ثابت دارد، بخصوص اگر شرایط محیطی شرایط ثابتی باشد. نمونه های آن: خیار، انجیر، گیلاس، لیمو، انگور، هندوانه، پرتقال، توت فرنگی و آناناس.

وقتی محصول صدمه می بیند، شدت تنفس نیز افزایش می یابد. در مورد محصولاتی که دارای غلاف هستند، وقتی از غلاف خارج می شوند شدت تنفس آنها به شدت زیاد می شود. وقتی بافت محصولی بهم می خورد دسترسی بافتها به اکسیژن بیشتر می شود و یکسری فعل و انفعالات تشدید می شوند.

در مورد محصولات climacteric، در بحث نگهداری، به تأخیر انداختن نقطه بحرانی حائز اهمیت است زیرا این نقطه بحرانی نشان دهنده رسیدگی مطلوب و کامل است و بعد از این مرحله فعالیت های تنفسی شروع به کاهش می کند و همراه با این کاهش ویژگی های ارگانولپتیکی محصول مثل عطر و طعم نیز شروع به کاهش می کند. پس اگر میزان  $CO_2$  تولید شده در محیط نگهداری را کنترل نمائیم و ثبت نمائیم نشان می دهد محصول چه موقع به نقطه بحرانی می رسد و رسیده می شود که باید آنرا به سرعت روانه بازار کرد.

## عوامل محیطی مؤثر در شدت تنفسی محصول

## ۱ - درجه حرارت محیط

درجه حرارت های بالا و پایین، هر دو می توانند فیزیولوژی گیاه را بهم بزنند. معمولاً حد بالای این حرارتها  $^{\circ}C$  ۳۰-۳۵ است و حد پایین متغیر است. برخی محصولات حساس تر به سرما هستند. مثلاً موز به دماهای پایین حساس است. سیب زمینی و پیاز را می توان برای مدت های طولانی در دماهای زیر صفر نیز نگهداری نمود.

بطور کلی با افزایش درجه حرارت، شدت تنفس نیز افزایش می یابد. کاری که در مورد محصولات climacteric انجام می گیرد این است که با کاهش درجه حرارت زمان رسیدن به دوره بحرانی را به تأخیر می اندازند.

۲ - غلظت  $O_2$  و  $CO_2$ 

در هوای معمولی ترکیبی نسبتاً ثابت از این دو وجود دارد که درصد اکسیژن ۲۱٪ و  $CO_2$  موجود حدود ۰٫۰۳٪ است. کاهش اکسیژن محیط و افزایش  $CO_2$  محیط سبب کاهش شدت تنفس می شود.

برای کاهش شدت تنفس حذف اکسیژن مطلوب نیست، زیرا گیاه در صورت حذف اکسیژن مکانیسم دیگری را انتخاب می‌کند و آنهم تنفس غیر مولکولی بی‌هوازی است یعنی اکسیژن مورد نیاز خود را از محیط نمی‌گیرد و ترکیبات دیگری بوجود می‌آید مثل الکل اتیلیک، استالیدی. بنابراین وقتی با استفاده از کاهش اکسیژن شدت تنفس را کاهش دهیم بایستی به این مسئله توجه نمود.

در مورد افزایش  $CO_2$  نیز بایستی توجه نمود که اگر غلظت  $CO_2$  از یک حدی خیلی افزایش پیدا کند، باعث صدمه زدن به بافت می‌شود که این نوع صدمه را اصطلاحاً  $CO_2$  injury (صدمه حاصل از مقادیر زیاد  $CO_2$ ) می‌گویند. حتی در اثر تنفس طبیعی محصول در انبار یا سردخانه و... گاه ممکن است غلظت  $CO_2$  را در اطراف ماده غذایی تجمع کرده به اندازه‌ای برسد که نه تنها سبب کاهش شدت تنفس می‌شود، بلکه موجب صدمه زدن به خود محصول نیز می‌شود. البته این حالت بیشتر در مواقعی اتفاق می‌افتد که به شکل مصنوعی از غلظت‌های زیاد  $CO_2$  استفاده شود.

### ۳ - میزان اتیلن

اتیلن نوعی هورمون گیاهی است که به شکل طبیعی در فرایند فیزیولوژی گیاهان تولید می‌شود و در رسیدن میوه‌جات و سبزیجات نقش مؤثری دارد. در تجزیه کلروفیل و ظاهر شدن رنگهای ویژه میوه جات (زرد و نارنجی) نقش دارنده و همچنین سبب می‌شود که در محصولات climacteric شدت تنفس آنها افزایش یابد و در واقع رسیدن به نقطه بحرانی را تسریع می‌کند.

در سبزیجات و میوه‌جات از اتیلن به شکل مصنوعی نیز استفاده می‌شود. یعنی محصولاتی در تابستان به شکل نارس برداشت می‌شود و بعد از نگهداری آنها در زمان مطلوب مقداری گاز اتیلن را در انبار یا سردخانه نگهداری وارد می‌کنند تا مسأله رسیدگی و سنتز رنگدانه‌ها سرعت پیدا کند.

با وجود آنکه کاهش درجه حرارت باعث کاهش فعالیت‌های فیزیولوژیک و کاهش شدت تنفس می‌شود، ولی مقاومت محصولات مخالف نسبت به درجه حرارت پایین متفاوت است، مثلاً محصولاتی مثل سیب و پرتقال به دمای  $3-4^{\circ}C$  مثلاً مقاوم هستند. در حالی که همین دما برای محصولاتی مثل موز و لیمو نامطلوب هستند و دچار سرمازدگی می‌شود.

در طول دوره نگهداری میوه جات و سبزیجات پدیده‌ای دیگر اتفاق می‌افتد بنام پدیده تعرق "Sweating" که بطور کلی پدیده‌ای سطحی است.

تعرق: عبارتست از، از دست دادن آب توسط بانتهای سطحی سبزیجات در طول دوره نگهداری آنها. مقدار از دست رفتن آب به سطح محصول و ساختمان محصول بستگی دارد.

این مسئله بخصوص در سبزیجات برگی که سطح بزرگی دارند، بیشتر حائز اهمیت است و اثر زیادی روی کیفیت

محصول دارد. علت تأثیر منفی که روی کیفیت محصول دارد اینست که در اثر بروز این پدیده ۲ مشکل عمده ایجاد می شود:

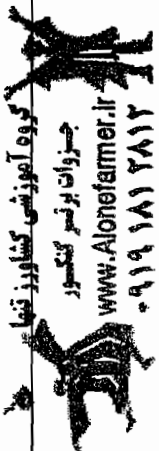
اولاً: به دلیل انباشته شدن رطوبت به شکل قطرات روی سطح محصول امکان فعالیت باکتریها و کپکها بوجود می آید و در نتیجه فعالیت آنها صدمه به کیفیت محصول وارد می سازد.

ثانیاً: در اثر رطوبت بالا که به واسطه ایجاد پدیده تعرق روی سطح گیاه ایجاد می شود برخی از اعمال فیزیولوژیک گیاه مختل می شود. مثلاً در مورد آلو، این عمل سبب می شود که پوست سطح میوه شکاف و ترک بردارد. البته اگر رطوبت محیط هم از حد و اندازه ای که مطلوب است برای نگهداری، کمتر شود. آنهم سبب می شود که سطح محصول بیش از اندازه خشک شود و محصول چروکیده شود و زمینه برای فعالیت سایر عوامل فساد مهیا شود. برای جلوگیری از تعرق چند کار صورت می گیرد:

- ۱ - سرد کردن محصول بلافاصله پس از برداشت و نگهداری آن در محیط سرد که سبب کاهش میزان تعرق می شود.
  - ۲ - محافظت محصول در مقابل هوای خشک: این که برخی از محصولات را در بسته بندیهای پلاستیکی محافظت می کنند، در جهت آن است که تماس محصول با هوای خشک را به حداقل برسانند.
- البته خود لایه های مومی که استفاده می شود می بایست موجب نشود که کل تبادلات میوه یا سبزی یا محیط اطرافش قطع شود.

برای هر محصولی یک درجه حرارت اپتیمم و یک رطوبت نسبی اپتیمم تعریف می شود که اینها هم بستگی به شدت فعالیت های فیزیولوژیک دارد و هم بستگی به ترکیبات شیمیائی از جمله میزان رطوبت داخل آن دارد. به عبارتی وقتی محصول بطور طبیعی خشک است مثل دانه ها، رطوبت نسبی که لازم دارند به مراتب پایین تر از محصولاتی است که دارای رطوبت های بالا هستند. دمای تعیین شده در مورد محصولات با در نظر گرفتن این نکته است که آیا محصول نسبت به سرما حساس است یا نه.

	درجه حرارت	درصد رطوبت نسبی
موز	۱۳-۴	۸۰-۹۰
کلم	۰-۱	۹۰-۹۵
کاهو	۰-۱	۹۰-۹۵
لیمو	۱۳-۱۴	۸۵-۹۰
پیاز	۰-۱	۷۰-۷۵
گوجه فرنگی	۷-۸	۸۵-۹۰



۱ - موز و لیونیت به سرما حساس هستند. در اثر سرما زدگی پوست موز سیاه می شود.

۲ - رطوبت نسبی با میزان رطوبت داخل محصول هماهنگی دارد. هر چقدر میزان رطوبت داخل محصول بیشتر باشد، میزان رطوبت نسبی در نظر گرفته، بیشتر است، چون حداقل تبادل رطوبتی بین محصول و محیط به وجود می آید.

۳ - رطوبت های نسبی توصیه شده برای نگهداری، نشان می دهد که محیط، محیط مناسبی است برای فعالیت قارچها و به همین جهت است که امروزه در جهت آن که بتوانند این محصولات را به مدت طولانی تر در محیط های سرد و انبارخانه ها نگهداری کنند، معمولاً نگهداری آنها همراه شده با استفاده از سیستم (C.A) Controlled Atmosphere.

در سردخانه های C.A، در جهت طولانی تر کردن دوره نگهداری، میزان اکسیژن محیطی کاهش می یابد و در نتیجه  $CO_2$  افزایش پیدا می کند که خود افزایش  $CO_2$  عامل مؤثری است در جهت جلوگیری از فعالیت قارچها (بجز تأثیری که روی شدت تنفس گیاه دارد).

کاهش بیش از اندازه اکسیژن در این انبارها و افزایش بیش از اندازه  $CO_2$ ، هر دو مضر هستند. توصیه اینست که میزان غلظت اکسیژن از ۱۰٪ پایین تر نیاید.

پس اگر محیطی داشته باشیم که غلظت اکسیژن به ۱۰٪ رسیده باشد و غلظت  $CO_2$  هم به همان مقدار رسیده باشد، می شود اطمینان پیدا کرد که شدت تنفس در گیاه به مقدار کافی کاهش پیدا کرده و از طرفی شرایط آنقدر عاری از اکسیژن نیست که گیاه اجباراً وارد سیکل بی هوازی شود.

بطور کلی، علت استفاده از گاز  $CO_2$  در سردخانه ها اینست که بجز کاهش شدت تنفس اثر ضد قارچی هم دارد. در شرایط انبارهای C.A گیاه به سرما حساس تر می شود، بنابراین توصیه می شود که در این انبارها دما را یک مقدار از دمای انبارهای معمولی بالاتر بیاورند.

برخی محصولات به غلظت های بالای  $CO_2$  حساسند و برخی حساسیتی ندارند. مثلاً توت فرنگی نسبت به غلظت  $CO_2$  خیلی حساس نیست و در غلظت ۲۰٪  $CO_2$  برای مدتهای نسبتاً طولانی نگهداری می شود.

تغییراتی که سبب رسیدگی گیاه می شود، تغییری که در کربوهیدراتها اتفاق می افتد و تبدیل آنها به کربوهیدراتهای ساده تر که سبب شیرینی می شود، کاهش در میزان اسید میوه که منجر به بروز بیشتر مزه شیرینی می شود و تغییراتی که در نهایت منجر به تغییر رنگ محصول می شود جزء تغییرات متابولیک گیاه هستند که روی فساد میوه جات و سبزیجات مؤثرند.

## حشرات و جوندگان

که بطور کلی تحت عنوان آفات انباری نام برده می‌شوند. آفات انباری مثل کرم سیب، شپشه گندم و برنج، مورچه، سوسک، ملخ، موش و... که در حین نگهداری مواد غذایی در انبارها هم سبب آلودگی و هم موجب فساد و تخریب ماده غذایی می‌شوند.

یکی از مشکل‌ترین اعمال در بحث نگهداری، مبارزه با این عوامل می‌باشد.

مشکلی که در ارتباط با حضور این عوامل در دوره نگهداری در انبارها وجود دارد اینست که، مادام که این عوامل در طبیعت وجود دارند در کنار آنها پارازیت‌های مختلفی یک نوع مبارزه طبیعی را با آنها انجام می‌دهند. ولی وقتی به محیطی که ماده غذایی نگهداری می‌شود راه می‌یابند، این پارازیت‌ها وجود ندارند و در کنار آنها مواد غذایی مورد مصرف به وفور و کفایت وجود دارد و جمعیت آنها به شدت رشد می‌کند و زیانهای وارد شده بطور میانگین ۳۰-۱۰٪ محصولات انباری است. در برخی محصولات کشاورزی این آمار حدود ۵۰٪ افزایش پیدا کرده است.

مشکل دیگر، اینست که با توسعه‌ای که تبادلات محصولات مختلف غذایی بین کشورها پیدا کرده خیلی راحت این عوامل آلوده کننده از کشوری به کشور دیگر گسترش می‌یابد.

صدمات وارد شده در ۳ دسته طبقه بندی می‌شوند:

۱ - زیانهای کمی

۲ - زیانهای کیفی

۳ - زیانهای بهداشتی

۱ - زیانهای کمی عمدتاً مربوط به کاهش وزنی است که در اثر مصرف مواد غذایی توسط این آفات انباری به وجود می‌آید. با توجه به این نکته که چرخه زندگی بسیاری از آفات انباری کوتاه است و تکثیر آنها بسیار زیاد می‌باشد، بنابراین در مدت کوتاهی جمعیت آنها زیاد می‌شود.

۲ - زیانهای کیفی در واقع به دنبال زیانهای کمی است. تغییرات کیفی در ویژگی‌های شیمیایی، طعم و مزه و ارزشهای غذایی محصولات انبار شده به وجود می‌آید. مثلاً آردی که تحت تأثیر آفات انباری قرار می‌گیرد تغییر رنگ می‌دهد و گاهی ارزشهای نانوائی خود را تا حدود زیادی از دست می‌دهد.

گاهی زیانهای کیفی به صورت از دست رفتن ویتامین‌ها و مواد باارزش محصول می‌باشد. مثلاً در برنج‌هایی که به حشرات آلوده هستند در مدت نگهداری ۶-۸ ماه، ۱۵-۱۰٪ ویتامین B<sub>1</sub> خود را از دست می‌دهند. در اثر شکستگی دانه‌ها، امکان دسترسی آنزیم به سوبسترا حاصل می‌شود که در نتیجه اسیدپتیه محصول به شدت افزایش پیدا میکند.

۳ - زیانهای بهداشتی: آلوده شدن محصولات به مواد دفعی حشرات و جوندگان و همچنین برخی از مواد ترشحه از آنها، ایجاد اختلالات پوستی و گوارشی می‌کند.

## ضایعات محصول

- ۱ - در حین تولید محصول.
  - ۲ - در ترانسپورت ها یا انتقال به مراکز بزرگتر توزیع.
  - ۳ - در دوره نگهداری: بخشی توسط حشرات، بخشی توسط جوندگان، بخشی توسط میکروارگانیسم ها و بخشی در اثر واکنش های شیمیایی و بیوشیمیایی صدمه می بینند.
  - ۴ - دوره فرایند: در مرحله آماده سازی مثل پوست کردن و... بخشی در اثر فرایندهای ناقص از بین می رود.
  - ۵ - بازار: در دوره نگهداری و مرحله توزیع.
  - ۶ - مصرف کننده:
- روش هایی که برای حفظ و نگهداری مواد غذایی استفاده می شود را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:
- الف - اساس برخی از روش ها، کنترل شرایط محیطی است که:
- ۱ - استفاده از انبارها، یکی از این روش ها است (کاهش اکسیژن و افزایش  $CO_2$ ).
  - ۲ - کنترل دما: نگهداری محصول در سردخانه های بالای صفر یا در شرایط انجماد.
  - ۳ - بسته بندی: جلوگیری از تأثیر عوامل محیطی روی کیفیت محصول.
- ب - اساس دیگر روش ها، کاهش آب قابل دسترس  $a_w$  است.
- ۱ - خشک کردن مواد غذایی (آفتابی - freeze drying)
  - ۲ - بالا بردن غلظت مواد محلول (استفاده از غلظت های بالای شکر، استفاده از نمک در نگهداری برخی محصولات مثل گوشت)
- ج - اساس سرتی دیگر روش ها، استفاده از روش های حرارتی با هدف از بین بردن میکروارگانیسم ها.
- ۱ - انواع روش های مختلف حرارت دادن مواد غذایی.
  - ۲ - فرایندهایی مثل پاستوریزاسیون که محصول یا در داخل بسته بندی است یا بدون بسته بندی.
  - ۳ - پختن یا طیخ غذا.
- روش تخمیر: کمک گرفتن از دستجات خاصی از میکروارگانیسم (میکروارگانیسم های مفید) در جهت نگهداری ماده غذایی.
- روش دود دادن: در جهت خشک کردن
- استفاده از نگهدارنده های شیمیایی در جهت کنترل عوامل فساد
- تشعشع: یا استفاده از اشعه ها با فرکانس های متفاوت که بسته به شدت آنها روی عوامل مختلف فساد مؤثرند.

## نگهداری مواد غذایی با استفاده از حرارت پایین

## Preservation of food by low temperature

Terminology درجه حرارت‌های مورد استفاده را می‌توان در سه گروه

تقسیم بندی نمود:

در واقع ۳ دسته واژه وجود دارد:

۱- استفاده از انبارهای معمولی (Common / cellar storage)

درجه حرارت مورد استفاده در نگهداری ماده غذایی تفاوت‌های فاحشی را با محیط اطراف خود ندارد. این انبارها تجهیزات خاصی را بعنوان سرد کننده در محیط ندارند. تنها ویژگی مورد استفاده در این انبارها (در شکل‌های پیشرفته‌تر) تهویه هواست که نوع تهویه بستگی به امکانات محل دارد. در شرایطی که از تهویه طبیعی استفاده می‌شود، ساخت این انبارها در نقاطی بادگیر صورت می‌گیرد و با تعبیه پنجره‌ها در نقاط مختلف امکان تهویه طبیعی و تا حدی کاهش دمای داخل انبار ایجاد می‌شود. در شکل‌های پیچیده‌تر و پیشرفته‌تر از تهویه مصنوعی استفاده می‌شود، برای آن که گرما و گازهای حاصل از تنفس محصول در محیط نگهداری را خارج کنند.

ساده‌ترین شکل این انبارها، سبب خانه هاست که در مناطق کوهستانی ساخته می‌شود و میوه جات مختلف را تا چند ماه براحتمی می‌توان نگهداری نمود.

شکل بهتر این انبارها، سیلوهای گندم و چغندر است. مهم‌ترین کار انجام شده در سیلوه‌ها اینست که دیواره‌های ضخیمی که این سیلوه‌ها دارند، مانع از تبدلات حرارتی با محیط می‌شود. تهویه کار مهمی است که صورت می‌گیرد که شامل تهویه فضای خالی بالای سیلو و تهویه داخل خود محصول می‌باشد. کار تهویه داخل محصول را با جابجا کردن محصول از یک سیلو به سیلوی دیگر و تخلیه آن انجام می‌دهند. در مورد سیلوه‌های چغندر قند، سیلوه‌ها دارای دیواره‌های سیمانی ضخیم هستند. برای تهویه چند فن تعبیه شده است که فن‌ها گرمای حاصل از تنفس چغندر را که شدید است به خارج منتقل می‌کنند.

همین مسئله باعث می‌شود که قابلیت نگهداری چغندر‌ها در این سیلوه‌ها بیشتر از محیط‌های باز باشد. محصولات ریشه‌ای مثل سیب‌زمینی، پیاز و محصولات مثل سیب و کلم را بسته به آن که دمای انبارها چقدر باشد می‌توان تا چند ماه نگهداری نمود. در نتیجه در این انبارها نه کنترل دما و نه کنترل رطوبت وجود دارد و تنها شرایط محیطی است که به نگهداری محصول کمک می‌کند.

## Chilling

عمدتاً اشاره به روش‌هایی دارد که با استفاده از عوامل سرد کننده (مکانیکی - شیمیایی) دما را در محیط سردخانه‌ها تا حدود کمی بالاتر از دمای انجماد می‌توان کاهش داد.

این روش در مورد برخی محصولات بعنوان روش اصلی نگهداری تلقی می‌شود و در مورد برخی محصولات یک روش مقدماتی نگهداری است. کار عمده، تأخیری است که در فعالیت‌های میکروارگانیسمی و آنزیمی ایجاد می‌شود. برای انواع محصولات که منشأ دامی دارند مناسب است.

### Freezing

نگهداری مواد غذایی با استفاده از منجمد کردن آنها که عمدتاً هدف نگهداری طولانی مدت ماده غذایی است.

## نگهداری مواد غذایی

ویژگی‌هایی که نگهداری مواد غذایی در حرارت‌های پایین به همراه دارد:

۱ - توقف یا کاهش تأثیر عوامل فساد: هر ماده غذایی با منشأ گیاهی و حیوانی منبعی از میکروارگانیسم‌های مختلف است و با توجه به بحث‌هایی که در مورد تأثیر عوامل بر روی رشد میکروارگانیسم‌ها گفته شد هر یک دارای دمای اپتیمم خاصی هستند که در کمتر یا بیشتر از این دما بسته به شدت این درجه حرارت فعالیت میکروارگانیسم متوقف می‌شود.

مهم‌ترین ویژگی استفاده از دماهای پایین، کنترل میکروارگانیسم‌ها که یکی از عمده‌ترین عوامل فساد هستند، می‌باشد. میکروارگانیسم‌هایی که عامل فساد مواد غذایی هستند، عموماً در دماهای کمتر از  $10^{\circ}\text{C}$  رشد نمی‌کنند. ولی این به این معنا نیست که هیچ میکروارگانیسم عامل فساد قادر به رشد در این دما نیست، بلکه بسیاری از میکروارگانیسم‌ها وجود دارند که در این دما قادر به رشدند. برخی از میکروبهای مولد توکسین مثل کلستریدیوم بوتولینم قادرند تا حدود دمای  $3/3^{\circ}\text{C}$  نیز رشد کنند.

میکروبهای شیر بیماری‌زایی که سرماگرا هستند، قادرند در دامنه حرارتی حدود  $4/5 - 9/5^{\circ}\text{C}$  رشد کنند. مل اسپرژیلوس فلاوس. البته برخی از این گونه‌ها تا دمای  $3/9^{\circ}\text{C}$  یا  $4^{\circ}\text{C}$  نیز رشد می‌کنند مثل برخی از انواع سودوموناس‌ها.

۲ - تأثیر حداقل و کم نگهداری در درجه حرارت پایین بر روی ویژگی‌های ارگانولپتیکی و خواص تغذیه‌ای.

۳ - حفظ تازگی خصوصیات اصلی ماده اولیه.

۴ - مدت نگهداری: تابع شرایط نگهداری و کیفیت محصول در آغاز دوره نگهداری و بعد از نگهداری و شرایط توزیع و مصرف.

۵ - روش‌های حرارت پایین: هم به عنوان یک روش مستقل و هم به عنوان یک روش تکمیلی بعد از سایر روش‌های مستقل طرح است. مانند: خشک کردن، حرارت دادن، تخمیر و پاستوریزاسیون.



## اصول کلی استفاده از سرما (تئوری سرد کردن)

### الف) کاهش یا توقف رشد میکروارگانیسمها با استفاده از حرارت های پایین

۱ - مهم ترین تأثیر سرما به تأخیر انداختن زمان تولید مثل یا دو تا شدن میکروارگانیسم یا Generation time است که در نتیجه، رشد میکروارگانیسمها به تأخیر می افتد.

۲ - توقف کامل فعالیت میکروارگانیسمهای ترموفیل.

۳ - کند شدن زیاد فعالیت میکروارگانیسمهای مزوفیل، آنهایی که سرماگرا نیستند.

۴ - مهم ترین خطر تهدید کننده در سردخانه های زیر صفر و بالای صفر، فعالیت کپک هاست.

در بین کپک های مختلف که قادر به فعالیت در محیط های سرد هستند:

الف) اسپوروتریکوم (*Sporotrichum*) (در  $6^{\circ}\text{C}$  -)

ب) کلودسپوریوم (*Clodsporium*) (در  $6^{\circ}\text{C}$  -)

و گونه هایی از پنی سیلیوم (*Penicillium*) (در  $4^{\circ}\text{C}$  -)

۵ - باکتریها: آنهایی که می توانند در سردخانه ها و حتی دماهای زیر صفر فعالیت کنند:

الف) سودوموناسها (*Psuedomonas*)

ب) *Alcaligenes*

ج) فلاووباکتریوم (*Flavobacterium*)

د) *Achromo bacter*

هر چه آب باقیمانده در محیط محصول بیشتر باشد، خطر ادامه فعالیتها گرچه بصورت کند، بیشتر است.

در نگهداری در حرارت های پایین (بالای صفر) تقریباً اثر کشندگی روی میکروارگانیسمها صفر است. ولی نگهداری

در شرایط انجماد، گرچه سبب از بین رفتن تعدادی از میکروارگانیسمها خواهد شد، ولی بدین معنا نیست که نگهداری

طولانی مدت ماده غذایی در شرایط انجماد باعث از بین رفتن کلیه میکروارگانیسمها شود. پس اثر استریل کردن

ندارد.

نقش انجماد در جهت کنترل فعالیت میکروارگانیسمها از ۲ جهت است:

۱ - انجماد سبب کاهش میزان رطوبت آزاد یا  $a_w$  می شود.

۲ - به تدریج که فرایند انجماد پیش می رود، غلظت مواد جامد محلول در بخش آبی که هنوز منجمد نشده بالا می رود

که اثرات منفی روی فعالیت میکروارگانیسمها و رشد آنها دارد.

### ب) کاهش یا توقف فعالیت آنزیماتیک

تأثیر دیگر نگهداری در شرایط سرما، روی فعالیت آنزیم هاست. هر چه از دمای اپتیمم پایینتر آئیم، فعالیت

آنزیم‌ها کندتر می‌شود ولی این بدین معنا نیست که وقتی به دمای صفر یا پایین‌تر می‌رسیم آنزیم‌ها بطور کلی غیر فعال می‌شوند. در بین آنزیم‌های مختلف موجود در ماده غذایی یا آنهایی که توسط میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شوند، برخی مثل لیپازها قادرند تا  $18^{\circ}\text{C}$  - فعالیت کنند که البته فعالیت می‌کند است. به همین دلیل در انجماد سبزیجات مختلف، قبل از انجماد آنزیم‌ها را توسط فرایندهایی مثل Blanching از بین می‌برند.

### ج) کاهش یا توقف فعالیت‌های متابولیک

تأثیر دیگر نگهداری در شرایط سرما، کاهش یا توقف فعالیت متابولیک در بافت‌های گیاهی و حیوانی است.

## اصول کلی نگهداری ماده غذایی در سردخانه‌ها

### ۱ - کاهش سریع حرارت ماده اولیه (خام)

محصولاتی که به سردخانه تحویل می‌شود باید در کوتاهترین فاصله ممکن سرد شود. حتی توصیه می‌شود محصولاتی که قابلیت ماندگاری کمی دارند یا سرعت فسادپذیری بالایی دارند با هر امکان در دسترس، در محل تولید یا برداشت محصول سرد شوند زیرا صدماتی که محصول در فاصله بین برداشت، ذبح یا دوشش تا رسیدن به فرایند بعدی یا مصرف طی می‌کند جبران‌ناپذیر است، بویژه صدمات حاصل از فعالیت میکروارگانیسم‌ها یا صدمات حاصل از فعالیت‌هایی متابولیک.

در بسیاری از موارد در بدو ورود به سردخانه لازم است با عبور از تونل‌های سرما در وهله اول، حرارت عمده و اصلی محصول را گرفت و بعد وارد اتاق‌های نگهداری طولانی مدت کرد. با توجه به -جم زیادی که محصول دارد، وارد کردن یکباره محصول در یک اتاق سردخانه ( $4^{\circ}\text{C}$ ) مدت زمان زیادی را می‌طلبد که محصول با دمای محیط به تعادل برسد.

### ۲ - کنترل درجه حرارت سردخانه

یکی از نکات مهم در داخل سردخانه، کنترل درجه حرارت است.

عوامل مؤثر در درجه حرارت سردخانه

الف) دمای سردخانه تابع ظرفیت دستگاه‌های تولیدکننده سرماست که باید متناسب با ظرفیت و فضای سردخانه باشد.

ب) میزان باز و بسته شدن درب سردخانه‌ها در طول دوره نگهداری.

ج) مناسب یا نامناسب بودن ایزولاسیون (عایق بندی) سقف و کف سردخانه‌ها.

د) تعداد دستگاه‌های مولد گرما در داخل سردخانه‌ها مثل لامپ‌ها.

ه) نوع محصول، هم از این جهت که با چه دمایی وارد سردخانه می‌شود و چه مدت طول می‌کشد تا سرد شود و هم

این که در حین دوره نگهداری چقدر محصول فعالیت متابولیک دارد و در اثر آن چه میزان گرما به داخل سردخانه وارد می‌شود، روی دمای سردخانه مؤثر است.

### ۳ - چرخش هوا و رطوبت

چرخش، گردش و سیرکولاسیون هوا اهمیت دارد. چرخش موجب می‌شود که هوای گرم اطراف محصول به تدریج به سمت اوپراتورها یا دستگاههای اصلی مولد سرما منتقل شود و در آنجا هوا سرد شود. و به قسمت‌های پایین‌تر بیاید. اگر این امر صورت نگیرد، سیرکولاسیون بصورت طبیعی انجام می‌شود ولی سرعت آن بسیار کند است. چرخش یا سیرکولاسیون سبب توزیع یکنواخت رطوبت نسبی داخل انبار در تمام قسمت‌های انبار هم می‌شود.

### ۴ - کنترل غلظت گاز

نکته مهم دیگر، کنترل غلظت گازهایی است که در داخل محیط سردخانه وجود دارد یا تولید می‌شود. پویند آنکه در محصولاتی که شدت تنفس بالا دارند و غلظت  $CO_2$  در آنها بالاست باید گهگاهی غلظت  $CO_2$  کم و کنترل شود (تهویه صورت گیرد). مسئله دیگری که کاربرد دارد، استفاده از سیستم کنترل اتمسفر (C.A) است که این نوع انبارها را با توجه به هزینه‌هایی که دارد برای محصولات گران استفاده می‌شود.

### ۵ - نگهداری کالاهای واحد در یک محل

نکته دیگر اینست که محصولاتی که از یک جنس هستند یا نیازهای حرارتی و رطوبتی یکسان دارند، در یک محل نگهداری شوند و از نگهداری محصولاتی که دارای عطر و بو هستند مثل سیر و پیاز در مجاورت سایر محصولات جلوگیری شود.

## روش‌های تولید سرما

### ۱ - روش غیر مکانیکی

اصل این روش اینست که از یکسری فعل و انفعالات که گرماگیرند و در حین انجام آنها بخشی از گرمای محیطی گرفته می‌شود استفاده می‌شود که محیط سرد خواهد شد.

\* فعل و انفعالات اگر در جهت ایجاد نظم باشد، نیاز به حرارت و گرما دارد که واکنش گرماگیر است.

\* اگر در جهت بهم زدن نظم مولکول باشد، باعث ایجاد گرما می‌شود که واکنش گرمازا است. مثلاً آب مایع که به بخار و بی‌نظمی تبدیل می‌شود، گرما آزاد می‌کند ولی وقتی جامد و منظم باشد، گرماگیر است.

مخلوط کردن یخ با یکسری از ترکیبات باعث ایجاد دماهای زیر صفر می‌شود.

عمده‌ترین استفاده از این مخلوط‌های سرمازا، برای نگهداری‌های موقت است، چون سرمای ایجاد شده توسط

این مخلوط‌ها موقتی هستند. مثلاً در فاصله صید ماهی‌ها و رساندن آنها به ساحل کاربرد دارد. بعنوان مثال برای

نگهداری مواد غذایی مختلف از اسیداستیک و یخ ( $0^{\circ}\text{C}$  -  $35^{\circ}\text{C}$ )، کلرورسدیم و یخ ( $0^{\circ}\text{C}$  -  $25^{\circ}\text{C}$ )، کلرورکلسیم و یخ ( $0^{\circ}\text{C}$  -  $4^{\circ}\text{C}$ ) و پتاس و یخ ( $0^{\circ}\text{C}$  -  $1/5^{\circ}\text{C}$ ) استفاده می‌شود.

درگذشت در تهیه بستنی برای ایجاد سرمای لازم از مخلوط یخ و نمک استفاده می‌شد.

## ۲ - روش مکانیکی

الف) سردساز بستنه

از گازهای سرمازا استفاده می‌شود. عمده‌ترین کاربرد آنها در واحدهای بزرگ صنعتی است.

این گازها دارای یکسری ویژگی‌ها می‌باشند:

- ۱ - گرمای نهان تبخیر این گازها زیاد باشد زیرا هر چه قدر بیشتر باشد میزان سرمای ایجاد شده بیشتر است.
- ۲ - نقطه جوش گازها باید پایین باشد.
- ۳ - تأثیر خوردگی روی سیستم‌ها و لوله‌ها نداشته باشند.
- ۴ - قابلیت انفجار و اشتعال نداشته باشند.
- ۵ - فاقد بوی زننده و نامطبوع باشند.

مهم‌ترین (Refrigerant) مواد سرمازایی که استفاده می‌شود:

۱ - گاز آمونیاک

۲ - گاز فرئون

۱ - گاز آمونیاک: ارزان، فراوان، تغییر حالت آن به سادگی صورت می‌گیرد. به شکل خالص روی فلزات اثری ندارد. روی مس اثر خوردگی دارد، تا حدی قابل اشتعال است، چشم و ریه و پوست نسبت به آن حساسند، نقطه جوش  $0^{\circ}\text{C}$  -  $33/3$  زمانی که در حالت بخار است می‌تواند مقدار زیادی گرما را به خود جذب کند.

۲ - گاز فرئون: در صنعت با شماره‌های مختلفی ذکر می‌شود. به لحاظ ترکیبی، ترکیبی است که از جانشین شدن کلروفلوئور با هیدروژن که در ساختمان گازهایی مثل متان، اتان یا پروپان وجود دارد، ایجاد می‌شود. بسته به این که استخلاف با یکی هیدروژن متان، اتان یا پروپان باشد، استخلاف با تمام  $\text{H}_2$  یا با بخشی از  $\text{H}_2$ ها جایگزین شده، نامگذاری متفاوت است.

$\text{CH}_4$  F

H ←

$\text{C}_2\text{H}_5$  Cl

از مهم‌ترین فرئون‌ها در صنعت:

فرئون ۱۱، که نقطه جوش  $23^{\circ}\text{C}$  - دارد.

فرئون ۱۲، که نقطه جوش  $30^{\circ}\text{C}$  - دارد و اغلب در یخچال‌های خانگی استفاده می‌شود.

فرئونها سمی نیستند، قابل انفجار نیستند و مشتعل نمی‌شوند.

فرئون ۲۲، نقطه جوش  $42^{\circ}\text{C}$  - دارد و بیشتر در یخچال فریزرهایی که دماهای خیلی پایین دارند، استفاده می‌شود.

در سیستم بسته، گاز سرمازا در داخل یک سیستم بسته چرخش می‌کند و عمدتاً همان سیستمی است که در اغلب سردخانه‌های صنعتی وجود دارد.

(ب) سیلستم باز \*

استفاده از گازهای سرمازایی که ویژگی‌های متفاوت با سیستم بسته دارد.

اصطلاحاً به این نوع، سیستم‌های cryogenic می‌گویند که مهم‌ترین ترکیب آن، ازت مایع است که برودتی حدود

$196^{\circ}\text{C}$  - ایجاد می‌کند. برای مواد غذایی حساس استفاده می‌شود. در سیستم بسته، گاز در یک مدار بسته جریان دارد

و بطور مستقیم با محصول ارتباط ندارد و فقط در لوله است ولی در سیستم باز، گاز به طور مستقیم در مقابل با ماده غذایی قرار می‌گیرد.

### اجزاء در سیستم‌های بسته مکانیکی

۱ - کمپرسور Compressor

۲ - کندانسور Condensor

۳ - اواپراتور Evaporator

۴ - دریچه انبساط Expansion Valve

۵ - مخزن تجمع ماده سرمازا (Refrigerant)

۱ - کمپرسور: باعث می‌شود که گازی که در داخل سیستم بسته وجود دارد، فشرده شود و در اثر فشاری که به گاز وارد می‌کند، گاز تبدیل به مایع می‌شود.

۲ - کندانسور: محلی که گاز فشرده شده توسط کمپرسور سرد می‌شود. این عمل سرد کردن، باعث کمک به مایع شدن گاز فشرده شده می‌شود.

۳ - اواپراتور: در داخل محیط سردخانه قرار دارد (یخچال یا اتاق) و کار اصلی سرد کردن را انجام می‌دهد.

۴ - دریچه انبساط

۵ - مخزن تجمع ماده سرمازا: در داخل مخزن تجمع، ماده سرمازا وجود دارد.

**عملکرد سیستم****الف) قسمت تحت فشار**

بخشی از سیستم که بعد از کمپرسور قرار گرفته، یعنی شامل کندانسور و مخزن تجمع ماده سرمازا تا رسیدن به پشت شیر انبساط.

**ب) قسمت کم فشار**

بعد از شیر انبساط است، لوله‌های اواپراتور تا رسیدن به کمپرسور.

بخشی از خود کمپرسور در قسمت کم فشار و بخشی در قسمت تحت فشار است. قسمتی که گاز وارد کمپرسور می‌شود، کم فشار است. گازی که داخل سیستم است، در داخل کمپرسور فشرده می‌شود و با کمک سرمای بخش کندانسور کم فشرده تر می‌شود تا مایع شود. مایع فشرده شده وارد محل تجمع شده و شیر انبساط را باز می‌کند و به تدریج که محیط اواپراتور را طی می‌کند، منبسط می‌شود و در این بین مقدار زیادی از گرمای محیط را می‌گیرد و محیط را سرد می‌کند. این کل کاری است که در محیط سردخانه صورت می‌گیرد.

**انجماد مواد غذایی (Cold Storage) Freezing**

به عنوان یک روش نگهداری، یگیری مزایایی دارد:

- ۱ - خیلی از مواد غذایی که به این طریق نگهداری می‌شوند، حالت و کیفیت اولیه خود را حفظ می‌کنند. حتی در برخی موارد ممکن است حالت اولیه حفظ نشود ولی کیفیت حفظ شود (تغییرات در محصول در طول دوره نگهداری حداقل است).
- ۲ - مواد غذایی منجمد شده را می‌توان قبل از انجماد به شکل قابل مصرف در آورد. در نتیجه براحتی بعد از خروج از انجماد مصرف می‌شوند و نیاز به فرایند ندارند. حتی برخی از آنها احتیاج به خروج کامل از حالت انجماد را ندارند (بستنی).
- ۳ - فرایند انجماد ساده است و پیچیدگی خاصی ندارد و تقریباً یکی از روش‌هایی است که احتمال فسادهای میکروبی و آبریمی کم است.

**معایب فرایند انجماد**

- ۱ - هزینه و سرمایه گذاری اولیه و امکانات مورد نیاز نسبتاً سنگین است.
  - ۲ - امکانات حمل و نقل و توزیع محصول قبل از مصرف زیاد است.
- دو شرط اساسی وجود دارد تا کیفیت محصول منجمد در حد اعلی بماند:

- ۱ - ماده اولیه‌ای که منجمد می‌شود دارای کیفیت مطلوب و مرغوب باشد (اصل مهم در تمام فرایندها).
- ۲ - همه نکات لازم در طول دوره نگهداری و حین حمل و نقل و توزیع رعایت شود. بویژه توزیع و نگهداری محصولات منجمد تا رسیدن به مصرف کننده که نوعاً دچار مشکل است.

### جریان عمل انجماد (پروسه انجماد)

در واقع شروع انجماد آب یا هر ماده غذایی دیگر در درجاتی پایین‌تر از دمای تعیین شده، تحت عنوان نقطه انجماد صورت می‌گیرد ولی با تشکیل اولین کریستال‌های یخ و تولید گرمای نهان انجماد، (کریستالیزاسیون) سبب می‌شود دما کمی افزایش یابد و به آن نقطه انجماد تعیین شده می‌رسد و ادامه کریستال شدن در این دما صورت می‌گیرد. مادامی که تمام مولکول‌های آب خالص منجمد نشده‌اند، دمای ماده غذایی در همان نقطه انجماد باقی می‌ماند. بعد از کریستال شدن کامل، چنانچه محیط باز هم سرد شود دما پائین می‌آید. بنابراین در منحنی انجماد هر محصولی (که ساده‌ترین شکل آن، منحنی آب است) ۴ مرحله را می‌توان دید:

- ۱ - کاهش دمای آب یا محصول به پایین‌تر از نقطه انجماد تا رسیدن به نقطه‌ای که در آن اولین کریستال‌های یخ شکل می‌گیرد. این درجه حرارت را Super cooling point یا نقطه سوپرکول می‌گویند.
  - ۲ - صعود منحنی از نقطه سوپرکول تا رسیدن به نقطه انجماد آب یا محصول در اثر گرمایی که بر اثر ایجاد گرمای نهان کریستالیزاسیون که در اثر تشکیل بلورهای یخ بوجود می‌آید.
  - ۳ - مرحله فاز ثابت (در صفر درجه) که تا اتمام تمامی مولکول‌های آب خالص موجود در محیط منحنی ثابت خواهد بود.
  - ۴ - مرحله نزول درجه حرارت به شرط آنکه سرمای کافی در محیط وجود داشته باشد.
- بنابراین حتی اگر سرمای موجود در محیط خیلی پایین‌تر از صفر درجه باشد، مادام که در ماده منجمد شونده، مولکول‌های آب خالص وجود داشته باشند، دمای ماده پایین‌تر از صفر نخواهد شد.
- موارد مذکور در مورد آب خالص مصداق دارد زیرا منحنی آب ساده‌ترین شکل منحنی انجماد است.

### منحنی نقطه انجماد در ماده غذایی

بخش عمده هر ماده غذایی آب است ولی مواد دیگری نیز وجود دارد. در جریان انجماد مواد غذایی با مخلوط‌هایی بنام مخلوط‌های Eutectic (یوتکتیک) مواجه هستیم (این لغت ریشه لاتین و فرانسوی دارد به معنای موادی که دارای نقطه ذوب پایین هستند). در انجماد، به موادی که تا دماهای بسیار پایین به حالت مایع باقی می‌مانند گفته می‌شود. مشخصه منحنی مواد غذایی اینست که در طول فرایند انجماد، وقتی که آب ماده غذایی یا آبی

که در یک محلول موجود است و در داخل آن مواد جامد به شکل محلول حل شده‌اند، اولین قسمتی که یخ می‌زند. حلال خالصی است که در محیط وجود دارد. (مثلاً آب خالص موجود در محیط) و وقتی که این بخش خالص منجمد شد و به تدریج که فرایند انجماد پیش می‌رود، غلظت مواد محلول در بخش منجمد نشده باقی مانده، افزایش می‌یابد. این کار آنقدر ادامه می‌یابد که محلول باقیمانده به حد اشباع برسد. به نقطه‌ای که مواد محلول باقیمانده منجمد نشده به حد اشباع می‌رسند، نقطه Eutectic می‌گویند.

در محلولهای Eutectic، نسبت‌هایی از بلورهای یخ مخلوط با بلورهای مواد معدنی وجود دارد. مثلاً در محلول آب نمک ابتدا ولکول‌های آب خالص شروع به انجماد می‌کند و هر چقدر بلورهای آب خالص بیشتر منجمد می‌شوند، غلظت نمک در بخش باقیمانده بالا می‌رود تا حدی که غلظت محلول نمکی باقیمانده به حد اشباع برسد (۲۴ - ۲۳٪).

آنچه در منحنی‌های انجماد ماده غذایی اتفاق می‌افتد، نقاط شکست مختلف است که با بحث مخلوط‌های Eutectic تشریح می‌شود.

اگر تمامی آب موجود در ماده غذایی را بخواهیم منجمد کنیم و همه این مراحل و نقاط شکست در منحنی طی شود لازم است ماده غذایی تا دماهای خیلی خیلی پایین سرد شود ( $^{\circ}\text{C}$  -۶۰ یا -۵۰)، که عموماً به لحاظ هم‌زینه اقتصادی نه این کار دارد، اقتصادی نیست. بلکه در اکثر مواقع بخشی از آب موجود در ماده غذایی را داریم که به شکل منجمد نشده باقی می‌ماند که البته در این بخش باقی مانده به دلیل زیاد بودن غلظت مواد محلول، عملاً امکان رشد میکروارگانیسم‌ها (هم به جهت دمای بسیار پایین و هم به جهت زیاد بودن غلظت مواد محلول) وجود ندارد. ولی، تجزیه‌های شیمیایی مثل تجزیه کلروفیل، از بین رفتن ویتامین‌ها، فعالیت‌های آنزیمی، اکسیداسیون چربیها و دنا توره شده پروتئین‌ها اتفاق می‌افتد.

هر چه سرعت عمل انجماد بیشتر باشد، زمانی که طول می‌کشد تا ماده غذایی مراحل شکست را پشت سر بگذارد، کمتر خواهد بود. دمای محصول هم سریع صورت می‌گیرد.

هر چه نقاط اشباع مواد محلول با هم تفاوت داشته باشند، شکستگی در منحنی بیشتر می‌شود. گاهی شکل محصول منجمد است ولی بدلیل افزایش دما، بخشی از آب مجدداً از حالت انجماد خارج می‌شود و در نتیجه فعالیت مضر برای نگهداری رخ می‌دهد (افزایش دما بدلیل نوسانات یا قطع برق و...).

## تغییرات حاصل از انجماد مواد غذایی

۱- اگر شرایط انجماد ماده غذایی مطلوب نباشد و کریستال‌های تشکیل شده از ماده غذایی، درشت باشند باعث ایجاد بافت نامطلوبی در ماده غذایی می‌شود. مثلاً در بستنی، وقتی که کار انجماد به کندی صورت گیرد و غلظت



لاکتوز موجود در محیط به تدریج افزایش یابد، کریستال‌های درشتی از لاکتوز تشکیل می‌شود که موجب ایجاد بافت شنی (Sandy texture) در بستنی می‌شود که پدیده‌ای نامطلوب است.

۲ - بالا رفتن غلظت مواد محلول در حین پدیده انجماد، روی حلالیت پروتئین‌ها اثر می‌گذارد. بسیاری از پروتئین‌ها محلول در آب هستند که این حلالیت آنها به شرایط محیطی نیز بستگی دارد، بخصوص pH محیط و قدرت یونی محیطی که پروتئین‌ها در آن قرار دارند. وقتی در محیطی که پروتئین‌ها قرار گرفته‌اند، قدرت یونی افزایش یابد، باعث کاهش حلالیت پروتئین‌ها می‌شود و در نهایت رسوب و دناتوره شدن آنها را باعث می‌شوند. به این دلیل که با افزایش قدرت یونی محیط، بین مولکولهای پروتئینی و یونهای نمکی موجود در محیط، برای ایجاد پیوند هیدروژنی با آب رقابتی بوجود می‌آید و با توجه به این که قابلیت یونهای نمکی در جذب و اتصال آب نسبت به پروتئین‌ها بیشتر است پس به تدریج پروتئین‌ها قدرت تشکیل پیوند هیدروژنی با آب را از دست داده و رسوب می‌کنند. این پدیده را اصطلاحاً "salting out" می‌گویند.

نکته: حلالیت پروتئین‌ها در محیط‌هایی که مقادیر کمی یون وجود داشته باشد، افزایش پیدا می‌کند که این پدیده را "salting in" می‌گویند.

۳ - اگر در حین فرایند انجماد، غلظت مواد اسیدی افزایش پیدا کند و نهایتاً pH محیط در بخشی که منجمد نشده آنگذر کاهش یابد تا به نقطه ایزوالکتریک پروتئین‌ها برسد، برخی پروتئین‌ها در چنین شرایطی دناتوره می‌شوند و رسوب می‌کنند.

۴ - در اثر فرایند انجماد و بالا رفتن غلظت مواد محلول در مایعات بین سلولی، فشار اسمزی در خارج از سلول افزایش پیدا می‌کند و این افزایش فشار اسمزی در خارج از سلول، سبب می‌شود ترکیب محلول داخل سلول به خارج از سلول کشیده شوند. معمولاً وقتی ماده غذایی در حال خروج از انجماد است، بازگشت این مایع درون سلولی به جایگاه اولیه خود و جذب آن به درون سلول به طور کامل انجام نمی‌گیرد و بدین ترتیب ماده غذایی بخشی از مواد ارزشمند خود را از دست می‌دهد.

سرعت انجماد در میزان مواد خارج شده از سلول‌ها مؤثر است. هر چه زمان کوتاهتر باشد، تأثیر فشار اسمزی نیز کوتاهتر اعمال خواهد شد و خروج شیرابه کمتر خواهد بود.

هر چه سطح ماده غذایی کمتر باشد، انجماد سریع‌تر صورت می‌گیرد و کریستال‌ها ریزتر خواهد بود و به بافت صدمه کمتری می‌رسد و شیرابه کمتری خارج خواهد شد.

در حالت معمولی، غلظت محلول بین سلولها کمتر از داخل سلولهاست و خود دیواره سلولی که اطراف سلول را گرفته یک مانع انتقال حرارت است، یعنی مایعات درون سلولی دیرتر از مایعات بین سلولی یا خارج سلولی منجمد می‌شوند.

بنابراین اگر عمل یخ زدن به کندی انجام گیرد، به تدریج مایع بین سلولی منجمد می‌شود، غلظت مواد جامد در آن بالا می‌رود و همین مسئله باعث ایجاد فشار اسمزی می‌شود. در نتیجه مواد داخل سلولها به خارج سلول تراوش می‌کنند و این مواد در حین پدیده خروج از انجماد بطور کامل قابل جذب به سلولها نیست و از ماده غذایی جدا می‌شود.

۵ - در اثر تشکیل کریستالهای یخ بخصوص در روش‌های کند که سرعت انجماد پایین است و کریستال‌های تشکیل شده بزرگ هستند، دیواره سلولی مواد غذایی پاره می‌شود و مایعات درون سلولی که عموماً دارای مواد ارزشمندی مثل ویتامین‌ها و پروتئین‌های محلول هستند، خارج می‌شوند و سپس منجمد می‌شوند. در موقع خروج از انجماد یا Defrost بدلیل تغییراتی که در سلول بوجود آمده (در اثر صدمه حاصل از کریستالهای یخ یا صدمه حاصل از بالا رفتن فشار اسمزی) بخشی از آب ماده غذایی قابل جذب نیست که در گوشت تحت عنوان drip یا bleeding یا خونابه خارج می‌شود. در میوه‌جات و سبزیجات تحت عنوان leakage یا شیرابه خارج می‌شود که بدین ترتیب بخشی از ارزش غذایی ماده غذایی از بین می‌رود.

هر چه مدت زمان خروج از انجماد بیشتر باشد، این مواد فرصت بیشتری را دارند که بداخل بافت محصول برگردند ولی با - به این مسئله توجه داشت که اولاً: در هر صورت تمامی این مواد قابل برگشت نیست.

ثانیاً هر چه مدت زمان خروج از انجماد طولانی‌تر باشد، امکان فعالیت آنزیم‌ها و میکروب‌ها نیز بیشتر خواهد بود.

۶ - Freez burn (سوختگی ناشی از انجماد): پدیده‌ای دیگر که در اثر انجماد در ماده غذایی رخ می‌دهد، به این معنا که اگر در حین فرایند انجماد محصولی که منجمد می‌شود دارای پوشش مناسب نباشد و سطح ماده غذایی نیز در موقع انجماد خشک باشد. در اثر تصعید یا Sublimation و تبدیل مستقیم لایه یخی روی سطح ماده غذایی به بخار، سطح محصول تغییر رنگ پیدا می‌کند و قهوه‌ای می‌شود. بخصوص در گوشت طیور منجمد شده این مسئله دیده می‌شود. معمولاً برای جلوگیری از این مسئله پدیده یا به حداقل رساندن صدمات ناشی از این پدیده چند روش وجود دارد:

الف - رطوبت نسبی محیط را تا حد امکان افزایش می‌دهند تا خشک شدگی سطحی محصول رخ ندهد.

ب - قبل از انجام فرایند انجماد اصلی روی محصول، روی آن را با یک لایه یخ روکش می‌کنند. به این ترتیب که قبل از انجماد محصول، آن را یک بار سریع داخل آب می‌کنند و خارج می‌کنند. رطوبتی که روی سطح محصول ایجاد می‌شود مانع از خشک شدگی سطحی محصول در طول دوره انجماد یا نگهداری می‌شود. (در واقع به جای تبخیر رطوبت ماده غذایی، رطوبت این لایه تصعید می‌شود).

ج - محصول را در صورت امکان، قبل از انجماد در بسته‌بندیهای غیر قابل نفوذ به بخار آب قرار می‌دهند و سپس

منجمد می‌کنند (معمولترین راه).

#### ۷ - تشکیل مجدد کریستالهای یخ (Re - crystalization)

در واقع بخشی از صدمه وارد شده به محصول و بخشی از تشکیل کریستالهای بزرگ در محصولات منجمد، فقط به خاطر این نیست که روش انجماد یک روش کند بوده، بلکه علت تشکیل این کریستالهای بزرگ در برخی مواقع نوسانات درجه حرارت محصول منجمد در طول دوره نگهداری و در هنگام توزیع است. به این معنا که افزایش درجه حرارت در این مراحل موجب می‌شود که بخشی از آب منجمد شده از انجماد خارج شود و دوباره منجمد شود و فرایند تشکیل مجدد کریستال چون فرایند کندی است بلورهای کریستال ایجاد شده بزرگ است. ضمن این که امکان اتصال بلورهای کوچک به سایر بلورها وجود دارد، پس کریستالهای ایجاد شده بزرگند. بنابراین ایجاد کریستالهای مجدد همان نکات منفی کریستالهای بزرگ در فرایند انجماد را ایجاد می‌کند.

### اثرات انجماد بر روی میکروارگانیسم‌ها

انجماد معمولاً باعث کاهش قابل توجهی در تعداد میکروارگانیسم‌های زنده مواد غذایی می‌شود ولی آن را استریل نمی‌کند. درصد میکروارگانیسم‌هایی که در طول انجماد از بین می‌رود تابع عواملی مثل نوع و حالت میکروارگانیسم، دمای انجماد و نگهداری و مدت نگهداری است.

#### الف) کاهش قابل توجه میکروارگانیسم‌ها تا حد ۵۰-۸۰٪

انجماد باعث می‌شود که ۵۰-۸۰٪ جمعیت میکروبی از بین برود (بسته به شرایط انجماد) متحرک و میر میکروارگانیسم‌ها در اثر انجماد را به چند پدیده نسبت می‌دهند:

۱ - حرارت‌های زیر صفر باعث می‌شود که به متابولیسم میکروارگانیسم‌ها صدمه وارد شود و در نتیجه این صدمه نیازهای تغذیای میکروب افزایش پیدا کند و بنابراین بخشی از میکروارگانیسم‌ها به دلیل آنکه نمی‌توانند نیازهای خود را تأمین کنند از بین می‌روند.

۲ - در اثر پدیده کاهش حلالیت پروتئین‌ها یا رسوب کردن و دناتوره شدن آنها به واسطه افزایش غلظت محلول در بخش منجمد نشده، میکروارگانیسم‌ها که عموماً ساختار پروتئینی دارند، غیر فعال می‌شوند.

۳ - همان تأثیری که کریستالهای یخ درشت روی سلولهای ماده غذایی می‌گذارند، می‌توانند روی سلولهای میکروارگانیسم‌ها نیز بگذارند (بسته به روش و سرعت و شرایط انجماد).

۴ - بالا رفتن غلظت مواد محلول در خارج از سلول باکتریها، باعث خروج مایعات داخل سلولی و در واقع پدیده پلاسمولیز «Plasmolyse» میشود که منجر به مرگ میکروارگانیسم میشود.

### روش‌های انجماد مواد غذایی

به طور کلی به روش تقسیم میشوند:

۱ - روش کند

۲ - روش سریع

### مزایای روش انجماد سریع

۱ - کوچک بودن کریستالها

در روش انجماد سریع به دلیل تشکیل کریستالهای یخ اندازه کریستالهای تشکیل شده کوچک است.. (بزرگ بودن اندازه آنها اثر نامطلوب روی کیفیت نهایی محصول دارد).

۲ - بازدارندگی از فعالیت میکروارگانیسمها

جلوگیری از فعالیت میکروارگانیسمها سریعتر صورت میگیرد.

۳ - بازدارندگی از فعالیت آنزیمها

بازدارندگی از فعالیت آنزیمها سریعتر صورت میگیرد.

در کنار مزایای فوق، در مورد همه محصولات، روش انجماد سریع از حجیت ندارد، زیرا روش انجماد سریع از هر نوع به لحاظ اقتصادی فرایندی گرانتر است.

### روش هایی که برای منجمد کردن مواد غذایی استفاده می شود

به سه دسته طبقه بندی شده اند:

۱ - استفاده از هوای سرد (Air freezing)

۲ - استفاده از تماس غیر مستقیم با ماده سرمازا (مبژد) (Plate freezing)

۳ - تماس مستقیم ماده غذایی با ماده سرمازا (مبژد) (Immersion freezing)

#### ۱ - Air freezing

الف) روش Sharp Freezing (فریزرهایی با هوای ساکن)

منجمد کنندگانی هستند که هوای سرد داخل آنها ساکن و غیر متحرک است. تجهیزات انجماد آنها ساده تر است و طبیعتاً هزینه کمتری نیز دارد. اغلب فریزرهای خانگی دارای این سیستم است یا سیستم هایی که برای نگهداری مواد منجمد استفاده می شود (سردخانه ها).

ب) Blast Freezing (فریزرهایی با هوای متحرک)

در داخل خود فریزر هوای سرد توسط فن هایی که وجود دارد سیرکوله می شود و سرعت انجماد نیز افزایش

می‌یابد. فریزرهایی که تحت عنوان تونل انجماد می‌شناسیم از این نوع فریزرها هستند که دماهایی بسیار پایین دارند. اگر محصول بسته بندی مناسبی نداشته باشد چون تحرک هوا موجب خشک شدن سطحی محصول می‌شود پدیده freeze burn اتفاق می‌افتد.

### ۵) Fluidized bed freezer (فریزرهایی با بستر متحرک)

برای محصولاتی که سطح ریزی دارند مثل نخود فرنگی (بصورت طبیعی) یا بصورت مصنوعی سطح ریزی دارند مثل هویج فرنگی خرد شده استفاده می‌شود.

به جهت آن که سرعت انجماد آنها خیلی سریع است، بنابراین تحرک هوا می‌تواند خیلی شدید باشد. پس نگرانی در مورد پدیده freeze burn در مورد این محصولات وجود ندارد. به دلیل کوچک بودن سطح و کوچکی ذرات برای انجماد از این سیستم استفاده می‌شود. به این سیستم اصطلاحاً سیستم IQF نیز گفته می‌شود.

### IQF مخفف Individual Quick Freezing

هر کدام از ذرات کوچک توده محصول، به شکل منفرد و single منجمد می‌شوند. یعنی اینطور نیست که سرد شدن به شکل توده‌ای از قسمت سطح شروع و به قسمت مرکزی برسد. چون جریان هوا به شدت متحرک است، هر دانه از محصول در تماس مستقیم با هوای سرد است و بلافاصله منجمد می‌شود. معمولاً این سیستم‌ها اینست که محصول از یکطرف وارد می‌شود و در اثر تماس با هوای سردی که به داخل محفظه یا کابین سیستم دمیده می‌شود، به غلیان در می‌آید و به سمت خروجی سیستم هدایت می‌شود.

## ۲ - انجماد توسط تماس غیر مستقیم با مبرد (Plate Freezing)

سیستم کلی کار آنها که می‌تواند فقط ۲ پلیت یا دسته‌ای از پلیت‌های کنار هم باشد، اینست که ماده سرمازا یا ماده‌ای که سرد شده و در داخل این پلیت‌ها جریان پیدا می‌کند در دو طرف پلیت وجود دارد و باعث می‌شود صفحات پلیت بسیار سرد شود و بدین ترتیب ماده غذایی هیچ تماسی با مواد سرمازا ندارد (در تماس با صفحات است). نحوه قرار گرفتن صفحات می‌تواند افقی یا عمودی باشد. اگر به شکل عمودی باشد این مزیت را دارد که وقتی صفحات پلیت از هم جدا می‌شوند، خود محصول در اثر وزن خودش می‌افتد.

مطلوب‌ترین حالت انجماد در این سیستم اینست که محصول قبل از قرار گرفتن در لای صفحات پلیت، در بسته بندی قرار گیرد و سپس کار انجماد صورت گیرد.

شکل دیگر آن بدین ترتیب است که در داخل محیط سردخانه قفسه بندی صورت گرفته باشد و محصول در این قفسه‌ها قرار گیرد و صفحات قفسه‌ها یا با سیستم دستی یا مکانیکی بهم نزدیک شوند و محصول را بین صفحات خود فشرده کنند تا این که فضاهای خالی کم شود و کار انتقال حرارت راحت‌تر انجام گیرد.

### ۳ - روش انجماد در اثر تماس مستقیم با مبرد (Immersion freezing)

مزیت این روش:

الف) به جوب این که ماده سرمازا مستقیماً در تماس با ماده غذایی است، مقاومت در مقابل انتقال حرارت خیلی کم است و کار انتقال گرما از محصول سریع تر صورت می گیرد. بخصوص در مورد محصولاتی که شکل و اندازه مشخص و معین ندارد، (قارچ، میگو)، و محاسبات حرارتی در مورد آنها مشکل است، روش مذکور خیلی کار را راحت تر می کند.

ب) در این روش به جهت آنکه تماس ماده غذایی با هوا در حین فرایند انجماد خیلی کوتاه و کم است، بنابراین امکان وقوع واکنش های اکسیداسیون به حداقل می رسد. البته خود مواد استفاده شونده نباید سمی باشد، طعم و مزه و بوی خاصی نباید داشته باشد و هیچ اثر منفی روی ماده غذایی نباید داشته باشد.

روش فوق به شکل ۲ است:

#### ۱ - روش Liquid immersion freezing

به عنوان مبرد از موادی استفاده می شود که خود مواد توسط یک سیستم مکانیکی سرد شده اند و سپس ماده غذایی را در داخل آن فرو می برند. به عبارت دیگر، خود آن ماده، سرمای خود را از یک سیستم مکانیکی گرفته است و از خودش نیست.

در این روش:

۱ - استفاده از آب نمک اشباع که در سیستم های سردکن تا حدود  $21^{\circ}\text{C}$  - سرد می شود و سپس به عنوان مبرد از آن استفاده می شود. البته فقط زمانی می توان از آن استفاده نمود که ماده غذایی داخل بسته بندی باشد.

۲ - استفاده از حلولهای قندی با غلظت ۶۰-۶۲٪

۳ - استفاده از مخلوط آب و گلیسرول به عنوان مبرد که این مخلوط را می توان تا  $46^{\circ}\text{C}$  - سرد نمود.

۴ - محلول پروپیلن گلایکول در آب به نسبت ۶۰٪ پروپیلن گلایکول و ۴۰٪ آب که تا حدود  $51^{\circ}\text{C}$  - آنرا سرد می کنند.

عیب عمده محلول پروپیلن گلایکول: دارای طعم اسیدی است و فقط در مورد محصولات بسته بندی شده می توان

از آن استفاده نمود.

#### ۲ - روش Cryogenic freezing

استفاده از مایعاتی که خود سرمازا هستند.

تفاوت عمده این روش با روش (۱):

اینست که در واقع در سیستم cryogenic freezing یک تغییر فاز در ماده سرمازا به وجود می آید ولی در روش

(۱) تغییر فازی بوجود نمی‌آید.

برای این کار از ازلت استفاده می‌شود که نقطه جوش آن  $196^{\circ}\text{C}$  - است.

با قرار گرفتن ماده غذایی داخل ازلت مایع یا پاشیدن ازلت مایع روی سطح محصول، این مایع به شکل گاز در آمده و برودت بسیار شدیدی را ایجاد می‌کند.

## دمای مطلوب نگهداری

در طول نگهداری محصول در حالت منجمد دو موضوع مورد توجه وجود دارد:

۱ - واکنشهای آنزیمی و غیر آنزیمی و فعالیت‌های بیولوژیک اتفاق می‌افتد و محصول را به تدریج فاسد می‌کند.

۲ - بحث مزینها: در چه دمایی نگهداری شود، برای چه مدت قابل نگهداری است و...

مطلوب‌ترین دما برای نگهداری دمای  $18^{\circ}\text{C}$  - است. ضریب اطمینان مناسبی است برای جلوگیری از فعالیت میکروارگانیسم‌ها (مولد بیماری - عامل فساد). ولی در مورد آنزیم‌ها این دما، دمای مطمئنی نیست (گرچه فعالیت آنها را کند می‌کند).

بطور کلی، با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و سلامت محصول، این دما، دمای مناسبی برای نگهداری بسیاری از محصولات است.

## نگهداری مواد غذایی با استفاده از حرارت‌های بالا

### (Preservation of food by High temperature)

۱ - Cooking

۲ - Blanching

۳ - Pasteurization

۴ - Sterilization

اگر چه در مورد همه این ۴ واژه یک وجه مشترک وجود دارد و آنهم استفاده از حرارت در همه آنهاست ولی هدف استفاده از حرارت در آنها متفاوت است.

### تعریف

۱ - Cooking

فرایندهای حرارتی که در جهت قابل مصرف کردن غذا استفاده و یا، در جهت طبخ غذا استفاده می‌شود و اشاره به فرایندهایی دارد که روی مواد غذایی خام اعمال می‌شود و آن را تبدیل به یک فراورده پخته و قابل مصرف می‌کند.

برای Cooling واژه‌های زیر به کار می‌رود:

- Baking: ذائقه نان، پخت سیب زمینی ولویا (Baked Bean و Baked potato).

- Roasting: پرشته کردن، آجیل‌ها، مغزهای خوراکی

- Frying: سرخ کردن در روغن.

- Boiling: جوشاندن در آب.

- Broiling: کباب کردن.

- Stewing: پز کردن (با آب خود محصول یا آب کم). در این حالت از حرارت خیلی کم استفاده می‌شود.

اگرچه به دنبال تبدیل غذای خام به محصول پخته هستیم ولی اثراتی که در افزایش قابلیت نگهداری دارد، خود حائز اهمیت است.

در اثر پختن حرارت‌های اعمال شده تعداد زیادی از میکروارگانیسم‌ها از بین می‌روند. بخش اعظم آنزیم‌های موجود از بین می‌رود. بافت محصول نرم می‌شود. عطر و طعم محصول به نحو مطلوبی تغییر می‌کند. پس قابلیت نگهداری محصول افزایش پیدا می‌کند.

شاید فرایند حرارتی در Cooking کنترل نمی‌شود. پس از دست دادن مواد معدنی را در این روش حرارتی بیش از سایر روش‌ها داریم.

## ۲ - Blanching

فرایند حرارتی ملایم است که معمولاً قبل از فرایندهای دیگری مثل انجماد، کنسرو کردن و یا خشک کردن عموماً با هدف از بین بردن آنزیم‌ها و حفظ رنگ طبیعی فراورده در طول دوره فرایند انجام می‌شود. در برخی از فرایندها مثل خشک کردن، کنسرو کردن استفاده از حرارت را به عنوان یک فرایند اصلی داریم. پس علت استفاده از Blanching یا فرایند حرارتی مقدماتی قبل از این فرایند اینست که گاهی فاصله بین آماده‌سازیهای اولیه محصول مثل پوست‌گیری تا زمان فرایند حرارتی طولانی است و گاه نیز حتی خود فرایند حرارتی چون فرایندی نسبتاً کند است مثل خشک کردن، امکان فعالیت‌های آنزیمی در طول دوره فرایند خشک کردن نیز وجود دارد.

آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، دو تا از مقاوم‌ترین آنزیم‌ها در سبزیجات است. از بین رفتن آنها در اثر فرایند حرارتی به عنوان شاخص کفایت Blanching مورد نظر است.

زمان لازم مورد نیاز برای بلانچینگ بسته به نوع سبزی، اندازه سبزی و روش حرارتی مورد استفاده متفاوت است.

برای حرارت دادن از بخار و یا آب داغ و یا به شکل محدودی از ماکرو ویو استفاده می‌شود.

کاری که در مورد بلانچینگ می‌توان انجام داد، اینست که در برخی از فرایندهای نهایی که سفتی بافت محصول



مورد نظر است، به آبی که برای بلانچینگ استفاده می شود، ترکیبات کلرور کلسیم افزوده می شود که در اثر ایجاد پکتات کلسیم، بافت محصول سفت می شود.

بجز نمکهای کلسیم، برای هدف فوق، می توان از خود پکتین استفاده نمود. از CMC (کربوکسی میتل سلولز) و آلزینات نیز می توان برای سفتی بافت محصول استفاده نمود، که بعداً تحت تأثیر فرایند حرارتی قرار می گیرد. در مورد میوه جاتی که منجمد می شوند، معمولاً برای جلوگیری از فعالیت آنزیم ها و قهوه ای شدن آنزیمی از بلانچینگ استفاده نمی شود، چون این محصولات در خیلی از موارد بلافاصله پس از خروج از انجماد مصرف می شود و فرایند حرارتی نمی بیند. به همین جهت در این محصولات از بلانچینگ استفاده نمی شود و برای کنترل فعالیت های قهوه ای شدن میوه را در یک شربت قندی قرار می دهند. (جلوگیری از واکنش های اکسیداسیون قهوه ای شدن)

تأثیر عمده فرایند بلانچینگ روی جلوگیری از واکنش های قهوه ای شدن می باشد ولی تأثیرات دیگری را نیز روی محصول بجای می گذارد:

۱- از بین رفتن آنزیم های علل قهوه ای (تأثیر عمده)

۲- پخت اولیه

۳- کاهش بار میکروبی

۴- کاهش حجم سبزیجات برگی (در سبزیجاتی که کنسرو می شوند، چون قبل از حرارت حجم زیادی دارند)

۵- از بین بردن آنزیم های پکتیناز (قوام رب)

۶- خارج شدن گازها (هوا): در مورد محصولاتی که در بافت خود هوای زیادی دارند مثل سیب، این خارج شدن پس از بسته بندی و موقع فرایند حرارتی نهایی انجام می گیرد و در فضای خالی بالای قوطی Head Space هوا جمع می شود که این جمع شدن اثر خورندگی ایجاد میکند (در اسیدپته بالا)، همچنین محیط مناسبی برای فعالیت میکروبهای هوازی احتمالی ایجاد می کند، همچنین سبب باد کردگی قوطی می شود و اشتباهاً تصور می شود که فساد در قوطی رخ داده است.

۷- راندمان صاف کردن (در خط تولید رب)

عمل بلانچینگ را برای از بین بردن آنزیمها استفاده می کنند ولی مورد خاصی وجود دارد که از بلانچینگ برای فعال کردن آنزیمها استفاده می شود. در مورد لوبیا سبز که اپیدرم (Epiderm) آن نرم و شل است (Sloughing) که یک حالت نامطلوب است و توسط بلانچینگ این حالت از بین می رود.

عملیات حرارتی متوسط ( $80^{\circ}\text{C}$ ) برای مدت کوتاهی روی محصول استفاده می شود و بعد از این حرارت دادن کوتاه مدت محصول را قبل از فرایند حرارتی نگهداری می کنند (فاصله بین بلانچینگ و حرارت نهایی). این حرارت بلانچینگ سبب فعال شدن آنزیمی بنام پکتین متیل استراز "Pectin Metyl Esterase" (PME) می شود. با فعال

شدن آنزیم، زوهای میل از زنجیره پکتین جدا می‌شوند. هر چه آنزیم گروه‌های متیل بیشتری را جدا کند، حلالیت زنجیره پکتین افزایش می‌یابد و توانائی آن در ایجاد اتصال و باند و چسبیدن به یونهای مثل  $Ca^{2+}$  افزایش می‌یابد. در اثر فعال شدن این آنزیم و بوجود آمدن امکان اتصال زنجیره پکتین با  $Ca^{2+}$ ، پکتات کلسیم ایجاد می‌شود. بنابراین لایه اپیدرمی از حالت نرمی و شلی خارج شده و سفت می‌شود.

### ۳ - Pasteurization

۲ هدف عمده دارد:

الف) در بسیاری از موارد بویژه فراورده‌های لبنی هدف سالم سازی شیر را دارد. یعنی از شر میکروارگانیسم‌های بیماریزا البته در شکل رویشی آنها خلاص می‌شوند.

ب) در مورد تعداد دیگری از محصولات بخصوص آنهایی که شرایط خود برای فعالیت میکروارگانیسم‌های بیماریزا نامطلوب است مثل آلبیمو (اسیدیته بالا)، رب و سرکه و کنسرو بسیاری از میوه جات به جهت pH بسیار پائینی که دارند، فرایند پاستوریزاسیون، فرایند سالم سازی نیست بلکه فرایندی است در جهت افزایش قابلیت ماندگاری این محصولات.

به عبارت دیگر، در این محصولات، که یک عامل دیگر غیر از حرارت دخالت دارد، قابلیت نگهداری محصول تا رسانی مناسبی مشابه با یک محصول استریل قابل افزایش است. یعنی اعمال عملیات پاستوریزاسیون طوری است که می‌تواند قابلیت نگهداری محصول را تا حد یک محصول استریل افزایش دهد.

با این تعریف می‌شود گفت که پاستوریزاسیون روشی است برای سالم سازی و نگهداری کوتاه و بلند مدت.

در مورد برخی از فراورده‌ها مثل شیر، هدف اصلی فرایند پاستوریزاسیون، از بین بردن میکروبهای بیماریزاست (صرفاً اشکال رویشی یا Vegetative cell).

در کنار میکروبهای بیماریزا بخش اعظم میکروبهای غیر بیماریزا نیز از بین می‌روند. ولی در فراورده‌های خیلی اسیدی با توجه به اینکه میکروبهای بیماریزا به شرط وجود، امکان رشد ندارند، پاستوریزاسیون عمدتاً با هدف از بین بردن میکروارگانیسم‌های عامل فساد که عموماً در این فراورده‌ها کپک‌ها و مخمرها هستند، انجام می‌شود.

اگر به همراه پاستوریزاسیون از فرایندهای دیگر نگهداری استفاده شود، قابلیت ماندگاری محصول پاستوریزه افزایش می‌یابد. روش‌های تکمیلی که در کنار پاستوریزاسیون صورت می‌گیرد:

۱ - نگهداری در یخچال

۲ - استفاده از ترکیباتی مثل شکر در شیرهای کندانسه شیرین

(Sweetened condensed milk)

۳ - استفاده از اسیدهای آلی و خوراکی در آبمیوه جات و ترشیجات

## ۴ - استفاده از بسته بندی مناسب

بنابراین از فرایند پاستوریزاسیون می توان در موارد مختلف استفاده نمود:

- ۱ - در مواردی که عملیات حرارتی شدیدتر از پاستوریزاسیون موجب صدمه به کیفیت محصول می شود، مثل شیر.
- ۲ - پاستوریزاسیون موجب از بین رفتن میکروبهای بیماریزای پاتوژن می شود، مثل شیر.
- ۳ - میکروبهای عامل فساد خیلی نسبت به حرارت مقاوم نیستند.
- ۴ - با از بین بردن میکروبهای بیماریز و عامل فساد باید زمینه را برای انجام فعالیت های کنترل شده میکروارگانیسم ها مهیا کند، مثل فرایند تخمیر.

زمان و درجه حرارتی که در پاستوریزاسیون محصولات مختلف استفاده می شود، تابع عوامل مختلفی است ولی ۲ عامل عمده بیش از همه مورد توجه است:

- ۱ - میزان مقاومت حرارتی یاخته های رویشی که فرایند حرارتی برای از بین بردن آنها طراحی شده است.
- ۲ - حساسیت ماده غذایی به حرارت.

## ۴ - Sterilization

هدف اصلی این فرایند، از بین بردن تمامی فرمهای رویشی و اسپوری میکروارگانیسم ها و امکان قابلیت نگهداری محصول تا مدت های طولانی است.

با توجه به این که اسپور میکروارگانیسم ها بسیار مقاوم تر از یاخته های رویشی آنهاست، هدف اصلی در فرایند استریلیزاسیون از بین بردن مقاوم ترین اسپور میکروارگانیسم ها به حرارت است.

در فرایند استریلیزاسیون ۲ واژه وجود دارد:

۱ - Absolute. S (استریلیزاسیون مطلق)

۲ - Commercial. S (استریلیزاسیون تجارتي)

## تعریف استریلیزاسیون مطلق

استریلیزاسیون مطلق در واقع همان تعریف اولیه و کلی که اشاره شد، است. یعنی از بین رفتن کلیه اسپورها و یاخته های رویشی میکروارگانیسم ها در اثر فرایند حرارتی.

آیا رسیدن به چنین نقطه ای از نظر استریلیزاسیون امکان پذیر است و یا به لحاظ اقتصادی به صرفه است؟ این امر بحث جدیدی به دنبال دارد، تحت عنوان استریلیزاسیون تجارتي (Partial. S یا استریلیزاسیون جزئی). یعنی اینکه در کنار قابلیت ماندگاری طولانی چند فاکتور دیگر مورد نظر قرار گرفته است:

۱ - قابلیت ماندگاری

۲ - حفظ ارزش های تغذیه‌ای

۳ - حفظ بافت و حصول

۴ - به حداقل رساندن هزینه‌های فرایند

بر این اساس در استریلیزاسیون تجارتي برای رسیدن به همه این ویژگیها، فرایند حرارتي طوري طراحی می‌شود که اولاً مقاوم‌ترین اسپور میکروارگانیسم‌های عامل بیماری از بین بروند و ثانیاً: به تبع آن بسیاری از یاخته‌های رویشی میکروارگانیسم‌های عامل فساد از بین خواهد رفت. ولی امکان زنده ماندن اسپور برخی از میکروارگانیسم‌های عامل فساد در فرآورده وجود دارد و امکان فعالیت آنها بسیار ناچیز است و در همین شرایط محصول را می‌توان برای مدتهای بسیار طولانی نگهداری نمود.

بهترین نمونه: معمولاً در کنسروهای کم اسید شاخص عمده برای استریل کردن، از بین رفتن اسپورهای *Cl. botulinum* است. علیرغم اینکه اسپورهای مقاوم‌تری به حرارت مثل باسیلوس استئاروترموفیلوس *B. stearo* "hermophilus" ممکن است در محیط وجود داشته باشد.

تفاوت استریلیزاسیون، مطابق با استریلیزاسیون تجارتي

در استریلیزاسیون مطلق، به شکل مطلق به دنبال از بین رفتن همه فرمهای میکروبی (رویشی، اسیدی) هستیم و در استریلیزاسیون تجارتي چون فاکتورهای دیگری نیز مورد نظر است، ترکیبی از زمان و درجه حرارت استفاده می‌شود که حداکثر قابلیت نگهداری را داشته باشیم و در کنار آن بتوانیم بیشترین ماده مغذی را داشته باشیم و بافت محصول را حفظ کنیم و همچنین هزینه‌های فرایند آنقدر نباشد که قیمت تمام شده محصول را به شکل زیادی بالا ببرد و در عین حال سلامت محصول تضمین شود.

## مقاومت حرارتي میکروارگانیسم‌ها

عوامل موثر در مقاومت حرارتي میکروارگانیسم‌ها:

۱ - مقاومت ذاتی *intrinsic resistance*:

مانند تفاوتی که بین گونه‌های مختلف، نژادهای مختلف وجود دارد یا مقاومتی است که اسپورها به شکل ذاتی بیشتر از یاخته‌های رویشی دارند.

مقاومت ذاتی به ترکیبات تشکیل دهنده پیکر میکروارگانیسم بستگی دارد. همچنین حفاظ‌هایی طبیعی ممکن است وجود داشته باشد که سبب افزایش مقاومت میکروارگانیسم میشود. در این بحث انسان کمترین نقش را دارد.

۲ - شرایط محیطی رشد:

$pH$ ،  $a_w$ ، مواد غذایی، ترکیبات آلی و غیر آلی موجود در محیط.

۳ - اختصاصات محیطی که حرارت می بیند:

pH محیط (شرایطی که میکروارگانیسم در آن حرارت می بیند)، وجود ترکیبات دیگر محیط .

۴ - سن میکروارگانیسم - دوره رشد (فاز رشد).

## نکات مهم در مرگ حرارتی میکروارگانیسم‌ها

### ۱ - توزیع نرمال مقاومت حرارتی میکروبیها

در یک جمعیت میکروبی که حرارت می دهند (در یک فراورده یا یک کشت خالص از میکروارگانیسم)، اگر منحنی

مقاومت حرارتی میکروارگانیسم را رسم کنیم:

الف) یک دسته محدودی از میکروارگانیسم‌ها هستند که مقاومت حرارتی آنها نسبت به بقیه خیلی کمتر است.

ب) بخش اعظم میکروارگانیسم‌ها در محدوده مرکزی قرار دارند یعنی دارای میانگین مقاومت شناخته شده برای

میکروارگانیسم خاص هستند.

ج) بخش کمی نیز مقاومت حرارتی بین از حد نرمال و میانگین است.

### ۲ - رابطه بین زمان حرارت دادن و درجه حرارت

هر چه قدر درجه حرارت را افزایش دهیم، مدت زمانی که لازم است گروهی از میکروارگانیسم‌ها یا یک

میکروارگانیسم از بین رود کاهش می یابد.

به عنوان مثال ترکیب زمان و درجه حرارت برای از بین بردن کلیه اسپوره‌های یک نمونه عصاره ذرت ذکر شده است:

نمونه آن عصاره ذرت: در  $135^{\circ}\text{C}$ ، ۱ دقیقه طول می کشد تا کل اسپورها از بین برود.

درجه حرارت $^{\circ}\text{C}$	زمان حرارت دادن (دقیقه)
۱۰۰	۱۲۰۰
۱۰۵	۶۰۰
۱۱۰	۱۹۰
۱۱۵	۷۰
۱۲۰	۱۰
۱۲۵	۷
۱۳۰	۳
۱۳۵	۱

### ۳ - جمعیت اولیه میکروارگانیسمها

هر چه درجه حیت اولیه میکروبی در محصول حرارت داده شده بیشتر باشد، در یک درجه حرارت ثابت مدت زمان بیشتری را لازم دارد. این امر اهمیت بار میکروبی اولیه ماده غذایی را نشان می دهد.

تعداد باکتری ها در میلی لیتر	زمان حرارت دادن
۵۰۰۰۰	۱۴
۵۰۰۰	۱۰
۵۰۰	۹
۵۰	۸

### ۴ - زمینه قبلی و تاریخچه رشد سلولهای ریشی یا تولید اسپور

عوامل مهم رشد (M.O)

الف) محیط کشت:

محیطی که میکروارگانیسمها در آن رشد می کنند در مقاومت حرارتی تأثیر مهمی دارد، و هر کدام از اجزاء محیط کشت تأثیر متفاوتی روی آن می گذارند. هر چه قدر محیط کشت برای رشد بهتر و مناسب تر باشد، سلولها یا اسپورهای مقاوم به حرارت بیشتری تولید می شود. اگر مقدار کمی گلوکز در ترکیبات محیط کشت وجود داشته باشد، منجر به افزایش مقاومت حرارتی می شود، ولی اگر مقدار قند از حدی افزایش پیدا کند، خصوصاً بدین جهت که وجود مقدار زیادتر قند سبب افزایش میزان اسید تولید شده توسط برخی از میکروارگانیسمها می شود، مقاومت حرارتی میکروارگانیسمها کاهش می یابد.

وجود انواع مختلف نمکها و یونها مثل فسفات و یون Mg و انواع دیگر یونهای فلزی، هر کدام تأثیرات مختلفی را در افزایش یا کاهش مقاومت حرارتی دارند که یکسان نیست.

ب) درجه حرارت رشد:

افزایش دمای نگهداری تا رسیدن به نقطه اپتیمم رشد میکروارگانیسم، موجب افزایش مقاومت حرارتی می شود. در مورد برخی میکروارگانیسمها، افزایش دما تا رسیدن به نقطه Max رشد، سبب افزایش مقاومت حرارتی آنها می شود. در *E. Coli* نقطه اپتیمم ۳۷-۳۸ °C است، مقاومت حرارتی نسبت به *E. Coli* که در ۲۸ °C رشد کرده بیشتر است.

نگهداری مواد غذایی حائز اهمیت است یعنی اگر میکروارگانیسم در شرایط سرما رشد کند، مقاومت حرارتی آن کم خواهد بود (علاوه بر آن که سرما سبب کند کردن یا توقف فعالیت میکروارگانیسمها می شود).

مثال: *B. subtilis*، دمای اینکوباتور رشد وقتی  $23-21^{\circ}\text{C}$  باشد، زمان لازم برای نابودی آن در  $100^{\circ}\text{C}$ ، ۱۱ دقیقه بوده، در  $37^{\circ}\text{C}$  (پتیمم)، ۱۶ و در  $41^{\circ}\text{C}$ ، ۱۸ بوده است.

(ج) فاز رشد و سن رشد میکروارگانیسم:

میکروارگانیسم‌ها بسته به این که در چه مرحله‌ای از رشد باشند یا سن آنها چقدر باشد، مقاومت حرارتی متفاوت دارند.

بطور عام، مقاومت حرارتی باکتریها (میکروارگانیسم‌ها) در مرحله انتهائی lag phase (فاز تأخیری) بیشترین مقدار را دارد و در طول دوره رشد (log) کمترین مقاومت را دارد.

I: فاز تأخیری: lag phase

II: فاز لگاریتمی: log phase

III: فاز ثابت: Stationary phase

IV: فاز مرگ: Death phase

به صورت تقریباً کلی می‌توان گفت که باکتری در فاز سکون (ثابت) نسبت به فاز تأخیری مقاومت کمتری دارد ولی از فاز log مقاومت بیشتری دارد.

اسپورها هر چقدر جوانتر باشند، مقاومت حرارتی کمتری دارند.

(د) شرایط محیطی که میکروارگانیسم در آن حرارت می‌بیند

۱ - رطوبت: میزان مقاومت حرارتی میکروارگانیسم در شرایط مرطوب کمتر است.

۲ - pH (غلظت یون هیدروژن): میکروارگانیسم‌ها اگر در محیطی حرارت ببینند که pH آن نزدیک به خنثی باشد، مقاومت حرارتی آن بیشتر است. افزایش pH (قلیائی شدن) یا کاهش pH (اسیدی شدن) سبب افزایش سرعت نابودی میکروارگانیسم یا کاهش زمان زنده ماندن یا کاهش مقاومت حرارتی میکروارگانیسم می‌شود. مثلاً در یک نمونه در باسیلوس:

pH	زمان زنده ماندن
۴/۴	۲'
۵/۶	۷'
۶/۸	۱۱'
۷/۶	۱۱'
۸/۴	۹'

۳- ترکیبات محیط (ترکیبات سویترا):

الف) نمک طعام (کلوروسدیم): در غلظت‌های پائین تا حدی روی اسپورها در مقابل حرارت نقش محافظتی دارد (حد غلظت ۳-۳/۰٪).

ب) وجود شک یا قند: غلظت اپتیمی که هر میکروارگانیسم می‌تواند قند را تحمل کند، متفاوت است ولی وجود مقادیری از قند، اثر محافظتی روی میکروارگانیسم دارد و به نوعی سبب افزایش مقاومت حرارتی می‌شود.

ج) وجود ترکیبات چرب مثل روغن‌ها و چربیها و پروتئین‌ها، نقش محافظت‌کنندگی دارد. نقش چربیها شناخته شده‌تر و قابل توجه‌تر است، چون به عنوان عایق عمل می‌کنند و قابلیت انتقال حرارت را در محیط کاهش می‌دهند، در نتیجه مقاومت حرارتی میکروارگانیسم افزایش می‌یابد. خامه دارای چربی بیشتر و مقداری پروتئین است.

هر چقدر از سمت خامه به سمت محیط مایع (Broth) می‌آئیم، زمان لازم برای از بین بردن باکتری کاهش می‌یابد (چربی و پروتئین کم می‌شود) که نشان دهنده اثر مقاومتی حرارتی پروتئین‌ها و چربیهاست.

### مقاومت حرارتی کپک‌ها

مقاومت حرارتی کپک‌ها و اسپورکپک‌ها شبیه به مقاومت حرارتی مخمرهاست و در دمای حدود  $60^{\circ}\text{C}$  در زمان حدود ۱۰-۱۵ دقیقه می‌روند و فرایندی مثل پاستوریزاسیون شیر باعث از بین رفتن کپک‌ها می‌شود. اسپورکپک‌ها مقاومت حرارتی آن کمی بیشتر از خودکپک‌هاست. تفاوت مقاومت حرارتی که بین یاخته رویشی باکتریها و اسپور آنها وجود دارد، در مورد کپک‌ها وجود ندارد.

گونه‌های خاصی هستند که مقاومت آنها نسبت به سایر کپک‌ها بیشتر است مثل گونه‌های اسپرژیلوس، بعضی از پنی‌سیلیوم‌ها و برخی از موکورها (Mocur) که جزء کپک‌های مقاوم به حرارت هستند.

### مقاومت حرارتی مخمرها

در مورد مخمرها نیز به همین صورت است. یعنی میانگین دمای از بین رفتن آنها  $60^{\circ}\text{C}$  در مدت زمان ۱۰-۱۵ دقیقه است.

### مقاومت حرارتی باکتریها

۱- مقاومت باکتریهای کوکسی شکل نسبت به باسیل‌ها (میله‌ای شکل) بیشتر است.

۲- هر چقدر که حرارت اپتیمم و max رشد باکتری بیشتر باشد، مقاومت حرارتی آن نیز بیشتر است.

۳- باکتریهای خوشه‌ای شکل یا آنهایی که قادرند کپسول ایجاد کنند، مقاومت حرارتی بیشتری دارند.



## اساس مرگ حرارتی

اساس مرگ حرارتی میکروارگانیسم‌ها، تأثیری است که درجه حرارت‌های بالا روی ترکیبات پروتئینی موجود در میکروارگانیسم‌ها می‌گذارد. به عبارت دیگر، با استفاده از حرارت‌های بالا، قدرت تولید مثل میکروارگانیسم‌ها به دلیل این که یک ژن یا یک پروتئینی که نقش اساسی در تولید مثل دارد، در اثر حرارت دناتوره می‌شود. علاوه بر این ممکن است، در اثر حرارت آنزیمهای موردنیاز برای متابولیسم میکروارگانیسم نیز دناتوره شود. در اثر حرارت، زنجیره DNA ممکن است شکستد، غشای سیتوپلاسمی ممکن است صدمه ببیند و نهایتاً پروتئین‌هایی که در تنفس سلول یا تقسیم سلول دخالت دارند، دناتوره شوند.

## کینتیک مرگ حرارتی میکروارگانیسم‌ها "Thermal Death Kinetic"

وقتی منحنی بقا یا میزان زنده ماندن میکروارگانیسم‌ها را یا به عبارت دیگر میزان کاهش میکروارگانیسم‌ها را در یک درجه حرارت و زمان مشخص رسم کنیم، نشان می‌دهد که کاهش یا مرگ میکروارگانیسم‌ها بصورت لگاریتمی است، مثل منحنی رشد آنها که لگاریتمی است. منتهی بر خلاف تصور، این منحنی همیشه خط راست نیست و معمولاً انحرافات در ۲ نقطه وجود دارد:

۱ - ابتدای منحنی که شانه منحنی "Shoulder" گفته می‌شود (ابتدای زمانی که حرارت دادن شروع می‌شود).

۲ - انتهای منحنی که دم منحنی "Tailing" گفته می‌شود (انتهای زمان حرارت دادن).

در بخش اصلی منحنی که در واقع بخش خط راست منحنی است، روند کاهش میکروارگانیسم‌ها یا مرگ آنها یک کاهش لگاریتمی است.

## علت ایجاد مقاومت در ابتدای زمان حرارت دادن (Shoulder)

۱ - در هر میکروارگانیسم یک نقطه حساس وجود دارد که باید چند ضربه حرارتی ببیند تا از بین برود.

۲ - فرضیه دیگر آن است که در هر میکروارگانیسم چند نقطه حساس به حرارت وجود دارد که هر کدام از نقاط باید یکبار شوک حرارتی ببیند. در واقع تأخیری که در کاهش لگاریتمی بوجود می‌آید، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا هر کدام از نقاط باید ضربه ببینند، یا نقطه حساسی که باید چند ضربه حرارتی ببیند.

نکته: در ابتدا و انتهای منحنی، افزایش مقاومت حرارتی وجود دارد.

## علت ایجاد مقاومت حرارتی در انتهای منحنی (Tailing)

در یک جمعیت میکروبی خاصی که حرارت داده می‌شود، بخشی از میکروارگانیسم‌ها مقاومت بیشتر و بخشی

سازد. "این مسئله را می‌توان به دلیل وجود میکروارگانیسم‌هایی که در شرایط نامساعد زندگی می‌کنند و به حرارت مقاوم‌ترند، نسبت داد."

کمتر دارند. علت اینست که معمولاً در هر جمعیت میکروبی یکسری از میکروارگانیسمها هستند که مقاومت آنها به شکل طبیعی بیش از سایر میکروارگانیسمهاست.

## اهداف فرایندهای حرارتی

در فرایندهای حرارتی چند هدف دنبال می شود:

- ۱ - تولید ماده غذایی نه فاقد میکروارگانیسمهایی زندهٔ بیماریزا باشد. با این کار سلامت مصرف کننده تأمین و تضمین می شود.
- ۲ - میکروارگانیسمها یا آنزیمهای عامل فساد که در طول دورهٔ نگهداری، قابلیت نگهداری محصول را کاهش می دهند، از بین ببریم.
- ۳ - حفظ مطلوب عوام کیفیت که در مورد هر محصول شناخته شده است. مثل: رنگ محصول، بافت محصول، مواد مغذی محصول و....

دو هدف اول را می توان با استفاده از حرارت های بالا، به آن رسید (over heating).

برای رسیدن به هدف سوم، که عامل کیفیت است و در واقع بسیاری از محاسبات حرارتی که انجام می گیرد برای اینست که به ترکیبی از زمان و درجه حرارت برسیم که این ترکیب، حداقل زمان و حداقل درجه حرارت باشد، برای حفظ حداکثر کیفیت محصول، برای انجام این محاسبات ۲ ابزار مهم لازم است:

۱ - شناخت مقاومت حرارتی میکروارگانیسم و دانستن مقاومت حرارتی میکروارگانیسم (منحنی آن) و مقاومت حرارتی آنزیم.

۲ - منحنی انتقال حرارت یا منحنی نفوذ حرارت در ماده غذایی بویژه در شرایطی که فرایند حرارتی انجام می گیرد.

## شاخص های مرگ حرارتی

کاهش تعداد میکروارگانیسمها در اثر حرارت از یک سیر نزولی لگاریتمی پیروی می کند و معادله ای است از نوع درجه اول. در محاسبه میزان مقاومت میکروارگانیسمها نسبت به حرارت چند شاخص وجود دارد:

۱ - شاخص D یا عدد D (Decimal Reduction time) (D - Value)

تعریف D

مدت زمانی که لازم است تا جمعیت میکروارگانیسمها در یک درجه حرارت مشخص به ۱۰٪ تعداد اولیه آن

کاهش پیدا کند یا یک سیکل لگاریتمی (۹۰٪ جمعیت میکروارگانیسمها) کم شود.

در منحنی، روی محور Y تعداد میکروارگانیسمها و روی محور Xها زمان (دقیقه) را در نظر می گیریم. در واقع،

جمعیت میکروارگانیسم‌ها را در زمانهای مختلفی که در یک درجه حرارت ثابت، حرارت می‌بیند، نشان می‌دهیم. شکل کلی منحنی بصورت منحنی نزولی خط راست خواهد بود.

با محاسبه شیب خط،  $D$  محاسبه می‌شود. یعنی اگر جمعیت از  $10^6$  به  $10^4$  کاهش یابد، از محاسبه شیب منحنی در دو نقطه و اختلاف آنها،  $D$  بر حسب دقیقه محاسبه می‌شود.

$$D \text{ value} = \frac{1}{\text{slope}}$$

عدد  $D$ ، نشان دهنده مقاومت میکروارگانیسم نسبت به یک درجه حرارت مشخص است.

$$y - y_1 = m(x - x_1) \Rightarrow m(\text{slope}) = \frac{y - y_1}{x - x_1}$$

از منحنی فوق ۲ نتیجه می‌توان گرفت:

۱ - هر چقدر جمعیت اولیه میکروبی بیشتر باشد، مدت زمان بیشتری لازم است تا بتوان تعداد میکروارگانیسم‌ها را به یک حد مشخص کاهش داد. این مطلب، بیانگر اهمیت آماده سازی‌های اولیه در مورد مواد غذایی قبل از پروسه حرارتی نهایی است و یا این که چقدر عملیات آماده سازی می‌تواند در کاهش بار میکروبی اولیه مؤثر باشد. عملیات آماده سازی می‌تواند، شستن، سرد نگهداشتن، پوست‌گیری و یا عملیات حرارتی اولیه مثل Blanching قبل از پروسه حرارتی نهایی باشد.

۲ - تعداد میکروارگانیسم‌ها هیچ وقت به صفر نمی‌رسد:

الف) چون کاهش بصورت لگاریتمی است، پس هیچگاه صفر نمی‌شود.

ب) چون رابطه لگاریتمی است و لگاریتم هیچ عددی صفر نمی‌باشد یعنی اگر که مثلاً یک محصول قوطی شده را در نظر بگیریم، تعداد میکروارگانیسم‌های اولیه  $10^4$  باشد و سیکل کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها را به میزان  $6D$  انجام دهیم (۶ بار کاهش را انجام دهیم)، تعداد میکروارگانیسم‌های زنده‌ای که می‌مانند  $10^{-2}$  خواهد بود (در هر  $100$  قوطی احتمال زنده ماندن ۱ میکروارگانیسم وجود دارد، نه این که  $\frac{1}{100}$  یک میکروارگانیسم باقی می‌ماند).

$$10^{-2} \rightarrow 10^{-1} \rightarrow 1 \rightarrow 10^1 \rightarrow 10^2 \rightarrow 10^3 \rightarrow 10^4$$

یکی دیگر از علل عدم استفاده از استریلیزاسیون مطلق اینست که تعداد میکروارگانیسم در اثر حرارت‌های خیلی زیاد هم به صفر نمی‌رسد.

در عمل نمی‌توان یک فراورده ۱ تحت درجه حرارت ثابتی قرار دارد و از ترکیبات مختلف زمان و دما استفاده می‌شود.

### منحنی زمان مرگ حرارتی (TDT) (Thermal Death Time)

محور  $x$ : درجه حرارت‌های مختلف

محور  $y$ :  $D$

این منحنی نشان می‌دهد که به ازاء چقدر تغییر درجه حرارت،  $D$  یک سیکل لگاریتمی کاهش خواهد یافت. منحنی تقریباً به صورت یک خط راست که شیب آن بسته به نوع میکروارگانیسم متفاوت خواهد بود از روی شیب منحنی  $Z$  را محاسبه می‌کنند.

## ۲ - شاخص $Z$ یا عدد $Z$ (Z - Value)

تعریف: مقدار درجه حرارتی که لازم است افزایش یابد تا  $D$  - Value در مورد هر نوع میکروارگانیسم به  $0.1$  میزان اولیه خود برسد (یک سیکل کاهشی صورت گیرد).

هر چقدر در مورد یک باکتری، میزان شیب منحنی بیشتر باشد، برای کاهش زمان استریلیزاسیون به  $0.1$ ، افزایش درجه حرارت بیشتری مورد نیاز است. بدین معنا که، هر چقدر که  $Z$  در مورد یک میکروارگانیسم بیشتر باشد، افزایش درجه حرارت در کوتاه کردن زمان نابودی میکروارگانیسم کمتر مؤثر خواهد بود. هر چقدر مقدار  $Z$  بیشتر باشد، شیب منحنی آن کمتر خواهد بود. هر چقدر مقاومت میکروارگانیسم بیشتر باشد،  $Z$  بیشتر و در نتیجه اثر حرارت روی میکروارگانیسم کمتر خواهند بود.

## ۳ - F - Value

در انجام فرایندهای حرارتی در محصولات کم اسید ( $pH > 4.6$ )، یعنی در جایی که میکروارگانیسم شاخص اسپوره‌های *Cl. botulinum* است برای نابودی آنها از دمای  $121/1^\circ C = 250^\circ F$  استفاده می‌شود.

## تعریف F - value

مدت زمان لازم برای تخریب تعداد معینی از این اسپوره‌هاست که معمولاً با  $F_0$  نیز نشان می‌دهند که برابر است با تعداد دقیقی که لازم است تعداد مشخصی از اسپور در دمای  $121/1^\circ C$  از بین برود با فرض این که  $Z = 10$  باشد.

## ۴ - 12 D concept (مفهوم ۱۲D)

یعنی این که در فرآورده‌هایی که کم اسیدند ( $pH > 4.6$ )، هدف فرایندهای استریل کردن اینست که هر چقدر که بار میکروبی اولیه است، در طول فرایند حرارتی بتوان  $12D$  یا به اندازه  $12$  سیکل لگاریتمی، تعداد میکروارگانیسم‌ها را کاهش داد.

## Blanching

برای کنترل و از بین بردن فعالیت‌های آنزیمی در میوه‌جات و سبزیجات استفاده می‌شود که قبل از فرایندهایی مثل انجماد، خشک کردن و استریل کردن صورت می‌گیرد.

بلانچینگ به عنوان روش نگهداری مستقل نیست بلکه بیشتر جنبه آماده سازی محصول قبل از انجام فرایندها را دارد. گاه از خود بلانچینگ در جهت پوست‌گیری و تمیز کردن محصول نیز استفاده می‌شود. (برای صرفه جویی در

از مقاومترین آنزیمها نسبت به حرارت، کاتالاز و پراکسیداز هستند. ولی خود این آنزیمها موجب تخریب ماده غذایی نمی شود. از این آنزیمها به عنوان شاخص کمایت بلانچینگ استفاده می شود. از بین اینها، مقاومت حرارتی پراکسیداز بیشتر است.

### روشهای بلانچینگ (در صنعت)

۱ - Steam: به عنوان منبع حرارتی از بخار یا Steam استفاده می شود.

۲ - Hot water: به عنوان منبع حرارتی از بخار آب داغ استفاده می شود.

هر دو روش ساده اند و میزان هزینه آنها به نسبت پائین است.

در واقع تغییرات تکنولوژیکی که در مورد ساخت Blancherها انجام شده، عموماً اصول اولیه یکسانی دارند و تفاوت عمده آنها اینست که:

۱ - میزان مصرف انرژی تا حد ممکن کاهش یابد

۲ - میزان ازدست رفتن مواد محلول از مواد غذایی به حداقل برسد.

هر چه قدر که میزان از دست رفتن مواد غذایی در اثر بلانچینگ کم شود، باعث می شود که آلودگی پساب این کارخانجات نیز کمتر شود و در کنار آن باعث افزایش راندمان می شود.

در برخی روشها، مرحله سرد کردن از نظر تأثیر آن روی میزان از دست رفتن مواد مغذی بیشتر از خود بلانچینگ است. به عبارت دیگر، در برخی روشها بسته به روش سرد کردن مقدار زیادی از مواد مغذی محصول بلانچ شده را از دست می دهیم.

اگر مقایسه کلی صورت گیرد، در روش بلانچ کردن با بخار، میزان مواد مغذی بیشتری در داخل محصول باقی می ماند. مشروط به این که مرحله سرد کردن نیز با استفاده از هوای سرد باشد و یا اگر که از آب سرد استفاده می شود. آنرا اسپری کنیم. در حالی که از آب جاری برای سرد کردن محصول بلانچ شده استفاده گردد، میزان مواد مغذی که به بیرون تراوش می شود و از بین می رود، بیشتر است. آبی را که در حین عملیات سرد کردن و عملیات بلانچینگ استفاده می شود، می توان مجدداً استفاده نمود که با این کار حجم پساب کاهش می یابد (رعایت شرایط بهداشتی حتماً باید بشود).

بهتر دو روش مذکور، از ماکروویو نیز به عنوان یک روش حرارتی که می توان در بلانچینگ به کار گرفت، استفاده می شود ولی شکل صنعتی ندارد.

## انرژی

سبزیجاتی مثل پیاز و فلفل، بجز نیاز به بلانچینگ ندارند ولی قریب به اتفاق میوه‌جات و سبزیجات، اگر کار بلانچینگ روی آنها صورت نگیرد، در طول نگهداری یا فرایندهای مختلف، دچار تجزیه و فساد خواهند شد. برای بلانچینگ از یک دما و زمان مشخص استفاده می‌شود. سپس انرا تا رسیدن به دمای محیط سرد می‌کنند. مدت زمان لازم برای بلانچینگ یک محصول به عوامل مختلفی بستگی دارد:

۱ - نوع میوه و سبزی

۲ - اندازه قطعات

۳ - دمای مورد استفاده

۴ - روش حرارتی مورد استفاده

نه سرمای انجماد و نه دمای خشک کردن محصول، هیچ کدام برای غیر فعال کردن آنزیم‌ها کافی نیست. در مورد محصولاتی که استریل می‌شوند، چون مدت زمانی طول می‌کشد تا به دمای استریل برسند، فعالیت‌های آنزیمی ممکن است حتی در استریل کردن هم رخ دهد. دمای استریل آنزیم‌ها را غیر فعال می‌کند. بخصوص در مورد محصولات قوطی شده بویژه اگر قوطی بزرگ باشد و مدت زمانی طول بکشد تا مرکز قوطی به دمای استریل برسد، امکان انجام فعالیت‌های آنزیمی وجود دارد.

اگر محصولی را بلانچ کنیم ولی زمان نگهداری محصول در بلانچ کافی نباشد (ناکافی بودن عملیات بلانچینگ یا *under - Blanching*)، اثرات منفی آن گاهی بیشتر از موقعی است که محصول را اصلاً بلانچ نمی‌کنیم. حرارتی که داده می‌شود قادر است، بخشی از آنزیمها را غیر فعال کند و بخشی را فعال نگه دارد. به بافت محصول صدمه می‌رساند که باعث می‌شود در اثر حرارت ناکافی سوپسترا و آنزیم که از هم دور بودند در دسترس هم قرار گیرند و سبب تشدید فعالیت‌های آنزیمی شود. علاوه بر این، حرارت ناکافی ممکن است برخی از آنزیم‌ها را از بین ببرد و محیط برای آنهایی که باقی می‌مانند، مساعد شود.

مقاومت حرارتی آنزیم‌ها هم مثل میکروارگانیسم‌ها، از شاخص‌های *D* و *Z* تبعیت می‌کنند.

آنزیم‌هایی که باعث کاهش ارزش‌های تغذیه‌ای در میوه‌جات و سبزیجات می‌شوند، مختلف هستند که مهم‌ترین آنها:

۱ - لیبوکسی ژناز

۲ - پلی فنل اکسیداز

۳ - پلی گالاکتوروناز

۴ - کلروفیلاز

## مقایسه روش‌های بلانچینگ

### مزایای استفاده از روش بخار (Steam)

- ۱ - میزان از دست رفتن مواد محلول کمتر است.
- ۲ - میزان پساب حاصل از بلانچینگ کمتر است. به تبع آن میزان مواد محلول که وارد پساب می‌شود نیز کمتر است. بویژه اگر برای سرد کردن از هوای سرد استفاده شود.
- ۳ - براحتی می‌توان Blancherها را استریل کرد.

### محدودیت‌های روش بخار

- ۱ - اگر از این روش استفاده شود، اثرات تمیزکنندگی آب وجود ندارد یا کم است (محدودیت شستشو، پس قبل از انجام بلانچینگ باید محصول را شست).
- ۲ - در مقایسه با Blancherهای آبی، سرمایه ثابت بیشتری را نیاز دارند.
- ۳ - اگر محصولی که بلانچ می‌شود، به شکل رویهم انباشته شده باشد، معمولاً کار بلانچینگ با یکنواختی کافی صورت نمی‌گیرد.
- ۴ - بازیافت انرژی بین سیستم کمتر از سیستم‌های آبی است.

### مزایای بلانچ‌های آبی (Hot water)

- ۱ - سرمایه‌گذاری ثابت کمتری را نیازمندند، در مقایسه با بلانچ‌های بخار.
- ۲ - بازیافت انرژی بهتر امکان‌پذیر است.
- ۳ - شستشوی محصول انجام می‌شود.

### محدودیت بلانچ‌های آبی

- ۱ - میزان مواد جامد از دست رفته زیاد است. موادی مثل ویتامین‌ها و مواد معدنی و قندها.
- ۲ - هزینه‌ای که برای آب مصرفی تحمل می‌شود، زیادتر است.
- ۳ - هزینه‌ای که صرف سالم‌سازی و تصفیه پسابی که از کارخانه خارج می‌شود، می‌گردد زیادتر است.

## تجهیزاتی که برای بلانچ‌های بخاری استفاده می‌شود

### ۱ - (روشن معمولی)

یکه نوار نقاله و تونلی که روی نوار وجود داد و بخار که از نازل بخاری که زیر نوار یا اطراف نوار تعبیه شده‌اند، خارج می‌شود.

اشکال این بلانچرها این است که اگر محصول روی نوار بصورت یک لایه نباشد، در حین حرکت محصول روی نوار، توزیع حرارت بطور یکنواخت صورت نمی‌گیرد و اگر دما و زمان طوری باشد که مرکز به دمای مطلوب برسد،

قسمت سطح حرارت بیشتری می بیند.

## ۲ - بلانچرهای (Individual quick Blancher) IQB

این بلانچرها در جهت حل مشکل فوق ساخته شده اند و در آنها کار بلانچینگ در ۲ مرحله انجام می گیرد:

۱ - در مرحله اول، محصول بصورت لایه نازکی در تماس با دمای بالا قرار می گیرد تا آنزیم ها غیر فعال شوند.

۲ - در مرحله دوم، محصول به شکل چند لایه رویهم قرار گرفته تا تحت تأثیر بخاری که به محصول داده می شود،

برای مدت زمان لازم تحت آن دما قرار گیرد تا مرکز آن تحت تأثیر دمای لازم قرار گیرد.

در مقایسه با روش قبلی، مدت زمان بلانچینگ کاهش می یابد.

در این لایه نازک ابتدا سطح به دمای لازم رسیده و در مرحله دوم که رویهم قرار گرفته اند، انتقال حرارت و بخار

پراکنده در فضای بازتر و زمان لازم باعث می شود که مرکز هم به دمای لازم برسد (بازیافت انرژی).

در اینجا یک نوار بالابر به شکل کاسه ای است که خود محصول را به قسمت نوار می رساند. در این مرحله محصول

به شکل تک لایه ریخته می شود و حرارت اولیه را می بیند، در فاز دوم، در نوار دوم، رویهم قرار گرفته و مرکز هر قطعه

گرم می شود.

در بلانچرهای با آب داغ طرحهای مختلفی وجود دارد. انواع مداوم آن عبارتند از:

### ۱ - Reel blancher (بلانچرهای سیلندری یا استوانه ای)

یکی از بلانچرهای آبی است که از یک سیلندر در حال چرخش که تا نیمه در داخل آب داغ قرار دارد، تشکیل شده

است. سیلندر مشبک است و محصول از یک طرف داخل آن می شود. در جداره های سیلندر ماریچ هایی تعبیه شده

که با چرخش آنها محصول به جلو هدایت شده تا خارج شود. دمای آب و سرعت سیلندر، هر دو قابل تغییر است.

سیستم غیر مداوم (Batch): از یک مخزن کم عمق در جداره که در آن بخار به عنوان منبع حرارتی است و در

داخل مخزن سبکی وجود دارد استفاده می شود. یک طرف دسته است و طرف دیگر ثابت (لولا) است. محصول را

داخل سبد ریخته و آب را داغ می کنند.

### ۲ - Pipe blancher (بلانچرهای لوله ای): (مداوم)

لوله های فلزی هستند که در قسمت جدار خارجی ایزوله دارند. محصول در داخل این لوله ها همراه با جریان آب

داغ موجود حرکت می کند و بلانچ می شود. مدت زمان بلانچ شدن را می توان با سرعت جریان آب تنظیم کرد.

با توجه به ظرفیت بالای لوله ها و اشغال کردن فضای کم در کارخانه یکی از سیستم های مفیدی است که می توان

استفاده نمود.

از این سیستم های لوله ای می توان به عنوان یک سیستم حمل و نقل نیز استفاده نمود (محصول علاوه بر بلانچ

شدن، منتقل هم می شود).



۳ - نوعی دیگر از بلانچرهای آبی، چند مرحله‌ای است که در آن سه قسمت وجود دارد:

الف - قسمت Pre - Heating (آب ولرم): محصول روی نوار B (بلانچینگ) قرار دارند، آب ولرم به آن اضافه می‌شود.

ب - محصول با آب داغ به دمای معین می‌رسد (آب داغ).

ج - مرحله سرد کردن (آب معمولی یا آب سرد).

در زیر این مجموعه، مرحله بازیافت انرژی نیز وجود دارد. آب سرد که روی محصول ریخته می‌شود، موقع خارج شدن گرم می‌شود که این آب در داخل یک Exchanger به عنوان عامل حرارتی برای آب مرحله pre - heating استفاده می‌شود. آب فقط در یکجا از هیتر عبور می‌کند و آن هم آب داغ است.

### تأثیر بلانچینگ روی ماده غذایی

علیرغم این که دمائی که به محصول می‌رسد در بلانچینگ کم است این فرآیند روی ویژگی‌های حسی و بافت محصول اثر می‌گذارد که البته نسبت به استریلیزه کمتر است. بخشی از مواد معدنی، ویتامین‌های محلول در آب و سایر ترکیبات محلول در آب بر اثر بلانچینگ از بین می‌رود و وارد پساب می‌شود.

از بین رفتن ویتامین‌ها به ۳ دلیل است:

۱ - در اثر وارد شدن ویتامین‌های محلول در آب به پساب

۲ - در اثر اکسیداسیون (مقدار کمی)

۳ - در اثر حرارت بلانچینگ

معمولاً از اسیداسکوربیک به عنوان شاخص کیفیت محصول بعد از بلانچینگ استفاده می‌شود. هر چقدر میزان از بین رفتن اسید اسکوربیک بیشتر باشد، کیفیت محصول پائین‌تر و صدمه وارد شده به محصول بیشتر است.

بلانچینگ روی رنگ محصول تأثیر می‌گذارد، زیرا بلانچینگ سبب خروج بخشی از هوای محلول شده و تمیز شدن و زدوده شدن گرد و غبار را نیز باعث می‌شود، پس محصول رنگ روشن‌تری پیدا می‌کند.

پیگمانها و رنگدانه‌ها بسته به زمان و درجه حرارت مورد استفاده دچار تغییر می‌شوند. استفاده از ترکیباتی مثل کربنات سدیم (حدود ۰/۱۲۵٪) و یا اکسید کلسیم، در آب بلانچر، سبب محافظت کلروفیل می‌شود و رنگ سبز سبزیجات حفظ می‌شود.

مقایسه بین روش های مختلف بلانچینگ

(روش بلانچینگ)	(درصد اسیداسکوربیک از دست رفته)		
	Peas	Broccoli	Green Beans
Steam - C.W (cold water)	۲۹/۱	۳۸/۷	۱۵/۱
Steam - C.A (cold air)	۲۵/۰	۳۰/۶	۱۹/۵
Hot water - C.W	۲۴/۲	۲۲/۲	۱۷/۷
Hot water - C.A	۱۴/۰	۹/۰	۱۸/۶

در روش بخار، میزان از دست رفتن اسیداسکوربیک بیشتر است.

در روش های بخاری، تأثیر آب سرد معمولاً بیشتر است و باعث از دست رفتن بیشتر ویتامین C می شود بجز در لوبیا سبز.

بلانچینگ روی بافت تأثیر دارد و آنرا نرم می کند. اضافه کردن ترکیبات کلسیم به بلانچرهای آبی سبب سفت تر باقی ماندن بافت محصول می شود.

### پاستوریزاسیون

یک فرایند ملایم حرارتی است و عموماً در آن از دمای زیر  $100^{\circ}\text{C}$  استفاده می شود.

### اساس تأثیر پاستوریزاسیون روی ماندگاری محصول

۱ - تخریب آنزیم ها

۲ - از بین بردن میکروارگانیسم های حساس به حرارت

در کنار اثر تخریبی پاستوریزاسیون، تأثیری که به عنوان فرایند سالم سازی روی کیفیت ارگانولپتیک ماده غذایی می گذارد، حداقل است.

شدت فرایند حرارتی مورد استفاده و تأثیری که این فرایند روی دوره ماندگاری محصول دارد عموماً تابعی از pH محصول است. بدین معنا که در محصولاتی که pH آنها بیش از ۴/۵ است ( $\text{pH} > 4/5$ )، عموماً هدف پاستوریزاسیون، از بین بردن میکروبهای بیماریز است. در حالی که در مورد محصولاتی که pH کمتر از ۴/۵ دارند ( $\text{pH} < 4/5$ )، عمدتاً هدف پاستوریزاسیون، غیرفعال کردن آنزیم ها و از بین بردن میکروبهای عامل فساد (کپک ها و مخمرها) است.

در محصولاتی که  $\text{pH} < 4/5$  است مثل آبمیوه جات، هدف اصلی غیرفعال شدن آنزیمهایی مثل پکتین استراز و

پلی گالاتوروناز می باشد و هدف ثانویه اینست که میکروبهای عامل فساد مثل کپک ها و مخمرها از بین برود. حداقل دمای مورد استفاده:  $65^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳۰ یا  $77^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱. نمونه هایی از محصولات که دارای pH بالای ۴/۵ هستند عبارتند از:

### ۱ - شیر

هدف اصلی از بین بردن میکروارگانیسم های پاتوژن است. در اینجا از بین رفتن مقاوم ترین پاتوژن ها یعنی عامل سل (بایکوباکتریوم توبرکلوسیس) و عامل تب Q (*Coxiella burneti*) مورد نظر است. در مرحله بعد، (هدف ثانویه) از بین بردن میکروارگانیسم های عامل فساد و آنزیم هاست.

دمای مورد استفاده  $63^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳۰ و در روش های سریع دمای  $72^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۵ ثانیه.

### ۲ - تخم مرغ مایع (Liquid Egg)

هدف اصلی، از بین بردن سالمونلاهاست. از بین رفتن گونه ای از سالمونلا که مقاومت حرارتی زیادی دارد بنام S. seftenburg مورد نظر است. هدف ثانویه، از بین بردن میکروبهای عامل فساد است. دمای مورد استفاده،  $65^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲/۵ دقیقه و یا  $60^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳/۵ دقیقه.

### ۳ - Ice - cream یا بستنی

هدف اولیه، از بین بردن میکروارگانیسم پاتوژن شیر و هدف ثانویه از بین بردن میکروارگانیسم عامل فساد و آنزیم.

دمای مورد استفاده  $65^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳۰ دقیقه و  $71^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۰ دقیقه.

در پاستوریزاسیون، شدت حرارتی که لازم است تا به محصول داده شود و در اثر آن محصول، پایداری نسبی به لحاظ قابلیت ماندگاری بدست آورد، تابع شاخص های ذکر شده مانند D - Value است.

هر چقدر روش های مورد استفاده سریع تر باشد، تأثیر منفی که روی ویژگی های ظاهری محصول دارد، کمتر خواهد بود.

به عنوان مثال در روش های Holding (کند) (در مورد شیر) شیر در مدت طولانی در دمای معینی قرار می گیرد که اثراتی که روی مواد مغذی می گذارد، متفاوت است. در این روش میزان تخریب ویتامین ها تا حدی بیشتر از روش های تند یا حرارت بالا با زمان کم است.

روش هایی که برای پاستوریزاسیون وجود دارد:

الف - Holding

ب - HTST

ج - Flash pasteurization ( $88^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱ ثانیه،  $94^{\circ}\text{C}$  به مدت ۰/۱ ثانیه،  $100^{\circ}\text{C}$  به مدت ۰/۰۱ ثانیه).

از آنزیم‌های شاخص که مقاومت حرارتی آنها نزدیک به میکروارگانیزم‌های شاخص بوده، برای کنترل کفایت پاستوریزاسیون استفاده شده است.

در مورد شیر، آنزیم فسفاتاز قلیایی است که مقاومت حرارتی آن کمی بیشتر از مقاوم‌ترین پاتوژن شیر است. در مورد تخم مرغ مایع، آنزیم α - آمیلاز است که از بین رفتن آن نشان دهنده کفایت فرایند پاستوریزاسیون است.

	D - Value در ۱۵۰°F
<i>S. seftenburg</i>	دقیقه ۰/۸۹۴
<i>Mycobacterium tubeculosis</i>	دقیقه ۰/۳-۰/۴
<i>Coxiella burnetti</i>	دقیقه ۰/۵-۰/۶
<i>Brucella spp.</i>	دقیقه ۰/۱-۰/۲

سفیده تخم مرغ بخش حساس به حرارت تخم مرغ را تشکیل می‌دهد. بین پروتئین‌های سفیده تخم مرغ، کونالبو مین از جمله حساس‌ترین پروتئین‌هاست. برای جلوگیری از انعقاد سفیده تخم مرغ در هنگام حرارت پاستوریزاسیون از نمک سولفات آمونیوم استفاده می‌شود. مثل  $Al_2(SO_4)_3$ ،  $Al_2(SO_4)_2 \cdot Na$  و  $Al_2SO_4 \cdot Na_2$ . اگر به تخم مرغ مایع قبل از پاستوریزاسیون آب اکسیژنه اضافه شود، این مسئله سبب کاهش مقاومت حرارتی سالمونلا می‌شود، پس می‌توان تخم مرغ مایع را در دماهای پایین‌تری پاستوریزه کرد.

## روش‌ها و تجهیزات پاستوریزاسیون

مواد غذایی یا قبل از پاستوریزاسیون و یا بعد از آن بسته بندی می‌شود.

عامل اصلی تعیین کننده این مسئله عموماً تأثیر حرارت روی کیفیت ماده غذایی (عطر و طعم و بو و بافت و...) است.

در محصولاتی که نسبت به حرارت حساسند، بهتر است قبل از بسته بندی پاستوریزاسیون صورت گیرد ولی در محصولاتی که حساسیت کمتری دارند، پاستوریزاسیون می‌تواند بعد از بسته بندی صورت گیرد. در بسته بندی، انتقال حرارت کند است و مدت زمان فرایند طولانی است. هر چقدر روش کندتر باشد، میزان تأثیر روی کیفیت محصول بیشتر است.

### ۱ - پاستوریزاسیون قبل از بسته بندی

از تجهیزاتی مختلف استفاده می‌شود که برخی از آنها توانایی روش‌های کند و برخی روش‌های سریع را دارند.

## الف) روشهای کند

استفاده از coil vat که از ابتدائی ترین تجهیزاتی است که برای پاستوریزاسیون استفاده می شود.

تانکی است که دارای کویل حرارتی است و داخل کویل ماده گرم یا ماده حرارتی وجود دارد.

در شکل گرانتر آن، استفاده از المنتهای حرارتی بجای کویل است.

مزیت coil vat: روش کار ساده است.

عیب coil vat: اولاً بخشی از محصول روی coilها رسوب می کند و مانع انتقال حرارت می شود و تمیز کردن coilها با مشکل مواجه می شود.

ثانیاً چون روش کند است، میزان تأثیر روی ترکیبات مغذی بیشتر است.

ب) نوع دیگر مورد استفاده در روش کند، تانکهای دو یا سه جداره هستند (Flooded tank) که تفاوت بین دو

جداره و سه جداره از لحاظ نحوه عملکرد وجود ندارد. در جداره اضافی سه جداره ها، جدار به صورت ایزوله است که

مانع اتلاف حرارت می شود و مایعی در درون آن جداره اضافی وجود ندارد. این تانکها می تواند مجهز به همزن نیز باشد.

سیستم های فوق، سیستم های کند و غیر مداوم هستند (Flooded tank , coil vat).

## ج) روشهای سریع

در روش سریع از مبدل حرارتی (Heat Exchanger) استفاده می شود که عموماً شامل ۲ نوع است:

۱ - Plate

۲ - Tubular

۱ - Plate

صفحاتی از جنس استیل زنگ نزن در کنار همدیگر قرار دارند که از لابلای آنها بطور یک در میان ماده گرم کننده یا

ماده گرم شونده عبور می کند. طراحی صفحات پاستوریزاتور پلیتی به نوعی است که شیار روی آنها وجود دارد و صاف نیستند.

به علت:

الف) برای ایجاد تلاطم ماده گرم شونده: جریانها یا آرام (laminar) هستند یا متلاطم (Turbulant).

جریان متلاطم، سرعت انتقال حرارت را افزایش می دهد.

ب) سطح تماس ماده غذایی با ماده گرم کننده را افزایش می دهد و سرعت انتقال حرارت را بیشتر می کند.

بطور کلی صفحات شیاردار وقتی کنار هم قرار می گیرند، بهم می چسبند. در فضای بین شیارها، عموماً از یک ماده

لاستیکی استفاده می‌کنند که اصطلاحاً *gasket* می‌گویند و واشرهایی است که بین شیارها قرار می‌گیرد و مانع از چسبیدن آنها بطور کامل به هم می‌شود.

### اجزاء مجموعه یک سیستم پاستوریزاسیون پلیتی

۱ - تانک ورودی یا دریافت محصول (Balance tank)

در داخل این تانک یک شناور قرار دارد که ورودی شیر خام به داخل سیستم را کنترل می‌کند.

۲ - Regeneration Section (بازیافت حرارتی) یا بخش Pre - heating

۳ - Heating Section: حرارت اصلی ( $72^{\circ}\text{C}$ ) به محصول داده می‌شود.

۴ - Flow Diversion Valve (شیر برگشت).

۵ - Holding tube Section.

۶ - Cooling (در I و یا II مرحله).

برخی نکات:

۱ - پالایش تانک موجب می‌شود شیر به طور متناسب و یکنواخت بدون لوله‌های سیستم توزیع شود.

۲ - بخش بازیافت: اگر چه در این قسمت شیر یا هر محصولی را گرم می‌کنیم ولی از بخار یا آب داغ استفاده نمی‌شود، بلکه از خود محصول که حرارت دیده و پاستوریزه شده و می‌خواهد سرد شود، استفاده می‌گردد. محصول پاستوریزه تا حدود  $40-50^{\circ}\text{C}$  سرد می‌شد و از این انرژی استفاده می‌شود.

۳ - در بخش حرارتی در یک جداره محصول نیمه گرم و در جداره دیگر از آب داغ یا بخار استفاده می‌شود و معمولاً از آب داغ استفاده می‌شود (بدلیل تأثیر نامطلوب بخار).

۴ - بعد از لوله‌های هولدینگ محصول از یک شیری پنم Flow Diversion Valve عبور می‌کند. عمل این شیر: اگر شیر به دمای لازم رسیده باشد، مسیر خود را ادامه می‌دهد و به سمت cooling می‌رود و اگر به درجه حرارت لازم نرسیده باشد به اول خط بر می‌گردد.

۵ - لوله‌هایی به شکل مارپیچ طراحی شده تا مدت زمان لازم را محصول در دمای تعیین شده باقی بماند (Holding tube). طول لوله‌ها به حجم دستگاه بستگی دارد.

۶ - cooling می‌تواند یک قسمتی یا دو قسمتی باشد.

در شکل دو قسمتی، در یک قسمت آن از آب معمولی استفاده می‌شود و در قسمت دیگر از آب سرد  $4^{\circ}\text{C}$  استفاده می‌شود. در شکل یک قسمتی، مستقیماً از آب  $4^{\circ}\text{C}$  استفاده می‌شود.

یکی از اشکالاتی که سیستم‌های پلیتی دارد اینست که:

به جهت آن که در داخل این سیستم محصول باید با سرعت زیاد عبور کند و به شکل لایه نازکی در آید، وقتی که ویسکوزیته محصول بالا می‌رود امکان این که محصولات را از لابلای پلیت‌ها بتوان عبور داد، کم می‌شود. به همین جهت در مواقعی که محصولات ویسکوزیته بالا دارند مثل ژل و سس یا در مورد بستنی از پاستوریزاتورهای لوله‌ای استفاده می‌شود.

## ۲ - لوله‌ای (Tubular)

شکل معمولی آنها: می‌تواند ۲ یا ۳ جداره باشد.

دو لوله متحدالمرکز هستند که داخل هم قرار دارند و در جداره خارجی از ترکیبات عایق استفاده می‌شود. از یک طرف ماده غذایی به داخلی‌ترین لوله وارد و از طرف دیگر خارج می‌شود. بخار یا آب داغ در جداره دوم قرار دارد که عامل حرارتی است. در مبدل‌های حرارتی لوله‌ای یا هر مبدل حرارتی جریان ماده غذایی که می‌خواهد حرارت ببیند و عامل حرارت دهنده یا حتی عامل سردکننده می‌تواند همسو و یا مخالف باشد. در موارد نادری ممکن است جریان متقاطع باشد.

اگر از جریان موافق یا مخالف استفاده شود، در محاسبات طراحی تفاوت ایجاد می‌کند. می‌توان مواد با ویسکوزیته بالا را در تانک‌های دو جداره و سه جداره مجهز به همزن پاستوریزه کرد.

## پاستوریزاسیون بعد از بسته بندی

از این روش زمانی استفاده می‌شود که ماده غذایی در برابر حرارت حساسیت کمی دارد.

قابلیت ماندگاری محصول بعد از فرایند پاستوریزاسیون اهمیت دارد بدین معنا که اگر محصول قبل از بسته بندی پاستوریزه شود لازمه نگهداری محصول برای مدت طولانی‌تر اینست که در مرحله بسته بندی از شرایط استریل و اسپتیک استفاده شود، در غیر اینصورت محصول پاستوریزه شده دوره ماندگاری زیادی نخواهد داشت.

استفاده از سیستم‌های اسپتیک (کاملاً استریل) در موقع بسته بندی نیازمند کنترل‌های بهداشتی شدید و هزینه‌های زیاد است. به همین جهت برای محصولاتی که حساسیت زیادی در برابر حرارت ندارند، از پاستوریزاسیون بعد از بسته بندی استفاده می‌شود.

## روش پاستوریزاسیون بعد از بسته بندی

به ۲ روش است:

۱ - غیر مداوم (Batch)

۲ - مداوم (Continuous)

### ۱ - سیستم (Batch) غیر مداوم

در سیستم Batch عمدتاً از دیگ‌ها یا مخازن یک جداره استفاده می‌شود که در این مخازن با استفاده از ورود مستقیم بخار، آب را جوش می‌آورند و محصول در مدت لازم باقی می‌ماند تا پاستوریزه شود (تولید کمپوت و رب).

### ۲ - سیستم (Continuous) مداوم

از تونل‌ها یا نوارهایی استفاده می‌شود و محصول در روی نوار قرار گرفته و نوار در حال حرکت است. قوطی یا شیشه حاوی محصول از تونل عبور می‌کند که نازل‌های آب وجود دارد که آب را به شکل اسپری روی قوطی‌ها یا شیشه مورد نظر می‌ریزند. معمولاً برای کاهش شوک‌های حرارتی به ظروف (بویژه شیشه‌ای)، افزایش درجه حرارت تدریجی است. بنابراین مرحله پیش گرمکن وجود دارد که آب با دمای کمتری روی محصول ریخته می‌شود. برای آن که در فضا حداکثر صرفه جویی شود، گاهی تونل‌ها چند طبقه‌اند بویژه در مورد محصولات قوطی شده (ضربه پذیری قوطی نسبت به شیشه کمتر است و صدمات مکانیکی قوطی کمتر است.) که در طول مسیر آب داغ روی محصول ریخته می‌شود تا به دمای مورد نظر می‌رسد و سپس خنک می‌شود.

### تأثیر پاستوریزاسیون روی مواد غذایی

بطور کلی پاستوریزاسیون یک فرایند ملایم است، بنابراین تأثیر آن روی کیفیت ماده غذایی (بویژه از نظر ارزش‌های تغذیه‌ای) شدید نیست. در کنار مزایا، عیبی هم دارد این است که قابلیت ماندگاری محصولات پاستوریزه خیلی زیاد نیست. در محصولاتی مثل آبمیوه جات، یکی از واکنش‌هایی که با انجام عمل پاستوریزاسیون به دنبال جلوگیری از انجام آن هستیم، واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی است، که توسط آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز انجام می‌شود. وجود اکسیژن در محیط سبب تشدید این واکنش‌های می‌شود.

در حین پاستوریزه کردن آبمیوه جات، ممکن است دماهای مورد استفاده دماهایی باشد که در جهت از بین بردن میکروارگانیسم‌های عامل فساد باشد و ممکن است آنزیم‌هایی باقی بماند که قادر به انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی باشند. بنابراین یکی از کارهایی که در مورد آبمیوه جات صورت می‌گیرد اینست که قبل از فرایند پاستوریزاسیون فرایندی بنام هواگیری یا Deaeration انجام می‌دهند. بدین ترتیب که آبمیوه را وارد تانک هواگیری می‌کنند که این تانک به خلأ متصل است. بدین ترتیب محصول در دمای کمتری به جوش می‌آید و بخش عمده‌ای از هوای موجود در محصول به بیرون کشیده می‌شود. همراه با هوای موجود، انواع بوها نیز از محصول خارج می‌شود. در مورد محصولاتی که ترکیبات فراری دارد، این ترکیبات نیز در اثر عمل هواگیری خارج می‌شود که البته اگر شدت خروج آنها خیلی زیاد باشد می‌توان سیستم بازیافتی را تعبیه کرد و دوباره اسانس‌ها را به محصول بازگرداند. در برخی محصولات مثل شیر، با مقایسه شیر پاستوریزه شده و نشده، رنگ شیر پاستوریزه کمی سفیدتر بنظر



می‌رسد. اما این پدیده هموژنیزاسیون است که سبب سفیدتر شدن شیر می‌شود (بخاطر جدا کردن چربی) و پاستوریزاسیون ربطی به رنگ محصول ندارد.

در بین روشهای پاستوریزاسیون، روش هایی که سرعت بیشتری دارند، میزان صدمه کمتری به ویتامین ها وارد می‌کنند. در روش HTST میزان ویتامین کمتری از بین می‌رود نسبت به روش LTLT و روش کند.

## استریلیزاسیون

عموماً به ۲ روش انجام می‌شود:

۱ - بعد از بسته بندی

۲ - قبل از بسته بندی

عمده ترین ملاک تعیین روش های فوق، میزان حساسیت محصولات مختلف نسبت به حرارت یا میزان صدمه وارد شده به آنها در اثر حرارت است.

## استریلیزاسیون بعد از بسته بندی

بسته به pH محصول ۲ نوع فرایند مختلف صورت می‌گیرد:

۱ - محصولاتی که اسیدی هستند ( $pH < 4/5$ ): فرایند حرارتی مورد استفاده در فشار اتمسفر و دمای حدود  $100^{\circ}C$  است.

۲ - محصولاتی که  $pH > 4/5$  دارند: فرایند حرارتی در فشار بالاتر از اتمسفر است.

در مورد محصولاتی که  $pH < 4/5$  دارند و در دمای  $100^{\circ}C$  استریل می‌شوند، ماندگاری طولانی دارند. مرز تعیین کننده و تفاوت بین این دو نوع فرایند، pH و قابلیت رشد اسپوره های مقاوم به حرارت کلستریدیوم بوتولینم است. به فرایند حرارتی که با هدف استریل کردن محصولات بعد از بسته بندی صورت می‌گیرد، اصطلاحاً فرایند Canning می‌گویند (قوطی کردن: صنعت کنسرو و کمپوت سازی).

به فرایند حرارتی که با هدف استریل کردن محصولات قبل از بسته بندی صورت می‌گیرد، اصطلاحاً فرایند Ultra High Temperature (UHT) می‌گویند.

## Canning (قوطی کردن)

مراحل کلی به اختصار:

با برداشت محصولات زراعی شروع می‌شود که بعد از حمل و نقل و نگهداری اولیه به کارخانه تحویل داده می‌شود. کار عمده‌ای که در اولین مرحله دریافت صورت می‌گیرد، شستشو و تمیز کردن است با ۲ هدف:

۱ - شستشوی آلودگی ها و جدا نمودن مواد زاید

۲ - کاهش بار میکروبی

بعد از شستشو، مرحله جداسازی محصول یا Sorting است، بصورت جداسازی محصولات رسیده و نارس و معیوب و یا جدا سازی محصول برای انجام فرایندهای مختلف می باشد.

مرحله بعد، مرحله پوست گیری و دل گیری است (Peeling و Coring).

در برخی روش ها این کار توسط محلول شیمیایی بویژه محلول رقیق سود صورت می گیرد و می تواند به صورت مکانیکی هم انجام شود که در این روش اندازه و سایز محصول پوست گیری تقریباً بایستی یکنواخت باشد. البته روش معمول پوست گیری دستی است.

بعد از پوست گیری، محصول با وزن مشخصی وارد قوطی می شود و مایع پُر کننده (شربت، آب نمک، سس) به شکل داغ وارد قوطی می شود. (Filling: پر کردن).

در مرحله بعد، قوطی پُر، از تونل اگزاست عبور می کند تا هوای داخل قوطی خارج شود (Exhaust). سپس کار درب بندی صورت می گیرد (Seaming).

بعد مرحله فرایند حرارتی است که بسته به نوع محصول و pH آن (بیشتر یا کمتر از ۴/۵)، تحت فرایند حرارتی ۱۰۰ یا بالای آن قرار می گیرد.

نهایتاً محصول سرد می شود و بر چسب می خورد و وارد انبار می شود. سپس به بازار وارد می شود.

برخی نکات مهم:

در مرحله پُر کردن که قبل از اگزاست صورت می گیرد، ۲ نکته حائز اهمیت است:

۱ - میزان موادی که در داخل قوطی پُر می شوند باید به مقدار استاندارد باشد (بخش مایع و جامد)

۲ - موقع پُر کردن باید بخشی از فضای بالای قوطی را خالی گذاشت و پُر نکرد که این فضا را Head Space می گویند.

## هدف عبور محصول از تونل اگزاست

تخلیه هوایی که در فضای خالی بالای قوطی "Head Space" وجود دارد. بدلیل:

۱ - خروج هوا و  $O_2$  هوا از این فضای خالی سبب می شود که در طول دوره نگهداری خطر زنگ زدگی قوطی در سمت داخلی قوطی بخاطر حذف  $O_2$  کم شود.

۲ - با حذف هوا، خلاء جایگزین می شود که خود در طول دوره نگهداری سبب می شود که، سر و کف قوطی مقعر باقی بماند.

اگر اگزاست به اندازه کافی باشد، در جاهایی که مناطق مرتفع است و فشار هوا کم است، از باد کردگی قوطی‌ها (باد کردگی کاذب) جلوگیری می‌کند.

### طریقه خروج هوای موجود در فضای بالای قوطی

مایعی که به قوطی اضافه می‌شود، باید کاملاً داغ باشد. چون مایع داغ است، همین خروج بخار باعث خروج هوای موجود می‌شود. پس بلافاصله احتیاج به مرحله اگزاست ندارد. ولی عملاً این کار صورت نمی‌گیرد؛ چون در حین کار، معمولاً مایع سرد می‌شود. پس قوطی‌ها را از تونل اگزاست عبور می‌دهند. این کار به ۲ روش انجام می‌گیرد:

- ۱- از قسمت بالای تونل به سطح محصول بخار دمیده می‌شود، پس هوا خارج می‌شود و بخار جایگزین آن می‌شود.
- ۲- در برخی و قبل از قرار گرفتن درب قوطی روی بدنه، انژکتور بخار که کنار دستگاه درب‌بندی قرار دارد به سطح بالای قوطی بخار را وارد می‌کند و هوای موجود خارج می‌شود و بخار جایگزین آن می‌شود.
- ۳- روش مکانیکی که با استفاده از مکشی که در سیستم تعبیه شده، هوای موجود تخلیه می‌شود.

بخاری که ناشی از فرایند حرارتی است و بخاری که در فضای بالای قوطی باقی می‌ماند، در مرحله سرد شدن تبدیل به قطرات آب می‌شود و کندانس می‌شود که ایجاد یک فشار منفی یا خلاء می‌کند و باعث می‌شود که سروته قوطی به حالت مقعر یا تورفته باقی بماند.

قوطی‌های فلزی (Can) به ۲ شکل وجود دارد:

۱- دو تکه

۲- سه تکه

جنس قوطی‌ها عموماً از جنس Tin plate (حلب ورق) است که عبارتست از نیک ورق استیل قلع اندود شده.

علت:

الف) جلوگیری از زنگ زدگی

ب) امکان لحیم کردن بدنه (در گذشته)، امروزه از جوش استیل استفاده می‌شود.

پوشش دادن استیل بوسیله قلع را با چند روش انجام می‌دهند:

۱- روش Hot dipping

ورق استیل در قلع مذاب فرو می‌رود و لایه نازکی از قلع روی استیل را می‌گیرد و بعد پرداخت زده می‌شود.

۲- استفاده از فرایند Electrolytic

استفاده از فرایند الکترولیز، که ورقه استیل را به عنوان پیل (یکی از قطب‌ها) و محلول قلع را به عنوان محلول الکترولیت در نظر می‌گیرند و با برقرار کردن جریان الکتریکی قلع به سمت قطبی که استیل وجود دارد می‌رود و

روی استیل رسوب می‌کند.

### ۳ - روش Diferetial Electrolytic

با تغییرات ایجاد شده در پیل، در این روش ضخامت لایه قلعی که روی استیل قرار می‌گیرد، یکسان نیست. که روش دیگری از الکترولیز است.

جنس این پوشش از ۴ لایه تشکیل شده، به ترتیبی که روی استیل قرار می‌گیرد:

۱ - لایه نازکی از آلیاژ قلع و آهن.

۲ - روی آن لایه‌ای از خود قلع.

۳ - لایه اکسید قلع: لایه اصلی است که در برابر زنگ‌زدگی محافظت می‌کند.

۴ - لایه نازکی از روغن که نقش روان‌کنندگی دارد و در حمل و نقل آنها استفاده می‌شود.

عموماً این لایه در فرایندهای حرارتی از بین می‌رود.

در قسمت داخلی که در تماس با ماده غذایی است، وجود پوشش قلع برای حفظ قوطی در مقابل فرایند حرارتی و ماده غذایی موجود در داخل قوطی کفایت نمیکند، بنابراین از پوشش دیگری در قسمت داخلی بنام Enamel یا laquer (لاک) استفاده می‌شود.

جنس لاک مورد استفاده بسته به آن که در تماس با چه نوع ماده غذایی قرار می‌گیرد، متفاوت است. لاکهای مورد استفاده را به ۳ دسته تقسیم می‌کنند:

۱ - لاک A.

۲ - لاک B.

۳ - لاک C.

۱ - لاک A: در مورد محصولاتی که رنگدانه‌های غیر محلول در آب دارند، استفاده می‌شوند. مثل کاروتنوئیدها. از جمله این محصولات، میوه‌جاتی مثل سیب، گلابی، زردآلو و هلو را می‌توان نام برد.

۲ - لاک B: در مورد محصولاتی که دارای رنگدانه‌های محلول در آب دارند، استفاده می‌شود. مثل آنتوسیانین‌ها در محصولاتی مثل آلبالو، گیلان، توت فرنگی، تمشک یا آلو قرمز. در واقع لاک B از لحاظ ترکیبی عمدتاً ۲ لایه از لاک A است.

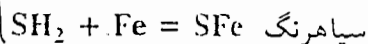
۳ - لاک C: در مورد محصولاتی که در ترکیبات خود مواد پروتئینی دارند، مثل سبزیجات و مواد گوشتی استفاده می‌شود. این مواد در بین ترکیبات پروتئینی خود پیوندهای گوگردی دارند. در اثر فرایندهای حرارتی و تصاعد گاز  $SH_2$ ، اگر قسمتی از قوطی پوشش لاک بخوبی روی قوطی نباشد (خراش داشته باشد) یا در اثر فرایند حرارتی بخشی از لاک از بین رود، و گاز  $SH_2$  در تماس با استیل (آهن) قرار گیرد، تولید سولفور آهن می‌کند که ماده‌ای

است سیاه‌رنگ (SFe)

لاک C در ترکیب خود  $Zn^{2+}$  (روی) دارد، بنابراین اگر در چنین مواردی در حین فرایندهای حرارتی از ماده غذایی پروتئینی گاز  $SH_2$  متصاعد شود،  $SH_2$  با روی ترکیب شده و تولید  $SZn$  می‌کند که ترکیبی سفید و بیرنگ است. جنس لاک C به نوعی است که در مقابل حرارت مقاومت بسیار خوبی دارد ولی در مقابل اسید، مقاومت ضعیفی دارد. بنابراین محصولات اسیدی را نباید در قوطی‌هایی فرایند کرد که دارای لاک C هستند.

لاک A و B مقاومت حرارتی پائینی دارند. پس توصیه نمی‌شود که محصولات پروتئینی را در داخل قوطی‌هایی که حاوی این نوع لاکها هستند، بسته بندی کرد. در سالهای اخیر، لاک‌های بنام اشتولاک (General) به بازار آمده که خصوصیت آن اینست که می‌توان همه نوع محصول را در داخل آن بسته بندی کرد.

علت نامگذاری لاک C بدلیل اینست که پدیده سیاه رنگ شدن ابتدا در کنسرو ذرت (Corn) ایجاد شده است.



## Cooling

هر چه فاصله بین سرد کردن و فرایند طولانی تر باشد (محصول دیرتر سرد شود) نوعی over heating بوجود می‌آید و ممکن است باعث سوختگی محصولات شود.

اگر سرد کردن سریع باشد، موجب وارد شدن یک شوک سرمایی می‌شود که تأثیر آن روی میکروارگانیسم‌های احتمالی است که کاملاً از بین نرفته‌اند و بوسیله این شوک کاملاً نابود می‌شوند.

دمای مطلوبی که قوطیها را باید تا آن درجه سرد نمود:  $37-40^{\circ}C$  می‌باشد و به دمای محیط نمی‌رسند، زیرا چنانچه قوطی خیلی سرد شود در هنگام قرار گرفتن در انبار قطرات آب روی قوطی‌ها باقیمانده و می‌تواند موجب زنگ زدگی شود. یک لایه نازک در کف و سر قوطی‌ها قرار دارد که کار واشر را انجام می‌دهد. این واشر موجب می‌شود که هنگام درب‌بندی درها کف و سر قوطی کاملاً به بدنه کیپ شود این لایه نازک لاستیکی در هنگام فرایند حرارتی ذوب شده، ایجاد خلل و فرج می‌کند. خلاء ایجاد شده در داخل قوطی ممکن است سبب ورود آب سرد کننده به داخل قوطی‌ها شود، پس آب مورد استفاده در سرد کردن توصیه می‌شود که کاملاً ضد عفونی باشد که ساده‌ترین کار، کلریناسیون (افزودن ترکیبات کلر به آب) است.

## Heat treatment (فرایند حرارتی)

در انتخاب فرایند حرارتی بحث مهم pH است. محصولاتی که  $pH > 4/5$  را در دمای بالاتر از  $100^{\circ}C$  و  $4/5 < pH$  را در دمای حدود  $100^{\circ}C$  فرایند می‌کنند. انتخاب زمان و دمای فرایند تابع ویژگی‌های محصول نیز هست و از این جهت نحوه انتقال حرارت در داخل ماده غذایی حائز اهمیت است. قوطی دارای ضریب انتقال حرارتی مشخص است و نحوه نفوذ حرارت در ماده غذایی باید مشخص شود.

### نحوه انتقال حرارت (Heat penetration)

بطور کلی نحوه انتقال حرارت یا نفوذ حرارت در داخل مواد به ۳ شکل است:

#### ۱ - انتقال یا Conduction

یک مولکول شرم می‌شود و گرما را به مولکول مجاور خود منتقل می‌کند... تا نهایتاً تمام اجزای مواد غذایی به دمای مورد نظر می‌رسد. بدین معنا که در این نوع مواد تحرک مولکولی وجود ندارد.

#### ۲ - جابجایی یا (Convection)

بر اساس خاصیت طبیعی که دارند، مولکول‌های سرد در قسمت پایین و مولکول‌های گرم در قسمت بالا قرار می‌گیرند. در موانع حرارت، بدلیل ناپایداری که این مولکول‌ها (مایعات - گازها) دارند (قابلیت حرکت)، یک نوع سیرکولاسیون طبیعی صورت می‌گیرد (جابجایی مولکولی).

#### ۳ - تشعشع یا Radiation

نوعی انتقال حرارت سطحی است که از طریق امواج الکترو مغناطیسی صورت می‌گیرد. یعنی حرارت بشکل تشعشعاتی از یک سطح داغ به جسم مجاور آن منتقل می‌شود. (ماکروویو، اجاق‌های گاز الکتریکی). البته در ماکروویو ایجاد حرارت داخلی در ماده غذایی پدیده دیگری است ولی حرارت سطحی از این نوع است.)

در طراحی یک فرایند حرارتی برای یک محصول باید دانست که در یک دمای مشخص، چه مدت طول می‌کشد تا تمامی اجزا به دمای مورد نظر برسند و چه مدت باید آنها را در این دما نگهداشت تا مطمئن شد که تمامی میکروارگانیسم‌های شاخص از بین رفته‌اند.

مثلاً در محصولاتی که اسپور بوتولینوم میکروارگانیسم شاخص است مهم است که بدانیم چه مدت طول می‌کشد تا تمامی اجزاء به  $121^{\circ}C$  برسند و چه مدت زمانی لازم است اجزاء ماده غذایی را در این دما نگهداشت تا اسپور از بین برود.

برای دانستن مورد اول، شناخت نوع ماده غذایی مهم است. برای دانستن مورد دوم از طریق محاسبه شاخص‌های D و Z مشخص می‌شود.

در مورد قوطی باید بدانیم که:

اولاً: نوع انتقال حرارت چگونه است؟

ثانیاً: بر اساس نوع انتقال حرارت، کدام قسمت قوطی است که دیرتر از قسمت‌های دیگر به دمای مورد نظر می‌رسد؟ (یافتن سردترین نقطه قوطی یا cold point)

اگر محصول جامد باشد، انتقال حرارت از طریق conduction (انتقال) می‌باشد، نقطه سرد مرکز هندسی ظرف مورد استفاده است. چون تحرک مولکولی نداریم و اول گرما به قوطی و سپس مولکول به مولکول منتقل شده تا به مرکز برسد.

اگر محصول مایع باشد و در داخل قوطی نوع انتقال حرارت جابجایی یا convection باشد، نقطه سرد کمی بالاتر از کف قوطی است.

چون امکان تحرک مولکول‌ها وجود دارد و مولکول‌های سرد پایین‌تر و مولکول‌های گرم بالاتر قرار می‌گیرند. برای محاسبه زمان لازم برای رسیدن تمام اجزای قوطی به دمای مورد نظر از دستگاه ترموکوپل استفاده می‌شود.

### ترموکوپل (Thermo couple)

الکتروود دستگاه قبل از انجام فرایند حرارتی، داخل قوطی فرو می‌رود. دانستن نقطه سرد قوطی برای تعیین محل قرار دادن الکتروود ترموکوپل لازم است. این ترموکوپل نشان می‌دهد که چه زمانی نقطه سرد به دمای مورد نظر می‌رسد. پس می‌فهمیم چه مدت لازم است که تمام اجزای محصول به دمای مورد نظر برسند. در بسیاری موارد محتویات قوطی هم جامدند و هم مایع، در این صورت باید از دو ترموکوپل در دو قسمت مختلف قوطی استفاده کرد. ترموکوپل دارای الکتروود نوب تیزی است که قبل از حرارت دادن داخل محصولات فرو می‌رود.

در مورد محصولات غذایی با ویسکوزیته بالا، انتقال حرارت محلولی از جابجایی و انتقال است.

معمولاً در این گونه موارد می‌توان فرض کرد که روین غالب انتقال از نوع conduction است چون انتقالی کندتر است.

محصولاتی با قطعات ریز به همراه شربت (کمپوت) یا آب نمک (کنسرو نخود فرنگی) دارای انتقال حرارت از نوع convection یا جابجایی است.

مواد غذایی که بخش اعظم آنها جامد است مثل کنسرو اسفناج و کدو.

مواد غذایی که کاملاً جامدند مثل کنسروهای گوشتی مثل ماهی - انتقال حرارت conduction است.

جنس ظروف بسته بندی و نحوه بسته بندی ... در انتقال حرارت موثرند. در انتقال حرارت بجز نحوه انتقال

حرارت ماده غذایی عوامل دیگری نیز در انتقال حرارت مؤثرند که عبارتند از:

- ۱ - ضریب انتقال حرارت قوطی یا ظرف.
- ۲ - روش حرارت (متحرک و در حال چرخش بودن یا ثابت بودن قوطی موقع حرارت).
- ۳ - جنس ظروف. بسته بندی.
- ۴ - اندازه ظرف

## روش‌های حرارتی

### ۱ - سیستم‌های باز

سیستم‌هایی که تحت فشار اتمسفر (دمای  $100^{\circ}\text{C}$ ) کار می‌کنند و شامل سیستم‌های مداوم (تونل‌ها) و غیرمداوم (تانک‌های باز) هستند که در بخش پاستوریزاسیون ذکر شد.

### ۲ - سیستم‌های بسته

در سیستم‌هایی که دماهای بالای  $100^{\circ}\text{C}$  نیاز است که از بخار استفاده می‌شود. هر چه دماهای بالاتری نیاز باشد، از فشار بیشتری استفاده می‌شود. مثلاً برای  $121/1^{\circ}\text{C}$  از فشار ۱/۱ اتمسفر استفاده می‌شود. توصیه می‌شود که روی سیستم‌ها همه دماسنج و فشارسنج نصب باشد.

## انواع تجهیزات مختلف مورد استفاده در سیستم‌های بسته یا اتوکلاو (Autoclave)

### ۱ - Still retort اتوکلاو ثابت

تانکی دزدار است که روی آن هم فشارسنج و هم دماسنج تعبیه شده است. از قسمت زیرین بخار وارد می‌شود. هوای موجود در داخل اتوکلاو قبل از انجام فرایندهای حرارتی بایستی خالی شود، زیرا خود هوا به عنوان عایق حرارتی عمل می‌کند. برای این کار، شیر تخلیه‌ای در بالای دستگاه وجود دارد که در ابتدا باز است و بصورت ممتد بخار و هوای موجود خالی می‌شود. پس از بسته شدن شیر، فشار و دما بالا می‌رود. در خاتمه فرآیند حرارتی می‌توان شیر آب سرد را باز کرد تا فضای دستگاه را آب سرد بگیرد.

محدودیت عمده این اتوکلاوها

ظرفیت آنها کم است و انتقال و نفوذ حرارت به محصول کندتر صورت می‌گیرد و مدت زمان بیشتری طول می‌کشد که محصول به دمای مورد نظر برسد و از نظر کیفی به محصول صدمه می‌زند.

### ۲ - اتوکلاوهای متحرک یا چرخان Rotary retort

معمولاً این سیستم غیر مداوم است. درحین فرآیند حرارتی، خود قوطی‌ها چرخش پیدا می‌کنند. در داخل



اتوکلاو یک سیلندر دیگری وجود دارد که خانه خانه است و هر قوطی داخل یک خانه قرار می‌گیرد. در این اتوکلاوهای چرخان می‌توان ترموکوپل تعبیه نمود. اتوکلاوهای چرخان می‌توانند از نوع مداوم و یا غیر مداوم باشند. در نوع مداوم قوطی‌ها از یک طرف داخل و از طرف دیگر خارج می‌شوند. مزیت: سرعت کار بالاتر است و حجم بیشتری از محصول را می‌توان استریل کرد.

### ۳ - اتوکلاوهای هیدرواستاتیک (Hydrostatic autoclave)

سیستم اصلی بسته است. برای تامین دماهای بالاتر از  $100^{\circ}\text{C}$ ، از روش‌های مختلف استفاده می‌شود که یکی از روش‌ها، تحت فشار قرار دادن بخار است. که در اتوکلاوهای ثابت و متحرک از این روش استفاده می‌شود. منتهی عامل مورد استفاده، بدنه خود اتوکلاو است.

در اتوکلاوهای هیدرواستاتیک بخار را محبوس می‌کنیم تا فشار بتدریج بالا رود و طبیعتاً دما بالا می‌رود. ولی عامل مورد استفاده برای فشرده کردن بخار، آب است.

هر چه ارتفاع ستون آب بیشتر باشد، فشار بیشتری وارد می‌کند. از همین پدیده برای بالا بردن دما به بالای  $100^{\circ}\text{C}$  استفاده می‌شود.

برخی از این اتوکلاوها دارای ۳ ستون هستند که سطح آب در ستونهای کناری با هم برابر است. ولی ارتفاع آب در ستون وسط کمتر است. هر چقدر ارتفاع ستون آب در داخل ستونهای کناری بیشتر باشد، فشار بخار بیشتر می‌شود (در ستون وسط) مثلاً اگر ارتفاع ستون آب ۱ m باشد. دما به  $119^{\circ}\text{C}$  می‌رسد (تابع قطر ستون نیز می‌باشد). میزان فشار به ارتفاع آب در دو ستون کناری بستگی دارد.

### نمونه استریل شدن ماده غذایی

محصول روی نوار قرار می‌گیرد. وارد ستون می‌شود. در ابتدای ورود با آب دمای  $85^{\circ}\text{C}$  تماس پیدا می‌کند. هر چه در ستون پائین می‌رود، چون فشار زیاد می‌شود، دمای بیشتر دریافت می‌کند.

حداکثر دما در ستون بخار (ستون مرکزی) است. در آنجا باقی می‌ماند تا دما و مدت زمان لازم را بگذراند. سپس به ستون سومی می‌رسد که به تدریج که بالا می‌آید، سرد می‌شود. در هنگام خروج دما حدود  $83/8^{\circ}\text{C}$  است. سرد شدن نهایی، بخشی با fan هوا انجام می‌شود آب سرد را نیز روی آن می‌ریزند تا محصول سرد شود.

### ۴ - اتوکلاوهای شعله‌ای (Flame Sterilizer)

جزء سیستم‌های باز است. دستگاه استریل کننده شعله‌ای است. از شعله مستقیم استفاده می‌شود و با توجه به دمای بالایی که شعله مستقیم دارد، محصول در زمان بسیار کوتاهی فرایند لازم را طی می‌کند. معمولاً در مورد محصولاتی که انتقال حرارت در آنها مشکل است، استفاده از این سیستم مطلوب است. ولی نکته مهم این است که اگر قوطی‌های حرارت بیننده، چرخش کافی نداشته باشند، بدلیل حرارت بسیار بالایی که شعله مستقیم دارد، به

سرعت محصول دچار over heating می شود و می سوزد.

استفاده از این سیستم بیشتر در محصولات جامد که انتقال حرارتی کندی دارند، صورت می گیرد. محصول از یکطرف وارد می شود و روی نوارهای نقاله ای که چرخش دارد، انتقال می یابد و در همین حین نیز در تماس با شعله مستقیم قرار می گیرد. سپس، پس از طی مسیر توسط نازل های آب سرد می شود و خارج می گردد. ممکن است تونل بخار به عنوان پیش گرمکن وجود داشته باشد، نظیر تونل اگزاست.

### فساد مواد غذایی قوطی شده (Canned food Spoilage)

بطور کلی فاسد شدن مواد غذایی قوطی شده می تواند:

۱ - همراه با تولید گاز (باد کردگی)

۲ - بدون تولید گاز (بدون باد کردگی)

باشد و عوامل ایجاد کننده این فساد

۱ - عوامل میکروبی

۲ - عوامل شیمیایی

۳ - عوامل فیزیکی

### علل عمده ای که عوامل میکروبی موجب فساد مواد غذایی قوطی شده می شوند

۱ - فرایند حرارتی ناقص

انتظار می رود در نمونه آزمایش از میکروارگانیسم های مولد اسپور مشاهده شود.

۲ - آلودگی ثانویه بویژه در هنگام سرد کردن محصول

اگر عامل فساد، آلودگی ثانویه بویژه در هنگام سرد کردن محصول باشد، یا دوخت ناقص هنگام درب بندی و یا صدمه به محصول در هنگام حمل و نقل عامل فساد باشد، عمدتاً باید انتظار داشت که نوع آلودگی، آلودگی به میکروارگانیسم هایی باشد که مقاومت به حرارت آنها کم است.

بسته به این که محصول در چه مرحله از فساد باشد یا این که اساساً عامل ایجاد گاز یا برآمدگی سر قوطی

چیست، شکلهای مختلف باد کردگی را خواهیم داشت.

تقسیم بندی شکلهای مختلف باد کردگی

۱ - باد کردگی از نوع Flipper

۲ - باد کردگی از نوع Springer (فتری)

۳ - بادکردگی از نوع Soft Swell

۴ - بادکردگی از نوع Hard Swell

۱ - Flipper: سر و کف قوطی حالت معمولی دارد ولی اگر یک طرف قوطی را به یک جسم سخت یا با انگشت فشار دهیم، طرف دیگر قوطی باد می‌کند و بیرون می‌زند.

۲ - Springer: یک طرف قوطی باد کرده، یا حتی ممکن است دو طرف قوطی باد کرده باشد و بنابراین وقتی که فشار وارد می‌شود، باد کردگی به سمت دیگر قوطی منتقل می‌شود.

هر دو حالت نشان می‌دهد که افزایش فشار ایجاد شده در داخل قوطی افزایش جزئی بوده و علی‌القاعده نباید در اثر تولید گاز باشد. بلکه می‌تواند در اثر عوامل دیگری مثل میزان انقباض یا خلاء کم داخل محصول باشد، چنانچه قوطی بیش از حد پُر باشد، فرو رفتگی بدنه قوطی، فشار را به سر و کف قوطی وارد می‌کند.

در حالاتی که عامل باد کردگی عوامل فوق باشند، باد کردگی تغییری نمی‌کند ولی در حالتی که عامل میکروبی شیمیایی، عامل باد کردگی است، باد کردگی افزایش یافته و پیشرفت می‌کند.

۳ - Soft Swell: هر دو طرف قوطی باد کرده هستند و یک طرف قوطی را که فشار می‌دهیم، همان طرف به داخل فرو می‌رود.

۴ - Hard Swell: شدیدترین شکل بادکردگی است که با فشار بالا نیز باد کردگی فرو نمی‌رود. شکل پیشرفته آن بمباز شدن و پاره شدن قوطی است.

تست: محصول را در دو دمای  $35^{\circ}\text{C}$  و  $55^{\circ}\text{C}$  قرار می‌دهند. برای بررسی امکان رشد باکتری‌های مزوفیل و ترموفیل، که در صورت وجود آنها قوطی‌ها باد می‌کنند.

گاهی محصول دچار فساد می‌شود ولی در محصول گاز تولید نمی‌شود. این نوع فساد در اثر تولید اسید زیاد ایجاد می‌شود که بدون تولید گاز است. استریلیزاسیون ناکافی (فرایند حرارتی ناقص) نیز می‌تواند عامل این نوع فساد باشد. نشت ایجاد شده در داخل قوطی عامل دیگر این نوع فساد است. این نوع فساد را Flat - Sour می‌گویند و عموماً توسط باکتریهای ترموفیل ایجاد می‌شود.

### الف - فساد مواد غذایی قوطی شده توسط عوامل میکروبی

وقتی صحبت از عوامل میکروبی می‌شود، معمولاً نوع گاز تولید شده توسط فعالیت میکروارگانیسم،  $\text{CO}_2$  است.

گاهی مخلوط گاز  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2$  تولید می‌شود. عموماً فسادی که همراه با تولید  $\text{CO}_2$  است. در اثر فعالیت مخمرها ایجاد می‌شود و یا در اثر فعالیت گونه‌های مختلف باسیلوس.

ولی فسادی که همراه با تولید مخلوطی از گاز  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2$  است می‌تواند توسط باکتریهای مزوفیل و یا ترموفیل

ایجاد شود.

نوع فسادى که باکتریهای ترموفیل ایجاد می کنند همراه با تولید اسید است.

نوع فسادى که باکتریهای مزوفیل ایجاد می کنند می تواند همراه با تولید اسید یا همراه با ایجاد بوی گندیدگی

باشد که این دسته از میکروارگانیسم ها را "Putrefactive" (PA) می گویند. عمدتاً کلاستریدیوم ها.

آن دسته از مزوفیلها که تولید اسید می کنند (acid odor) شامل:

۱ - مزوفیل هایی که قادر به تولید اسید بوتیریک هستند (تخمیر بوتیریکی).

۲ - ساکارولیتیک های بیهوازی که ساکارز را تجزیه و هیدرولیز می کنند مثل کلاستریدیوم ساکارولیتیکم.

۳ - گاهی با مخلوطی از فلور میکروبی همراه هستیم که قادر به تخمیر هستند و عموماً همراه با آن نشت یا Leakage

نیز وجود دارد.

۴ - دسته دیگر، باسیل های هوازی هستند (aerobacilli).

فساد بدون تولید گاز

در مواردی فعالیت میکروارگانیسم ها منجر به تولید گاز نمی شود. عدم تولید گاز همراه با:

۱ - کاهش pH

(الف) توسط فعالیت باکتریهای ترموفیل: که نشان دهنده عدم کفایت فرایند حرارتی است (Flat Sour).

(ب) نتیجه فعالیت مزوفیل هاست که Flat Sour ایجاد می شود (فساد سطح).

دسته ای از مزوفیل ها که باعث کاهش pH می شوند، شامل:

لاکتوباسیل: عمدتاً در مورد میوه ها و فلور میکروبی مخلوط که باعث نشت قوطی می شوند.

۲ - تولید  $SH_2$ : عدم تولید گاز هنگام فساد گاهی با تولید  $SH_2$  است. با این که گاز است ولی چون محلول است،

موجب باد کردگی نمی شود.

۳ - فعالیت کپک ها: عموماً در اثر آلودگی ثانویه بوجود می آیند که در اثر نشت قوطی یا رعایت نکردن بهداشت

در حین سرد کردن بوجود می آید.

نکته: در فساد مسطح عموماً ذمن متوجه ترموفیل هاست.

\* زمانی که عامل فساد در اثر تولید  $H_2 + CO_2$  باشد، عوامل آن ترموفیل ها و مزوفیل ها می باشند.

## ب - عوامل شیمیایی

عموماً در اثر فساد شیمیایی با تصاعد گاز  $H_2$  مواجه هستیم.

شرایطی که باعث تولید گاز  $H_2$  می شود:

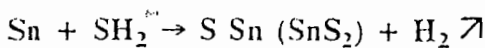
۱ - تولید گاز  $SH_2$ 

در اثر فرایندهای حرارتی ترکیبات پروتئین دار و مواد گوشتی و تجزیه‌ای که روی پیوندهای سولفیدریل در این ترکیبات صورت می‌گیرد،  $SH_2$  تولید می‌شود.

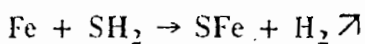
اگر قوطی پوشش مناسبی نداشته باشد یا لاک دچار نقص باشد، الف) در حالتی که پوشش قلع روی استیل وجود داشته باشد، در مرحله اول گاز  $SH_2$  با قلع ترکیب می‌شود و سولفور قلع II یا IV را ایجاد می‌کند. بدین ترتیب، ماحصل ترکیب  $SH_2$  و قلع، سولفور قلع و گاز  $H_2$  است.

حاصل این واکنش روی خود قوطی به شکل لکه‌های زرد یا طلایی است. البته در جایی که آثاری از لاک باشد. ولی اگر لاک کاملاً از بین رفته باشد، لکه‌ها آبی یا قهوه‌ای هستند.

یعنی در صورتی که لاک کاملاً از بین رفته باشد،  $H_2$  تولید شده فقط با قلع ترکیب شده و سطح داخلی قوطی صاف است و خورندگی ندارد، رنگ زرد طلایی به آبی و قهوه‌ای تبدیل می‌شود.



ب) چنانچه پوشش قلع در نقاطی از بین رفته باشد، گاز  $SH_2$  با خود استیل ایجاد واکنش می‌کند و تولید سولفور آهن و گاز  $H_2$  می‌کند.



در اثر تولید سولفور آهن رنگ قوطی سیاه می‌شود و در این حالت سطح داخل خورندگی دارد.

## ۲ - تأثیر اسید موجود در ماده غذایی (روی جداره داخلی قوطی)

موجب تصاعد گاز  $H_2$  می‌شود. این فرایند بسیار کند و آرام در طول دوره نگهداری رخ می‌دهد. مهم‌ترین عواملی که باعث تشدید و تسریع این فرایند می‌شوند:

الف) اکسیژن

ب) آنتوسیانین‌ها

ج) وجود میکروارگانیسم‌ها: سبب افزایش اسیدیته می‌شود و جدا از این که موجب فساد میکروبی می‌شود با تولید گاز  $H_2$  فساد شیمیایی را نیز تسریع می‌کنند.

د) هر چه دمای نگهداری محصول بیشتر باشد، به شدت بخشیدن واکنش‌های اسید و جداره کمک می‌کند.

و) خراش‌ها و صدمات: هر چه بیشتر باشد، یا لاک مورد استفاده نامناسب‌تر باشد، این واکنش‌ها تشدید می‌شود.

وجود  $O_2$  به عنوان یک عامل تشدید کننده، ناشی از نامناسب بودن و ضعیف بودن عمل اگزاست است.

به غیر از تولید گاز  $H_2$  در فساد شیمیایی تغییرات زیر نیز دیده می‌شود:

۱ - تغییر رنگ جداره داخلی قوطی

۲ - تغییر رنگ ماده غذایی

۳ - ایجاد طعم نامطلوب

۴ - ایجاد کدورت در عصاره یا شربت موجود

۵ - خوردگی (Corrosion) و در شدیدترین نوع آن perforation است.

یکی دیگر از گازهای تولید شده در فساد شیمیایی  $CO_2$  است و عمدتاً در موادی که ترکیبات قندی زیاد است و فرایند حرارتی شدید است، رخ می دهد که تجزیه مواد قندی را باعث می شود. البته این موارد نادر است. عموماً با تصاعد گاز  $CO_2$  ذهن متوجه آلودگی ها و فساد میکروبی می شود.

۳ - عوامل فیزیکی

باعث بادکردگی قوطی می شوند.

۲ عامل اصلی وجود دارد:

الف) ناکافی بودن اگزاست که نتیجه آن کاهش خلاء حاصل است. اثر آن اغلب در ارتفاعات مشاهده می شود که نتیجه ایجاد بادکردگی می کند.

ب) پر بودن بیش از حد قوطی: که نتیجه آن ناکافی بودن خلأ و بادکردگی قوطی است.

البته همه قوطی ها پس از انجام فرایند (وقتی از اتوکلاو خارج می شوند) باد کرده هستند. به دلیل فشار داخلی که در اثر افزایش دما زیاد شده است. ولی در مرحله سرد کردن بادکردگی آنها برطرف می شود و سر و ته معقر می شود.

وقتی قوطی کنسرو را برای نمونه برداری به آزمایشگاه می آورند اولین عمل بررسی ظاهر قوطی (درب بندی معیوب، سوراخ، زنگ زدگی) است. مرحله دوم، اگر قوطی باد کرده باشد، آزمایش تشخیص نوع گاز است. البته این آزمایش به طور قطعی به ما نمی گوید که فساد از چه نوع است.

ولی در کنار سایر عوامل نوع فساد تشخیص داده می شود. در مراحل بعدی بررسی داخلی قوطی از نظر خوردگی، لاک، سفیدرنگ در محتویات قوطی و در نهایت کشت میکروبی است برای تشخیص نوع میکروارگانیسم های موجود در قوطی. با کمک عوامل مذکور می توان پی به فساد ماده غذایی و نوع آن برد.

روشهایی که ذکر شد از نوع استریلیزاسیون بعد از بسته بندی بود.

### محدودیت های استریلیزاسیون بعد از بسته بندی:

۱ - در محصولاتی که جامد هستند و یا این که ویسکوزیته زیادی دارند، چون شدت نفوذ حرارت به قسمت های مرکزی آنها کند است، استریل کردن آنها مشکل است.

۲ - مشکل انتقال کند حرارت باعث می شود که ارزش های تغذیه ای و ویژگی های حسی مواد غذایی (ارگانولپتیک)

آسیب بیشتری ببینند. بویژه اگر از امکانات استریل کردن ثابت (غیر چرخان) استفاده کنیم، بخش‌های کناری متحمل حرارت بیشتری نسبت به قسمت‌های داخلی خواهند شد که عملاً مشکل را با استفاده از ظروفی که دیواره نزدیک ریزه نازک‌تر دارند و یا ایجاد چرخش در حین فرایند حرارتی، حل می‌کنند.

انته با استفاده از حرارت‌های تندتر و به تبع آن کاهش زمان فرایند، می‌توان مشکل را حل نمود ولی لازمه کار آنست که از ظروفی استفاده شود که در فشارهای بالاتر و حرارت‌های بالاتر مقاوم باشند که سبب افزایش هزینه می‌شود.

### استریلیزاسیون قبل از بسته بندی

این سیستم UHT است (Ultra High Temperature یا Ultra Heat Treatment)

در روش UHT یک جزء لاینفک وجود دارد و آنهم بسته بندی اseptic است. در بسیاری جاها سیستم را تحت عنوان سیستم Aseptic می‌شناسند. (Aseptic packaging)

### مزایای سیستم UHT

۱- امکان استفاده از دماهای بسیار بالا و زمانهای بسیار کوتاه، با این هدف که تغییرات ایجاد شده در ماده غذایی در حین فرایندهای حرارتی به حداقل برسد.

۲- با استفاده از این روش، قادریم طیف وسیعی از مواد غذایی اعم از مایع (شیر، آبمیوه جات و عصاره‌ها)، نیمه جامد (خامد، ماست، انواع سس‌های سالاد و بستنی) را استریل کنیم. حتی برای مواد غذایی که در داخل آنها دارای ذرات نیمه جامد است مثل غذاهای کودک، انواع سوپ‌ها، فراورده‌های مختلف گوجه فرنگی و دسرهای مختلف را می‌توان استریل نمود.

با توجه به ویژگی‌های این روش، در خیلی از موارد می‌توان کیفیت محصول UHT را با محصولاتی که منجمد شدند یا تحت تاثیر اشعه قرار گرفتند، قابل مقایسه دانست. به عبارتی تاثیر این روش روی مواد غذایی پایین است.

۳- محصولاتی را که با این روش تهیه می‌شوند، حداقل می‌توان در دمای معمولی تا شش ماه نگهداری کرد. (که از ۶ ماه تا ۲ سال گاه افزایش می‌یابد)

۴- در این روش با توجه به این که شرایط فرایند تابع اندازه ظروف بسته بندی نیست بنابراین برای بسته بندی محصول می‌توان از بسته بندی‌های بسیار بزرگ تا بسیار کوچک استفاده نمود. در حالی که در روش قبلی، معمولاً از بسته بندی‌های بزرگ اجتناب می‌کردیم، چون اندازه ظرف تاثیر عمده‌ای در زمان فرایند داشت. بدین ترتیب

هزینه‌ها کاهش می‌یابد (هزینه‌های حمل و نقل) بخصوص در مواردی که محصول به عنوان ماده اولیه‌ای است برای فرایند بعدی.

۵- در این سیستم، جنس بسته بندی مهم نیست. (به لحاظ هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی) و مهم شرایط اسپتیک بسته بندی است.

### مشخصات سیستم UHT

۱- برخلاف سیستم بعد از بسته بندی، اثرات کشندگی حرارت در اواخر فرایند و ابتدای مرحله سرد کردن شدیدتر است. در فرایند UHT چون خود دمای محصول خیلی سریع به حد نهائی مورد نظر می‌رسد، این کشندگی عمدتاً در حرارت ثابت (Holding) صورت می‌گیرد. در محصولات قوطی شده، مدت زمانی وجود دارد تحت عنوان Coming up time، یعنی زمانی که لازم است برای رسیدن سردترین نقطه محصول به حرارت مورد نظر که در UHT این زمان بسیار کوتاه است.

بسته به نوع روش در سیستم UHT، نوع منحنی متفاوت است. در UHT با محصولاتی زو برو هستیم که به طور تجاری استریل هستند و استریل مطلق نیستند.

### روش سیستم UHT

کاری که در سیستم UHT اتفاق می‌افتد، این است که محصول به شکل لایه بسیار نازکی (مستقیم و یا غیر مستقیم) در تماس با ماده گرم کننده قرار می‌گیرد و در یک مدت خیلی کوتاهی در این دما نگهداری می‌شود و بعد هم به سرعت سرد می‌شود.

روش‌های مختلفی برای استریل کردن محیط بسته بندی و نوع ماده‌ای که برای بسته بندی استفاده می‌شود، بکار گرفته می‌شود. از جمله در مواردی که از کارتون‌های چند لایه استفاده می‌شود از  $H_2O_2$  (پراکسید هیدروژن) برای ضد عفونی و استریل کردن رول کاغذ استفاده می‌شود. بدین معنا که رول کاغذ در حین شکل گرفتن و قبل از تبدیل شدن به پاکت‌های مقوایی از داخل محلول  $H_2O_2$  عبور می‌کند و استریل می‌شود.

در مواردی که از قبل ظرف، شکل گرفته است، قبل از ریختن محصول در ظرف با استفاده از بخار ظرف را استریل می‌کنند.

در محیطی که کار بسته بندی انجام می‌شود، برای این که محیط را استریل نگه دارند یا از بخار استفاده می‌شود یا از فیلترهای مخصوص هوا، که کار آنها در واقع عاری کردن هوا از میکروارگانیسم‌ها و ورود هوای استریل در محفظه بسته بندی است. در برخی از سیستم‌ها از گازهای بی اثر یا خنثی استفاده می‌شود.



دامنه حرارتی که در ارتباط با فرایندهای استیپیک است بین  $150^{\circ}\text{C}$  -  $132^{\circ}\text{C}$  می باشد. معمولاً دماهای حدود  $150^{\circ}\text{C}$  -  $140^{\circ}\text{C}$  بیشتر مرسوم است.

## نحوه حرارت دادن محصول در سیستم UHT

۱ - مستقیم (Direct)

۲ - غیر مستقیم (Indirect)

در روش غیر مستقیم عموماً از مبدل های حرارتی استفاده می شود:

الف) صفحه ای (Plate. HE)

ب) لوله ای (Tubular . HE)

ج) تراش سطحی (Scraped Surface. HE)

## ویژگیهای سیستم صفحه ای

- در بین انواع مبدل های حرارتی، مبدل صفحه ای کمترین پیچیدگی را به لحاظ کنار سیستم دارد و چون فاصله بین صفحات کم است، مناسب ترین نوع مبدل حرارتی برای محصولاتی که ویسکوزیته کم دارند و فاقد ذرات معلق هستند، می باشد.

- ضریب انتقال حرارت نسبت به سیستم های لوله ای بیشتر است.

- فضای کمتری را اشغال می کند.

- در سیستم های صفحه ای امکان حرارت موادی که ویسکوزیته بیشتری دارند، مهیا شده است. این سیستم را با سیستم CIP راحت می توان شستشو داد. (راحت باز شدن یلیت ها).

معایب سیستم صفحه ای: البته امکان **Fouling** یا بسته شدن مجرا به جهت اینکه ترکیبات مواد غذایی روی صفحات رسوب می کنند، نسبت به سیستم لوله ای بیشتر است.

## ویژگی های مبدل حرارتی لوله ای:

- در محصولاتی که ویسکوزیته بالایی دارند مناسب است.

- در مقایسه با مبدل های حرارتی صفحه ای، اگر ظرفیت یکسان باشد، فضای بیشتری را اشغال می کند.

- امکان مسدود شدن عبور محصول در این سیستم ها کمتر است.

- شستشو و بازرسی آنها مشکل تر است.

## ویژگی‌های مبدل‌هاژ، حرارتی تراش سطحی (خراش سطحی):

عموماً برای محصولات که خیلی ویسکوز هستند، مناسب است. یا برای استریل کردن سوسپانسیون‌ها و یا مواد نیمه جامد مناسب هستند. البته سیستم پرهزینه‌ای است.

مبدل‌های تراش سطحی در واقع همان نوع لوله‌ای هستند با این تفاوت که:

در نوع لوله‌ای بخش مرکزی به نام rotor را نداریم. مبدل‌های خراش سطحی دارای یک لایه عایق در خارج و لایه‌ای که ماده گرم‌کننده در آن است تشکیل شده و در لایه داخلی محصول است. در این جا در لوله مرکزی سیلندری است که روی آن پره‌هایی وجود دارد که با سطح لوله داخلی در تماس کمی هستند یا فاصله خیلی کمی دارند. محصول توسط پره‌ها، به صورت لایه بسیار نازکی در سطح لوله کشیده شده و برداشته می‌شود و در زمان کوتاهی دمای خود را می‌بیند. و در مورد محصولاتی که پمپ کردن و انتقال حرارت آنها مشکل است مناسب است. این پره‌ها مواد را به شکل صفحه نازکی در می‌آورند.

### مزیت سیستم غیر مستقیم به مستقیم

در سیستم هاس غیر مستقیم امکان بازیافت انرژی (Regeneration) وجود دارد، که در بین روش‌های غیر مستقیم سیستم‌های پلیتی بهترین امکان بازیافت انرژی را دارند. (صرفه جویی).

## روش‌های حرارتی در سیستم UHT

### غیر مستقیم

P.IE و T.HE و SS.HE

مستقیم  
تزریقی  
انتشار  
infusion و injection

### روش‌های مستقیم

به طور کلی روش‌هایی که از حرارت مستقیم استفاده می‌شود ماده گرم‌کننده (بخار) در تماس مستقیم با ماده غذایی قرار می‌گیرد. نحوه تماس متفاوت است. سیستم‌های تماس مستقیم یا injection است که در این سیستم بخار به داخل ماده غذایی تزریق می‌شود (سیستم تزریقی) و یا infusion است یعنی ماده غذایی به داخل بخار وارد می‌شود که سیستم انتشار گفته می‌شود.

حاصل کار در دو روش یکی است. محصول در مدت کوتاهی به دمای مورد نظر  $150^{\circ}\text{C} - 140^{\circ}\text{C}$  می‌رسد که این

رسیدن آبی است. در هر دو روش اول دمای محصول در یک پیش گرم کن (لوله‌ای یا پلیتی) به دمای حدود  $70^{\circ}\text{C}$  می‌رسد و سپس وارد سیستم اصلی حرارتی می‌شود که می‌تواند بروش injection یا infusion باشد.

در سیستم‌های غیر مستقیم که ماده غذایی تماس با بخار ندارد، کیفیت بخار مهم نیست، در حالی که در روش‌های مستقیم، کیفیت بخار به لحاظ خلوصی که بخار دارد، به جهت مخلوط شدن با ماده غذایی خیلی مهم است. بنابراین در این سیستم‌ها از بخار معمولی که از کوره بخار به دست می‌آید، استفاده نمی‌شود بلکه در تهیه خار، آب آشامیدنی را به طور غیرمستقیم تحت حرارت قرار می‌دهند و بخار حاصله را استفاده می‌کنند. اصطلاحاً این نوع بخار را Potable Steam یا بخار آشامیدنی می‌گویند، یا بخاری که در یک سیستم Culinary به وجود آمده است.

مراحل کار را در هر دو روش به ترتیب زیر است:

۱ - Preheating (P.HE و T.HE): دما به  $70^{\circ}\text{C}$  می‌رسد.

۲ - Heating: بسته به نوع محصول دما به  $150^{\circ}\text{C}$  -  $140^{\circ}\text{C}$  می‌رسد.

۳ - Holding: محفظه تحت خلاء (Vaccum chamber): محصول وارد این محفظه می‌شود.

۲ کار اتفاق می‌افتد:

الف) رها شدن از سیستم تحت فشار و ورود به محفظه باز باعث پایین آمدن سریع دمای محصول می‌شود. ( $70^{\circ}\text{C}$  -  $80^{\circ}\text{C}$ ).

ب) آبی که در مرحله Heating در اثر تماس مستقیم بخار با ماده غذایی به ماده غذایی وارد شده، بدلیلی که سیستم تحت خلاء است، جدا می‌شود. (جدا سازی بخارات یا آب اضافی)

این حالت تحت شرایطی است: مثلاً در حین فرایند چه مقدار آب استفاده شده است و چه مقدار آب باید از محصول خارج شود.

نکته: قبل از اینکه محصول وارد Vaccum chamber شود، وارد holding می‌شود.

زیرا محصول باید برای زمان لازم در دمای مرحله Heating قرار داشته باشد (مثلاً  $150^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲ - ۳ ثانیه) که این مدت زمان را از لوله‌های holding عبور می‌کند.

مرحله holding بسته به محصول فرقی می‌کند اما معمولاً مدت کوتاهی دارد.

در Vaccum chamber، اغلب علاوه بر بخار، عطر و طعم و مواد معطره (ترکیبات فرار) از محصول جدا می‌شوند که گاهی مطلوب و گاهی نامطلوب است به عنوان مثال:

در شیر عموماً ترکیبات فرار، بوهای نامطلوبی است که همراه شیر است و جدا سازی آنها مطلوب است. ولی در مورد آبمیوه جات ترکیبات فرار مربوط به عطر و طعم محصول است و جدا سازی آنها نامطلوب است.

اگر مقدار نریبیات فرار زیاد باشد، می توان سیستم های Recovery (بازیابی) گذاشت و بوهای مطبوع را تقطیر کرد. و به اصول اضافه نمود.

### محصولات های سیستم تزریقی (injection)

۱- برای محصولات که ویسکوزیته پائین دارند، مناسب است. اگر ویسکوزیته خیلی بالا باشد، این سیستم مناسب نیست.

۲- طراحی دستگاه های این سیستم به نوعی است که قابلیت انعطاف آن کم است. یعنی نوعاً این سیستم ها چند منظور نیستند. نمی توان برای محصولات مختلف استفاده شود.

۳- کاربرد افت انرژی در این سیستم ها خیلی کم است. مثلاً اگر بازیافت انرژی در سیستم غیر مستقیم ۹۰٪ باشد در سیستم مستقیم ۵٪ است.

۴- در استفاده از ظرفیت کم، در سیستم لرزش و سرو صدای زیادی وجود دارد.

نکته برای اطمینان از جدا سازی آب مرحله Heating به Vaccume chamber به طور کامل، باید دمای ورودی محصول به مرحله vaccume chamber،  $2^{\circ}\text{C}$  بیشتر از دمایی که محصول هنگام ورود به مرحله heating دارد، باشد.

در سیستم تزریقی (injection) میزان فشاری که بخار خوراکی دارد  $1000\text{ kpa}$  است.

### سیستم ایدشار (infusion)

محصول به شکل یک لایه ای به صورت آزاد از بالا به پائین اسپری می شود، در حالی که بخار از طرف دیگر با فشاری به مراتب کمتر از روش injection وارد می شود. ( $450\text{ kpa}$ ).

(حدود نصف فشار در سیستم قبل).

بقیه قسمت ها مانند روش injection است. (preheating و...)



### مهمترین ویژگی های سیستم infusion

۱- قابلیت اطمینان سیستم که راحت تر می توان محصولات مختلف را استریل کرد.

۲- محصولات که ویسکوزیته بیشتری دارند را می توان در این سیستم استریل کرد.

معمولاً بخار به سمت بالا و محصول به سمت پائین حرکت می کند.

در روش های UHT، میزان صدمات وارد شده به محصول (رنگ محصول، بافت و عطر و طعم) بسیار کمتر

است. \*در محصولاتی که اول بسته بندی و سپس استریل می شوند، واکنش های میلارد، دنا توره شدن پروتئین ها بیشتر رخ می دهد و حاصل همه این پدیده ها نرم شدن محصول است.

## نگهداری ماده غذایی با استفاده از تغلیظ

### (Preservation of food by Concentration)

به طور کلی هر آبی که از ماده غذایی جدا می شود، به نوعی ماده غذایی را تغلیظ می کند. پس واژه concentration یک واژه عام است. در کنار این واژه، واژه های دیگری نیز به کار می رود:

۱ - Evaporation: بیانگر استفاده از روش حرارتی است برای جداسازی آب ماده غذایی و کاربرد آن در مورد مایعات است.

۲ - Condensation (concentration): به کارگیری روش حرارتی که می تواند همراه با افزودن مواد جامد محلول با هدف بالا بردن درجه حرارت تغلیظ باشد. مانند: Condensed Sweetened Milk یا شیرهای تغلیظ شده شیرین (افزودن شکر و استفاده از حرارت برای تغلیظ).

۳ - Drying (Dehydration): به نوعی تغلیظ مواد غذایی گفته می شود، منتهی تفاوت آن اینست که: اولاً: Drying هم در مورد مایعات و هم جامدات است.

ثانیاً: محصول به دست آمده نهایتاً محصولی جامد است.

۴ - Freezing: نوعی تغلیظ است، ولی جداسازی آب صورت نمی گیرد. این روش، یک روش حرارتی نیست. فقط شکل آب را از حالتی به حالت دیگر در می آورد و آب به صورت غیر قابل دسترس برای میکروارگانیسم ها در می آید.

۵ - Filtration: بدون استفاده از حرارت و صرفاً با استفاده از یک سیستم فیزیکی، آب و مواد غذایی را جدا می کند. سیستم های Ultra Filtration (UF) نمونه بارز این پدیده است. مزیت عمده: به دلیل عدم استفاده از حرارت تأثیرات منفی که حرارت روی کیفیت ماده غذایی می گذارد، وجود ندارد.

## اصول نگهداری مواد غذایی با استفاده از تغلیظ

### ۱ - کاهش PH

به خصوص در محصولاتی که مشامیوه ای دارند یا به طور طبیعی pH پایین دارند و یا عمدهً pH آنها را پایین می آورند.

۲ - کاهش  $a_w$ 

جدا کردن آب مواد غذایی چه در اثر استفاده از حرارت و چه در اثر افزودن مواد محلول (قند و نمک) هر دو سبب کاهش  $a_w$  در محیط می شود. بنابراین فعالیت میکروارگانیسم ها را کند یا متوقف می کند (بسته به غلظت به وجود آمده در محیط).

هر میکروارگانیسم برای آنکه بتواند در مقابل کاهش  $a_w$  مقاومت کند، از خود عکس العمل نشان می دهد که میزان عکس العمل بسته به نوع میکروارگانیسم متفاوت است.

سلول میتروبها دیواره ضخیمی دارد (Cell wall) و در زیر و چسبیده به آن غشای سیتوپلاسمی دارند، که کار اصلی دیواره محافظت سلول در مقابل عوامل خارجی است.

در حالت طبیعی، فشار اسمزی یا غلظت مواد داخل سلول بالاتر از محیط بیرون آن است و بنابراین فشار اسمزی در داخل سلول بیشتر از محیط است. به دلیل بالا بودن این فشار اسمزی همیشه امکان ورود آب یا ترکیبات رقیق به داخل سلول تنها است و از آن طریق سلول تبادلات خود را انجام می دهد.

ولی اگر سلول میتروبی در محیطی قرار بگیرد که  $a_w$  کم است یا به عبارت دیگر اگر آبی که اطراف سلولها را فرا گرفته جدا کنیم از حصول، باعث می شود که فشار اسمزی در خارج سلول بیشتر از داخل سلول شود و در نتیجه محتویات داخل سلول به بیرون کشیده می شود (Plasmolyse).

وقتی که سلول میکروارگانیسم ها مواجه با حالت پلاسمولیز می شود از خود عکس العمل نشان می دهند، که این مقاومت را از طریق سیستمی به نام «Intracellular Compatible Solute» یا یکسان سازی یا شبیه سازی غلظت مواد محلول در داخل سلول خود انجام می دهند.

بنابراین اگر میکروارگانیسم در محیطی با  $a_w$  پایین قرار گرفت یا فشار اسمزی محیط باکتری بیشتر از داخل سلول باکتری شد، آب در آن باکتری خارجی می شود.

استفاده از سیستم I.C.S، یعنی میکروارگانیسم بتواند یا یکسری ترکیبات را از محیط اطراف به داخل سلول خود جذب کند، یا یکسری ترکیبات را در داخل سلول خود سنتز کند تا غلظت مواد محلول در داخل سلول خود بالا ببرد و در برابر تأثیر منفی فشار اسمزی بالای محیط مقاومت کند.

انواع مختلف میکروارگانیسم ترکیباتی را که می توانند سنتز کنند یا از محیط اطراف جذب کنند، متفاوت است. یکی از این ترکیبات، یونهای پتاسیم است که هم مخمرها و هم باکتریها می توانند آن را سنتز یا جذب کنند. باکتریها برای مقابله با پلاسمولیز می توانند آمینو اسیدهای مختلفی را جذب یا سنتز کنند.

مخمرها نیز کیک ها توانایی سنتز قند را دارند که عموماً قند Trehalose است.

در فرایند تغلیظ، غیر از جدا سازی آب، اضافه کردن مواد محلول (قند - نمک) نیز عامل مهمی در نگهداری

محصول است که سبب کاهش  $a_w$  می شود. در مورد بسیاری از محصولات، مثل تهیه مرباجات، انواع ژلها، فرایند اصلی، فرایند تغلیظ است.

### تأثیر مواد افزودنی (قند - نمک) روی کاهش $a_w$ :

تأثیر مواد افزودنی روی کاهش  $a_w$  یکسان نیست. یعنی به عنوان مثال، اگر قند ساکارز را به آب اضافه کنیم، میزان  $a_w$  ایجاد شده نسبت به گلوکز و فروکتوز متفاوت است.

در مورد نمک نیز این تفاوت وجود دارد.

در محلولهای حقیقی، میزان  $a_w$  ایجاد شده، قابل محاسبه است.

$$a_w = \frac{n_i}{n_i + n_2} = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

$n_1 = n_i$ : تعداد مولهای آب

$n_2 = n_{ii}$ : تعداد مولهای ماده حل شده. (قند و نمک)

مثال:  $n_1 = \frac{\text{وزن ماده}}{\text{جرم مولکولی}} = \frac{1000}{18} = 55/5$  = تعداد مولهای آب در ۱۰۰۰ gr آب

مثال: فرض کنیم که محلول ۱۰٪ نمک داریم.  $a_w$  ایجاد شده چقدر است؟

$$10\% \text{ نمک} \rightarrow \begin{cases} 10 \text{ g نمک} \\ 90 \text{ g آب} \end{cases} \rightarrow a_w = \frac{\frac{90}{18}}{\frac{90}{18} + \frac{10}{58/5}} = 0/96$$

نتیجه: هر قدر که جرم مولکولی محصول حل شده در آب بزرگتر باشد،  $a_w$  بیشتر ایجاد می شود و کاهش  $a_w$  کمتر می شود.

### قند انورت Invert sugar (قند معکوس)

در اثر حرارت دادن ساکارز در دمای بالا، بخشی از آن به گلوکز و فروکتوز تجزیه می شود. در پلاریمتر، ساکارز راست گردان است، ولی بعد از تجزیه بدلیل ایجاد گلوکز و فروکتوز، نورپلاریزه به سمت چپ منحرف می شود (چپ گردان). به این دلیل به قند حاصل انورت (معکوس) می گویند. شرط دیگر انجام این تجزیه، حضور pH های پائین است. هر قدر که pH پایین تر باشد، کار تبدیل بیشتر انجام می گیرد.

### دلایل مطلوب بودن فرایند انورت:

۱ - در اثر تجزیه که در حضور اسید و حرارت در ساکارز صورت می گیرد، بدلیل این که تاثیر گلوکز و فروکتوز در کاهش  $a_w$  در غلظت های مساوی بیش از ساکارز است، لذا به لحاظ قابلیت نگهداری محصول، انورت کردن مطلوب است.

۲ - چون قابلیت کریستاله شدن ساکارز بیش از دو قند گلوکز و فروکتوز است، پس انورت کردن از شکرک زدن جلوگیری می کند.

جلوگیری می کند.

در صنعت تغلیظ، بسته به نوع فرایند (تحت خلاء یا در فشار معمولی) از فرایند انورت کردن استفاده می شود و یا این که بجای آن، بشکل مسقیم از گلوکز مایع استفاده می کنند. البته نتیجه هر دو روش یکی است و آنهم پایین آوردن نسبت ساکارز در محصول تغلیظ شده. در شرایطی که تغلیظ در شرایط تحت خلاء انجام گیرد، به جهت این که دما به اندازه کافی بالا نیست تا انورت شدن را به اندازه کافی انجام دهد، بجای بخشی از ساکارز، بطور مسقیم از گلوکز مایع استفاده می شود تا هم مشکل کریستالیزاسیون پیش نیاید و هم به اندازه کافی پایین آید تا مانع فعالیت میکروارگانیسم ها شود.

### محصولات تغلیظ شده

- ۱ - jam (مربا): با استفاده از تنه های میوه و با اضافه کردن شکر تهیه می شود.
- ۲ - Preserve: در ایران بین مربا و Preserve تفاوتی قائل نیستند.  
عبارتست از: محصولی که با استفاده از پالپ یا پوره میوه با اضافه شکر بدست آید.  
(پالپ + آب میوه).
- ۳ - jelly (ژله): مخلوطی از عصاره شفاف میوه (آب میوه شفاف) و شکر. تفاوت آن با دو محصول فوق اینست که بافت ژله شفاف و فاقد ذرات به امد است.
- ۴ - Marmalad: مخلوطی از آب میوه + قطعات میوه و گاهی پوست میوه + شکر. معمول اینست که در بسیاری از استانداردها مارمالاد اشاره به محصولی دارد که از آب مرکبات بدست می آید.

### مراحل تهیه مربا

بخشی از میوه یا پالپ میوه با نسبت مشخصی از شکر مخلوط می شود. کار پختن را تا زمانی ادامه می دهند که به غلظت مشخصی از مجموع مواد جامد محلول یا TSS (Total Soluble Solids) برسند.  
فاکتورهایی که در تهیه مربا باید اندازه گیری شود:

- ۱ - اندازه گیری TSS.
  - ۲ - تعادل موجود بین ساکارز و قند انورت.
  - ۳ - pH یا اسیدیته.
- ۱ - به لحاظ میزان مواد جامد محلول در این فرآورده ها باید TSS بین ۷۰ - ۶۵٪ باشد. اگر  $TSS = 70$  باشد، بدون روش نگهداری تکمیلی می توان محصول را نامدتها نگهداری نمود، ولی اگر TSS کمتر باشد (۶۵٪)، لازم است از روش های تکمیلی استفاده شود که معمولاً اصلی ترین آنها:
    - الف) استفاده از نگهدارنده ها.
    - ب) پاستوریزاسیون.
    - ج) بسته بندی مناسب.
  - ۲ - تعادل بین ساکارز و قند انورت: اگر  $TSS = 70 - 65\%$  ساکارز باشد، در این غلظت، پس از سرد شدن و در طول نگهداری محصول شروع به شکرک زدن می کند. پس لازم است که بخشی از آن بصورت قند انورت تبدیل شود، که بطور طبیعی توسط اسید و حرارت این کار صورت می گیرد.



در فرایندهای تحت خلاء که دما پایین است، استفاده از گلوکز مایع مورد نیاز است. (ایجاد قند انورت مشکل است). در هر دو حالت بایستی تعادلی بین آنها وجود داشته باشد، زیرا اگر غلظت گلوکز از حدی افزایش یابد، به شکل هیدراته در می آید و آب جذب می کند و به شکل دانه در می آید که در محلولهای شفاف به شکل رسوب هاله مانند در می آید و شبه کریستال می شود. مطلوب ترین نسبتی که بین قند انورت و ساکارز باید وجود داشته باشد، ۴۰ - ۳۰٪ قند انورت و مابقی ساکارز است.

در صنعت، برای تبدیل ساکارز به انورت، با استفاده از اسیدهای آلی یا معدنی و جوشاندن آن در حرارتهای بالا، صورت می گیرد. وقتی که میزان شکسته شدن ساکارز به حد مطلوب رسید، حرارت را قطع می کنند و میزان اسید اضافی موجود در محیط را با ترکیبات قلیایی مثل بیکربنات سدیم خنثی می کنند.

۳ - pH یا اسیدیته:

پایین بودن pH در بسیاری از میوه ها طبیعی است، پس نیازی به افزودن اسید خوراکی به شکل مصنوعی در تهیه فرآورده ها نیست ولی در عمل در اغلب موارد اسید اضافه می شود.

کاهش pH چند اثر دارد:

الف) اثر نگهدارندگی: در pH پایین، قسمت اعظم باکتریها قابلیت رشد و فعالیت ندارند (پایداری محصول افزایش می یابد).

ب) تبدیل ساکارز به قند انورت: کاهش pH از عوامل مهم در این تبدیل است.

ج) تاثیر pH پایین در تشکیل ژل: در هر کدام از محصولات مذکور، بافت و قوام خاصی مورد نیاز است که برای رسیدن به آن قوام، پایین بودن pH و ممکن ساختن تشکیل ژل، عامل مهم و مؤثری است.

در تشکیل قوام مناسب ۳ عامل زیر موثرند:

۱ - مواد جامد محلول (شکر)

۲ - اسید

۳ - پکتین

در محصولات تغلیظ شده، عامل سومی وجود دارد که می تواند به طور طبیعی یا مصنوعی در محصول وجود داشته باشد. آن عامل، پکتین است.

\* پکتین نام عمومی یکسری از ترکیبات به نام Pectic substances (ترکیبات پکتیکی) است.

### نقش پکتین در محصولات تغلیظ شده

در حضور اسید و شکر، تحت شرایط خاص، باعث ایجاد شبکه ژلمانندی می شود که بافت سفت و اسکوزیته را به محصول می دهد. طبیعی است که در مورد محصولات تغلیظ شده ای که باید به این بافت خاص برسند، لازم است میزان پکتین موجود در محصول به حد استاندارد برسد. (یعنی به جز مقدار طبیعی موجود مقداری به محصول اضافه شود).

### ترکیبات پکتیکی

#### ۱ - Protopectin (پروتوپکتین)

کاملاً نامحلول در آب است و در بافت سبزیجات و میوه جات وجود دارد و در طی فرایند تبدیل میوه جات نارس

به رسیده دستخوش تغییرات می شود. بدین معنا که این ماده به تدریج به ترکیباتی تبدیل می شود که حلالیت آنها بیش از پروتوپکتین است. در طی فرایند رسیدن محصول، در اثر فعالیت آنزیمها، مثل آنزیم پروتوپکتیناز Protopectinase، انشعاباتی که روی زنجیره اصلی وجود دارد، جدا می شود و در واقع ترکیبی به نام پکتین به وجود می آید. پکتین به وجود آمده در واقع زنجیره ای است به هم پیوسته و متشکل از اسید گالاکتورونیک که برخی از عوامل اسیدی آن متیله شده اند.

پکتین نام عمومی بسیاری از ترکیبات با عنوان ترکیبات پکتیکی است ولی فرمول آنها با هم متفاوت است. به تدریج که فرایند رسیدن میوه انجام می گیرد، خود پکتین نیز تحت تأثیر آنزیمی به نام پکتین متیل استراز تجزیه می شود. «Pectin methyl esterase» گروههای متیل روی برخی از عوامل اسیدی اسیدهای گالاکتورونیک به تدریج تحت تأثیر آنزیم جدا می شوند و ابتدا پکتین را به اسید پکتینیک (pectinic acid) و در نهایت به اسید پکتیک (pectic acid) تبدیل می کند.

در واقع اسید پکتیک همان زنجیره به هم پیوسته اسید گالاکتورونیک است که عامل متیلی ندارد. (پلی اسید گالاکتورونیک).

پس اگر آنزیم پکتین متیل استراز، زنجیره پلی گالاکتورونیک اسید را بشکند، محصول محصول بدست آمده، مولکولهای اسید گالاکتورونیک است.

به تدریج که از سمت پروتوپکتین به سمت پکتیک اسید می آئیم، حلالیت ترکیبات پکتیکی بیشتر می شود. (به جهت کم شدن گروههای متیل).

ترکیبات پکتیکی را بر حسب میزان گروههای متیله شده آنها (میزان در صد گروههای متیلی در ساختمان آنها) تقسیم بندی کردند:

یا به عبارتی، پکتین هایی که بشکل تجارتهای در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند ۲ دسته هستند:

۱ - Low Methoxyl Pectin: LMP

۲ - High Methoxyl Pectin: HMP

۱ - LMP: میزان گروههای متیل در فرمول پکتین کم است.

۲ - HMP: میزان گروههای متیل در فرمول پکتین زیاد است.

ملاک و معیار کم یا زیاد بودن میزان گروههای متیل:

اگر میزان یا درجه استریفیکاسیون در مولکول پکتین یا ترکیب پکتیکی ۵۰٪ یا کمتر باشد، آن نوع پکتین را LMP می گویند.

اگر از ۵۰٪ بیشتر باشد، آنرا HMP می گویند.

به عبارت دیگر، اگر میزان گروههای متوکسیل ۸٪ و یا کمتر از ۸٪ وزن کل پکتین را تشکیل دهند، آنرا LMP و اگر

بین ۸-۱۶٪ وزن کل پکتین باشد، آنرا HMP می گویند.

پس اگر HMP را در فرآورده های تغذیه ای شده استفاده کنیم، برای تشکیل شبکه ژل حضور شکر الزامی است. ولی در مورد LMP، وجود شکر ضرورتاً الزامی نیست.

برای تهیه این نوع ژلها، می توان ۱۰۰٪ شکر را از فرمول حذف کرد که ژل تشکیل می شود ولی ژل بدست آمده نسبتاً نرم است، ولی می توان با مقادیر پائین شکر نیز ژل های بسیار سفتی تهیه کرد، مشروط به این که یون Ca وجود

داشته باشد.

برای تشکیل ژل و شکل گرفتن آنها، مکانیسم‌های مختلفی بیان شده است:

### مکانیسم تشکیل ژل HMP

\* پکتین یک ترکیب کلوئیدی است. ترکیبات کلوئیدی دارای دو ویژگی مهم هستند:

الف) اندازه ذرات مولکول: که بزرگتر از اندازه ذرات ترکیبات کاملاً محلول (محلولهای حقیقی) و کوچکتر از ترکیبات کاملاً نامحلول (رسوب) است.

ب) باردار بودن: روی سطح ترکیبات کلوئیدی بدلیل وجود عوامل مختلف شیمیائی محصول یا دارای بار منفی یا مثبت است که در این ترکیب کلوئیدی بار منفی وجود دارد. ونجود بارهای همنام و نیروی دافعه بین آنها سبب می شود که مولکولهای پکتین همدیگر را دفع کنند و به حالت معلق ماندن مولکول در داخل محلول کمک کنند. در نتیجه، پکتین در فضای محصول معلق باقی می ماند.

### علت تشکیل ژل های پکتینی

در محیط اسید و شکر وجود دارد.

وارد شدن پکتین به محیطی که حاوی اسید است، سبب می شود که بارهای منفی پکتین خنثی شوند. نقش اسید موجود در محیط این است که  $[H]^+$  ایجاد می کند، پس وارد شدن پکتین به محیط حاوی اسید سبب خنثی شدن بارهای منفی آن می شود.

اگر مقدار اسید کافی نباشد، این خنثی سازی بخوبی صورت نمی گیرد و ژل تشکیل شده نرم است و یا اصلاً تشکیل نمی شود.

در صورت خنثی سازی توسط اسید انتظار می رود که مولکولهای پکتین به راحتی بهم نزدیک شوند، ولی این حالت اتفاق نمی افتد. چون، عوامل بازدارنده ای در محیط وجود دارند که از نزدیک شدن مولکولهای پکتین بهم جلوگیری می کنند. از جمله این عوامل، گروههای متوکسیل ( $COOCH_3$ ) هستند که روی سطح مولکول وجود دارند.

دو مولکول پکتین در صورتی بهم می پیوندند که بین دو عامل OH یا COOH (کربوکسیل) پیوند ایجاد شود. نقش شکر: آب موجود در فضای بین مولکولهای پکتین می تواند هم توسط شکر و هم توسط پکتین جذب شود. ولی بدلیل حلالیت بالاتری که شکر دارد یا به جهت هیدروفل تر بودن شکر نسبت به پکتین، در این رقابت، شکر آب را بخود جذب می کند. پس بخش اعظم آب موجود در فضای پکتین جذب شکر می شود و باعث می شود که مولکولهای پکتین بالاجبار بهم نزدیک شوند و در نتیجه پیوندهای هیدروژنی بین گروههای کربوکسیل و هیدروکسیل ایجاد می شود. شبکه ای ایجاد می شود که در لابلای مولکولهای بهم پیوسته پکتین آب و شکر و اسید محصور باقی می ماند و بافت ژله تشکیل می شود.

### مکانیسم تشکیل ژل LMP

مکانیسم عمل همانند مکانیسم قبلی است، با این تفاوت که بدلیل کم بودن گروههای متوکسیل، میزان نزدیک شدن پکتین ها به یکدیگر بیشتر می شود و در نتیجه میزان شکر مصرفی کمتر است.

به همان نسبت که گروههای متیله در مولکول پکتین کمتر باشد، امکان اتصال دو پکتین ساده تر است و به همین جهت در تشکیل این نوع ژل ها به مقدار شکر کمتری نیاز است.

اگر مولکول پکتینی باشد که هیچ گروه متیله نداشته باشد، مثل پکتیک اسید، در تشکیل ژل آن اصلاً شکر استفاده

نمی‌شود. زلی این اتصالات، محکم نیستند، بنابراین به عامل تحریک کننده این اتصالات نیاز است. (در پکتین HMP شکر عامل آن بود). یون کلسیم (Ca) می‌تواند اتصال بین این مولکول‌ها را ممکن سازد. برای افرادی که بیماری قند یا دیابت دارند، در تولید محصولات تغلیظ شده، از پکتین‌هایی استفاده می‌شود که میزان گردهای متیله کمی دارند (NP). و احتیاجی به میزان شکر بالایی ندارند، که به آنها ژله رژیمی می‌گویند. عوامل مؤثر در قدرت ژل: (Jelly Strength) بطور کلی، چیزی که تحت عنوان قدرت ژل گفته می‌شود، قوام و سفتی ساختمان ژل است. در بحث قوام و قدرت ژل دو صفت قوام و سفتی مطرح است. عامل مؤثر در قوام ژل میزان پکتین بکار رفته است. رنج مناسب پکتین که در فرآورده مصرف می‌شود، حدود ۱/۵-۱/۵٪ است. در میزان پکتین مصرفی: ۱- نوع پکتین ۲- قدرت پکتین مؤثر است.

### عوامل مؤثر در سفتی ژله

۱- اسیدیته (pH)

۲- شکر

۱- pH مطلوبی که برای رسیدن به یک سفتی مناسب ژله عنوان می‌شود  $pH=3/2$  است. هر چقدر  $pH < 3/2$  باشد، بافت ژله سخت‌تر خواهد شد و نامطلوب است.

هر چه pH به سمت خنثی افزایش یابد، بافت ژله نرم‌تر خوانند شد. تاجائی که اساساً ژله تشکیل نخواهند شد. بنابراین pH یا میزان اسیدیته در تشکیل ژل مؤثر است.

۲- فاکتور مؤثر دیگر، غلظت شکر است. البته به معنای درصد شکر موجود در محصول نیست، بلکه TSS است. یعنی مجموع مواد جامد محلول. که بخشی به شکل شکر و بخشی به صورت قند انورت طبیعی یا مصنوعی است. معمولاً غلظت مناسب برای ایجاد یک سفتی مطلوب برای ژله ۶۷/۵٪ شکر است که البته این عدد مطلق نیست. این عدد تابع HMP یا LMP است و ثانیاً این عدد در حالتی است که سایر عوامل هم در حد اپتیمم باشد. اگر به هر دلیلی شکر مصرفی کمتر یا بیشتر شود، می‌توان pH را تغییر داد تا به حد اپتیمم برسد. اگر غلظت TSS از ۷۰٪ بیشتر باشد، خطر شرک زدن وجود دارد.

هر چه غلظت TSS کمتر از ۶۷-۶۵٪ باشد، ژل بدست آمده از سفتی کمتری برخوردار است.

اگر چه در محصولات تغلیظ شده‌ای که غلظت مواد جامد محلول حدود ۷۰٪ دارند این عامل می‌تواند باعث نگهداری محصول بدون استفاده از روش‌های تکمیلی نگهداری شود. ولی همیشه این خطر وجود دارد که در طی فرایند سرد شدن محصول، بخارات محصول کندانسه شود و آب روی سطح محصول جمع شود و زمینه را برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها مساعد کند.

بیشترین نوع فساد که در رابطه با این محصولات وجود دارد، رشد کپک‌ها روی سطح محصول است.

احت‌ترین کار اینست که یا محصول را بشکل کاملاً داغ وارد ظروف بسته بندی می‌کنند و یا بعد از بسته بندی کار پاستوریزاسیون انجام شود.

یکی از موارد مهم در تهیه محصولات تغلیظ شده، بحث استفاده از میوه است، به عنوان ماده اولیه اسیدی. چون فصل تولید میوه محدود است، لازم است میوه را با روش‌های مختلفی نگهداری نمود.

طبیعتاً میوه‌ای که برای مر با سازی استفاده می‌شود می‌تواند میوه تازه، منجمد، خشک شده، یا با استفاده از مواد نگهدارنده شیمیایی نگهداری شده، باشد.

استفاده از میوه تازه، باعث می شود که محصول بهترین کیفیت را داشته باشد. معمولاً چون پکتین جزء اصلی مریاست، محصولاتی که نارس ترند، میزان پکتین بیشتری دارند و از این رو، میزان استفاده از پکتین در فراورده نهایی کم خواهد شد.

ولی در مقابل، محصولات نارس قند پائین تری دارند. پس هر چه میوه نارس تر باشد، بایستی شکر بیشتری به محصول نهایی اضافه شود.

میوه جات منجمد و استفاده از آنها به عنوان ماده اولیه در تهیه مربا این مزیت را دارد که در طی فرایند انجماد، صدمه ای که به محصول وارد می شود از نظر عطر و طعم و ویژگی های حسی در مقایسه با سایر روش ها حداقل است. ولی عیبی که دارد اینست که میوه جات را در حالت انجماد نمی توان برای مدت های طولانی نگهداری کرد، زیرا برخی میوه جات نسبت به شرایط انجماد حساسند (تغییر رنگ پیدا می کنند). البته برای حل مشکلات گاهی در حین انجماد محصول را ابتدا وارد یک شربت قندی می کنند و سپس کار انجماد را انجام می دهند، چون واکنش هایی که سبب تغییر رنگ میوه می شوند را به حداقل می رسانند. استفاده از میوه جات خشک روش دیگری است. ولی محصولی که از این میوه جات خشک تهیه می شود، بافت مطلوبی ندارد. همچنین عطر و طعم محصول نیز خوب و نزدیک به میوه تازه نخواهد بود.

نگهداری میوه با استفاده از نگهدارنده های شیمیایی نیز مرسوم است. که این کار نگهداری هم می تواند بعد از انجام یک مرحله آماده سازی میوه باشد (شستشو، هسته گیری، پوست گیری) و سپس از ماده نگهدارنده استفاده شود و هم می توان قبل از مراحل آماده سازی این کار را انجام داد. معمول ترین روش استفاده از  $SO_2$  و ترکیبات آن است که بشکل گاز سولفور و نمک های سولفور، اسید سولفور و استفاده می شود.

در محصول نهایی میزان  $SO_2$  باقیمانده از حدی تجاوز نباید کند. که این حد در کشورهای مختلف متفاوت است. مزیت استفاده از ترکیبات  $SO_2$  اینست که در حین فرایندهای حرارتی مربا، در اثر حرارت این ترکیبات آزاد شده و بشکل گاز خارج می شوند.

هر چه شرایط پخت مربا به لحاظ دما پایین تر باشد، میزان  $SO_2$  باقیمانده در داخل مربا بیشتر خواهد بود. ترکیبات  $SO_2$  باعث می شوند که رنگ رنگدانه ها بخصوص آنتوسیانین ها زایل شود. مثلاً آلبالو، اگر بدین صورت نگهداری شود، موقع استفاده رنگ آن صورتی می شود. ولی این تغییر رنگ یا زایل شدن رنگ موقتی است و با خروج  $SO_2$  رنگ دوباره به محصول برمی گردد. یعنی باعث متلاشی شدن رنگدانه نمی شود. میزان  $SO_2$  مورد استفاده برای محصولات مختلف است. ( $1000-3000 ppm$ ).

از نظر روش تهیه، بطور کلی در تهیه مربا

۱ - با استفاده از ظروف سرباز که معمولاً از تانک های دو جداره استفاده می شود.

۲ - با استفاده از مخازن تحت خلاء که تانک های دو جداره ای هستند که از قسمت بالا به خلاء وصل هستند. این عمل سبب پایین آمدن نقطه جوش محصول می شود تا در دماهای پایین بتوان کار تغلیظ محصول را انجام داد که صدمه کمتری را به محصول وارد می کند.

معمولاً مربایی که در ظروف سرباز تهیه می شود، رنگ تیره تری دارد.

عسل

عمل تغلیظ بشکل طبیعی در این محصول صورت می گیرد.

به لحاظ خصوصیات فیزیکی، وزن مخصوص بیشتری نسبت به آب دارد (۱/۴). پس از آب سنگین تر است. pH آن

اسیدی و حدود ۴ است. غلظت مواد قندی موجود در عسل حدود ۸۰٪ است. (TSS=80). پس به لحاظ pH پایین و  $a_w$  (به لحاظ بالا بودن مواد قندی)، محصولی است که دارای قابلیت نگهداری زیادی است.

به جهت داشتن pH پایین، در ظروف فلزی که فاقد پوشش هستند، نباید نگهداری شوند. رنگ عسل بیان کننده نوع کلی که زنبور استفاده کرده می باشد. بنابراین رنگ عامل کیفی نیست. یک ویژگی عسل این است که بسیار جاذب الرطوبه است. هم رطوبت و هم بوهای اطراف را سریع به خود جذب می کند. بنابراین حتماً باید در ظرف سربسته نگهداری شوند.

### شکرک زدن عسل (رُس کردن)

معمولاً نظر عامه این است که عسل خوب عسلی است که شکرک نزده باشد. در حالی که وقوع پدیده شکرک زدن طبیعی است، به جهت این که میزان مواد جامد محلول در عسل خیلی بالاست و علیرغم اینکه نوع قندی که در عسل است، از قندهای ساده است، ولی مانند قند انورت امکان شکرک زدن با حالتی متفاوت در عسل وجود دارد. ترکیباتی که در داخل عسل هستند، به ویژه آنزیم ها، عامل مهمی برای تجمع کریستال ها و در نهایت ته نشین شدن آنها می باشند.

یکی از شاخصهایی که در تشخیص عسل طبیعی از مصنوعی استفاده می شود، وجود آنزیم هاست. گرده گلها فاکتور دیگری در این زمینه می باشد. برای جلوگیری از شکرک زدن عسل، حرارت دادن عسل را می توان انجام داد. که با حرارت دادن و از بین رفتن آنزیم ها بخش زیادی از شکرک زدن انجام نمی شود و بنابراین عسل به شکل مایع باقی می ماند. منظور از حرارت گذاشتن ظرف عسل در ظرف آب حدود  $65^{\circ}\text{C}$  و در مدت زمان حدود ۵/۵ ساعت است.

### Evaporation

تمام فرایندهای تغلیظ همراه با اضافه نمودن مواد جامد به محصول نهایی نیست. گاهی از حرارت دادن استفاده می شود و میزان TSS در محصول نهایی را با استفاده از تبخیر و جدا سازی آب، به حد بالا می رسانند. بنابراین محصول قابلیت نگهداری بیشتری پیدا می کند.

این فرایند را که در مورد محصولات مایع صورت می گیرد، فرایند تبخیر یا Evaporation می گویند. ویژگی های اصلی که فرایند تبخیر در محصول به وجود می آورد و کاربردهایی که محصولات تبخیر شده دارند، به قرار زیر است:

۱ - فرایند تبخیر می تواند به عنوان یک مرحله مقدماتی پیش از انجام فرایندهای مختلفی مثل خشک کردن، فریز کردن، استریل کردن، صورت گیرد که در واقع با این کار حجم و وزن محصول کاهش می یابد. نهایتاً موجب می شود که در فرایند بعدی انرژی کمتری مصرف شود، فضا یا حجم نیارهای مورد نیاز برای نگهداری مواد اولیه کاهش یابد، هزینه های توزیع و حمل و نقل را نیز کاهش می دهد.

۲ - فرایند تبخیر باعث خواهد شد که میزان مواد جامد محلول در انواع فرآورده های تغلیظ شده افزایش یابد، در نتیجه  $a_w$  کاهش می یابد و حاصل اینکه قابلیت نگهداری محصول را برای مدت های طولانی تر امکان پذیر می کند.

۳ - تبخیر، باعث راحتی مصرف کننده می شود، چون مصرف کننده می تواند کنسانتره های میوه ای را خریداری کند و

با مخلوط کردن آن با آب، نوشیدنی مورد نظر خود را تهیه کند.

۴ - فرایند تبخیر موجب تغییر رنگ و عطر و طعم محصول می‌شود که در برخی موارد این تغییرات مطلوب و گاه نامطلوب است.

۵ - فرایند تبخیر به دلیل افزایش غلظت TSS در محصول، عاملی است برای کاهش انتقال حرارت.

## عوامل موثر در Heat transfer (انتقال حرارت)

### ۱ - تفاوت حرارت محصول با Steam

هر قدر که تفاوت حرارت بین ماده غذایی و بخار بیشتر باشد، سرعت انتقال حرارت بیشتر است و بر اساس همین اصل است که در فرایندهای تغلیظ عموماً از تغلیظ تحت خلاء استفاده می‌کنند. مزیت آن اینست که نقطه جوش محصول را کاهش می‌دهد، پس اختلاف بین حرارت محصول و بخار را افزایش می‌دهد و در نتیجه سرعت انتقال حرارت افزایش می‌یابد. با پیشرفت فرایند تبخیر یا تغلیظ یا به عبارتی از ابتدای فرایند تبخیر (تغلیظ) به سمت انتهای فرایند، به تدریج TSS در محصول افزایش می‌یابد. این امر سبب افزایش نقطه جوش (Boiling point) می‌شود، پس اختلاف حرارت کمتر می‌شود و در نتیجه سرعت انتقال حرارت کاهش می‌یابد. پس:

هر چه از ابتدای فرایند تغلیظ به انتها پیش می‌رویم، نقطه جوش به جهت افزایش TSS افزایش یافته و اختلاف حرارت محصول با بخار کم، در نتیجه سرعت انتقال حرارت کاهش می‌یابد.

یکی از کارهایی که در صنعت برای کنترل غلظت نهایی محصول به صورت تجربی انجام می‌گیرد. اندازه‌گیری درجه حرارت است. بین نقطه جوش و مواد جامد محلول رابطه‌ی نسبتاً مستقیمی وجود دارد.

مثلاً اگر حرارت به حدود  $104/5^{\circ}\text{C}$  برسد، میزان TSS حدود ۷۰٪ است.

در سیستم‌های صنعتی، معمولاً نقطه جوش در  $40^{\circ}\text{C}$  خواهد بود، زیرا لازمه رسیدن به دماهای کمتر  $40^{\circ}\text{C}$  ایجاد خلاء زیاد در داخل تانک است که به لحاظ تجهیزات (ایجاد خلاء، مقاومت تانک‌های دو جداره) و به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

### ۲ - Fouling

هر چه میزان رسوب مواد روی سطح لوله‌های اواپراتور بیشتر باشد، کار انتقال حرارت با کندی بیشتری مواجه خواهد شد.

هر چه میزان غلظت مواد جامد محلول در طول فرایندهای تغلیظ بالا رود، امکان ایجاد پدیده Fouling یا رسوب مواد افزایش می‌یابد.

عمده‌ترین موادی که روی سطوح رسوب می‌کنند، پروتئین‌ها هستند به اضافه پلی‌ساکاریدهایی که به حرارت حساسند و در اثر حرارت می‌سوزند و روی سطوح به شکل جرم باقی می‌مانند.

این پدیده، احتمال خوردگی لوله‌ها را افزایش می‌دهد.

برای جلوگیری از این پدیده، معمولاً در سیستم‌های صنعتی ترکیبات ضد خوردگی اضافه می‌کنند.

### ۳ - Boundary film

این پدیده وقتی اتفاق می‌افتد که لایه بسیار نازکی از محصول تغلیظ شده چسبیده به لوله‌های اواپراتور، حالتی ثابت پیدا کند. به عبارتی دیگر، تحرک محصول در قسمت‌ها مرکزی بیشتر است و هر چه به دیواره‌ها نزدیک می‌شود این تحرک کمتر می‌شود. که به عنوان لایه عایق تلقی می‌شود و انتقال حرارتی را کم می‌کند.

راه برطرف کردن آن، ایجاد انتشار و تلاطم در محصول است که امکان ثابت ماندن آن را به حداقل برساند.

## Energy saving

بحث ذخیره کردن انرژی یکی از نکات مهم در بحث تبخیر است.

مهم ترین پدیده‌ای که در صنعت استفاده می‌شود، طراحی سیستم‌های Multiple Effect یا اواپراتورهای چند بدنه است. بدین ترتیب که، بخاراتی که از یک بدنه اواپراتور در اثر تغلیظ خارج می‌شود به عنوان عامل حرارتی در بدنه دیگر استفاده می‌شود. نمونه بازار آن در کارخانه جات قند اتفاق می‌افتد. (بین ۳-۵ بدنه).

\* میزان خلاء در بدنه‌های مختلف اواپراتور تغییر می‌کند. هر چه غلظت بیشتر می‌شود به طبع میزان خلاء نیز بیشتر می‌شود.

## تأثیرات Evaporation

۱ - در محصولات تبخیر شده با منشأ دامی (شیر) و یا منشأ گیاهی (میوه جات - سبزیجات) به طور طبیعی یکسری ترکیبات فراری وجود دارند که نقطه جوش آنها پایین تر از بخار آب است، بنابراین در همان مراحل اولیه فرایند تبخیر از محصول جدا می‌شوند.

این امر گاه مطلوب است مثلاً در تغلیظ شیر که اگر بوهای نامطلوبی در دامداری جذب شیر شده باشد، در حین تغلیظ جدا سازی می‌شود. ولی در محصولاتی مثل آبمیوه جات و سبزیجات به جهت اینکه این که این ترکیبات فرار تشکیل دهنده عطر و طعم اصلی محصول هستند، بازیافت آنها به محصول از فرآیندهای اصلی است که در کنار تغلیظ انجام می‌شود. معمول اینست که بخار خارج شده از بدنه اول را از یک کندانسور عبور می‌دهند تا تقطیر شود و ترکیبات آروماتیک جدا شده و تبدیل به مایع شوند. در زمانی که کاربازسازی کنسانتره‌های میوه ای انجام می‌شود، این ترکیبات معطره را با نسبت مشخصی به محصول اضافه می‌کنند.

۲ - تغییر رنگ محصول: به دو دلیل صورت می‌گیرد.

الف) افزایش میزان TSS.

ب) انجام واکنش‌های شیمیایی مثل واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی یا میلارد.

هر چه  $TSS$  کاهش یابد، سرعت انجام این واکنش‌ها افزایش می‌یابد.

هر چه در طراحی فرایند از زمانها و دمای کمتری استفاده شود، شدت تغییرات به وجود آمده به حداقل می‌رسد.

۳ - تبخیر مانند بسیاری از روش‌های حرارتی دیگر باعث می‌شود که به ویتامین‌های موجود در محصول صدمه زیادی وارد شود یا از بین بروند. شدت صدمه‌ای که به ویتامین‌ها وارد می‌شود، در محصولاتی که در اواپراتورها تغلیظ شده‌اند نسبت به استریلیزاسیون به مراتب بیشتر است. زیرا محصول در فرایند تبخیر مدت طولانی تری تحت تأثیر حرارت قرار می‌گیرد.

## نگهداری مواد غذایی با استفاده از تخمیر

### (Preservation of food by Fermentation)

به طور کلی در فرایند زندگی انسان‌ها و حیوانات، چرخه فتوسنتز اهمیت زیادی دارد.

در کنار نقش فتوسنتز، میکروارگانیسم‌ها نیز نقش مهمی در زندگی انسان و حیوان دارند. بخشی مربوط به میکروارگانیسم‌های دستگاه گوارش می‌شود که در هضم و جذب غذا موثرند و برخی دیگر مربوط به



میکروارگانسیم‌هایی است که در تجزیه و ترکیب مواد غذایی مورد استفاده انسان قرار می‌گیرند. به لحاظ لغوی تخمیر یا Fermentation به معنای جوشش ملایم است و علت آن اینست که اولین کشف در ارتباط با تأثیر میکروارگانسیم‌ها روی مواد غذایی، فعالیت مخمرها بود که در هنگام تخمیر  $CO_2$  ایجاد می‌کنند و خارج شدن این گاز از ماده غذایی حالت جوشش یا قلیان ملایم را به وجود می‌آورد.

تخمیر عبارتست از تغییراتی در ماده غذایی که عمدتاً از نوع تجزیه‌ای است که این تغییرات می‌تواند در شرایط بی‌هواری یا هوازی و یا هوازی اتفاق افتد و در اثر این تجزیه که توسط میکروارگانسیم‌ها صورت می‌گیرد، یک سلسله تغییرات بیوشیمیایی در محصول ایجاد می‌شود. و یا در یک تعریف کلی تخمیر به فرایندی اطلاق می‌شود که در آن تغییرات مطلوبی توسط میکروارگانسیم‌ها انجام می‌شود، بدون آنکه نوع متابولیت مشخص شود. تعریف دیگر: تخمیر عبارت است از یک سلسله واکنش‌های بیوشیمیایی توسط میکروارگانسیم‌ها در یک شرایط خاص که در نهایت موجب ایجاد عطر و طعم مطلوب در مواد غذایی می‌شود. هوازی.

در نهایت، تخمیر واقعی عبارت است از تجزیه کربوهیدرات‌ها در شرایط بی‌هواری توسط میکروارگانسیم‌ها. به عنوان مثال:

lactic Acid → لاکتوز

Alcohol → قند

بی‌هواری بودن به این معنا نیست که تمامی  $O_2$  ماده غذایی جدا شده باشد بلکه به معنای فعالیت میکروارگانسیم در حضور حداقل  $O$  است. علاوه بر تخمیر واقعی، اگر هرگونه تغییر و تجزیه‌ای را توسط میکروارگانسیم‌ها تخمیر اطلاق کنیم، یکسری تخمیرهای کاذب وجود دارند. مثل تبدیل الکل به اسیداستیک که عمدتاً استوباکترها دخالت دارند. ولی چون در شرایط هوازی اتفاق می‌افتد به آن تخمیر کاذب یا اکسیداسیون اطلاق می‌شود.

اسیداستیک → الکل

## مزایای فرایند تخمیر

- ۱ - استفاده از ضایعات (مزایای اقتصادی).
- ۲ - افزایش قابلیت نگهداری و ایجاد تنوع.
- ۳ - ایجاد ترکیبات مغذی.
- ۴ - ایجاد عطر و طعم.
- ۵ - کمک به هضم غذا.
- ۶ - کمک به میکروفلور دستگاه گوارش.

۱ - تخمیر به لحاظ اقتصادی می‌تواند فرایندی مطلوب اطلاق شود زیرا این امکان را به وجود می‌آورد که از ضایعات مختلف مواد غذایی فرآورده‌ای ارزشمند به وجود می‌آورد. مثلاً از ملاس که By product کارخانه جات قند است می‌توان هم الکل و هم اسید تولید کرد.

علاوه بر این از ضایعات میوه جات که حاوی قند هستند مثل ضایعات میوه جات بعد از آب‌گیری و پوست‌گیری می‌توان الکل و در مرحله بعد سرکه (اسید) تولید کرد.

۲ - در فرایند تخمیر، قابلیت نگهداری محصول افزایش پیدا می‌کند. بدین جهت که در فرآیند تخمیر یکی از

متابولیت‌های اصلی تولید شده، اسید است و اسیدها از رشد و نمو بسیاری از میکروارگانیسم‌های مضر جلوگیری می‌کنند.

البته در جوامع پیشرفته و در حال رشد امروزه فرآیند تخمیر ارزش خود را به عنوان یک روش برای افزایش قابلیت نگهداری محصولات از دست داده و بیشتر به چشم فرآیندی دلمه می‌شود که می‌تواند موجب ایجاد تنوع در عادات غذایی و ذائقه مردم شود.

۳- بر اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها در حین فرآیند تخمیر، در خیلی از موارد این فعالیت منجر به ایجاد ترکیباتی در محصول می‌شود که به لحاظ ارزش غذایی دارای اهمیت هستند. مثل تولید اسیدهای آمینه و ویتامین‌ها. البته بدین معنا نیست که در هر فرآیند تخمیری این ترکیبات ارزشمند تولید شود.

۴- به لحاظ عطر و طعم فعالیت میکروارگانیسم‌ها در حین فرآیند تخمیر عموماً موجب ایجاد ترکیبات آروماتیک می‌شود که اگر تولید آنها در حد کنترل باشد، به عنوان یک مزیت تلقی می‌شود.

۵- کمک به هضم غذا یکی دیگر از مزایای تخمیر است. این کمک از چند طریق اعمال می‌شود:

الف) در اثر برخی از فرایندهای تخمیر، برخی از ترکیبات غیر قابل استفاده برای افرادی خاص، تغییر پیدا می‌کنند و به فرم قابل استفاده در می‌آیند. مثل لاکتوز که تحت تاثیر باکتریهای اسید لاکتیک تبدیل به اسید لاکتیک می‌شود و یک عامل محدود کننده برای افرادی که مبتلا به عارضه حساسیت به لاکتوز یا Lactose intolerance هستند، می‌باشد. بدین ترتیب شیر تبدیل به شیرهای تخمیر شده یا ماست یا سایر فرآورده‌های تخمیری می‌شود که برای این افراد قابل استفاده می‌باشد.

ب) در اثر تولید متابولیت‌هایی مثل اسید تولید شده در فرآیند تخمیر که باعث دناتور شدن پروتئین‌ها می‌شود و در نتیجه قابلیت هضم آنها افزایش می‌یابد.

کمک‌هایی که حاوی آنزیم‌های نجزیه کننده کربوهیدرات‌های زنجیره بلند و سنگین (سلولز) هستند، وقتی روی علوفه رشد می‌کنند، با آنزیم‌هایی که دارند می‌توانند این ترکیبات سنگین را تجزیه کرده و قابلیت استفاده و هضم آنها را بیشتر کنند.

۶- کمک به میکروفلور دستگاه گوارش: وجود برخی میکروارگانیسم‌ها در فرآورده‌های تخمیری موجب این خواهد شد که این میکروارگانیسم‌ها به ناحیه روده ای انسان یا دام بروند و مستقر شوند و بتوانند به میکروفلور طبیعی دستگاه گوارش (خصوصاً روده بزرگ) کمک کنند.

در اثر عواملی مثل پوره، عفونت‌های روده‌ای و استرس یا ادیوترابی (اشعه درمانی) فلور طبیعی روده دچار مشکل می‌شود و در واقع جمعیت میکروبه‌های مفید کاهش می‌یابد، که در چنین شرایطی استفاده از فرآورده‌های تخمیری در جهت کمک به ازسازی و بازیابی فلور میکروبی و غالب شدن مجدد میکروبه‌های مفید کمک می‌کند. البته هر فرآیند تخمیری نمی‌تواند این کار را بکند. شرط این که فرآیند تخمیری بتواند به فلور میکروبی دستگاه گوارش کمک کند اینست که

۱- میکروارگانیسم‌هایی که در داخل محصول هستند در زمان مصرف زنده باشند.

۲- تعداد آنها در حد کافی باشد.

۳- نوع میکروارگانیسم‌هایی که در این فرآورده هستند، از نوعی باشد که قابلیت تحمل شرایط نامطلوب دستگاه گوارش را داشته باشد.

که این میکروارگانیسم‌ها تحت عنوان probiotic شناخته می‌شوند.

تفاوت ۲ واژه تخمیر و گندیدگی:

تخمیر: Fermentation ≠ گندیدگی: Putrefaction

۲ عامل متمایز کننده دو واژه فوق:

- ۱ - فرایند تخمیر اشاره دارد به تجزیه که میکروارگانیسم‌ها بر روی کربوهیدرات‌ها انجام می‌دهند، در حالی که گندیدگی عبارتست از فعالیتی که میکروارگانیسم‌ها بر روی پروتئین‌ها انجام می‌دهند.
- ۲ - فرایند تخمیر عموماً همراه با تولید عطر و طعم بسیار مطلوب است، در حالی که فرایند گندیدگی همراه با بوی تعفن و گندیدگی است که نوعاً  $SH_2$  و... در اثر تجزیه پروتئین‌ها تولید می‌شود. پس اگر فرایند تخمیر مطلوب خارج از کنترل باشد و بجای میکروارگانیسم مورد نظر، میکروارگانیسم دیگری فعالیت کند، ممکن است منجر به گندیدگی شود.

## انواع تخمیر

و یا عبارتی دیگر، روش‌های مختلفی که میکروارگانیسم می‌توانند قند را تجزیه کنند:

### ۱ - اکسیداسیون قندها

گاه کامل و گاه جزئی انجام می‌شود.

اکسیداسیون کامل کاری است که کیک‌ها خیلی راحت انجام می‌دهند و به عبارتی دیگر قند یا گلوکز را تجزیه و تبدیل به آب و  $CO_2$  می‌کنند. البته مقداری از باکتریهای محدود هم این کار را می‌کنند. این کار معمولاً در چند مرحله صورت می‌گیرد. وقتی صحبت از کیک‌ها می‌شود، فرایند باستانی هوازی باشد و مساعد برای فعالیت کیکها. کاری که باکتریها انجام می‌دهند در واقع تبدیل الکل به اسید است و در واقع کار اکسیداسیون را انجام می‌دهند. در اکسیداسیون جزئی کار اصلی تخمیر در شرایط بی‌هوازی انجام می‌شود و خود فرایند غیر اکسیداتیو است. منتهی در کنار فرآیند اصلی که در شرایط بی‌هوازی است، یکسری تجزیه‌های جزئی بشکل تولید  $CO_2$  و آب هم اتفاق می‌افتد. بدین جهت آنرا اصطلاحاً اکسیداسیون جزئی می‌گویند.

### ۲ - تخمیر الکلی

تولید الکل عموماً توسط مخمرها صورت می‌گیرد در شرایط بی‌هوازی. اما مخمرها در شرایط هوازی نیز رشد و فعالیت دارند ولی همراه با افزایش جرم سلولی است، پس این نوع متابولیت‌ها را فقط در شرایط بی‌هوازی می‌توانند تولید کنند.

انواع گونه‌های مختلف ساکارومایسیس مثل ساکارومایسیس سرویسیه و یا ساکارومایسیس الیپسویدس *Saccharomyces ellipsoideus* مخمرهایی هستند که در صنعت برای تهیه الکل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

سایر میکروارگانیسم‌ها نیز قادر به تولید الکل هستند، ولی نوع الکلی که توسط مخمرها تولید می‌شود، بصورت الکل قابل بازیافت است یعنی براحتی قابل جداسازی است، ولی الکلی که توسط سایر میکروارگانیسم‌ها مثلاً باکتریها تولید می‌شود مخلوطی است از الکل با سایر ترکیبات مثل آلدئیدها، اسید و... لذا جداسازی و بازیابی الکل از این مجموعه ترکیبات مشکل است.

### ۳ - تخمیر لاکتیک

تبدیل لاکتوز به اسید لاکتیک که توسط باکتریهای اسیدلاکتیک صورت می‌گیرد. بین باکتریهای اسید لاکتیک در نوع و میزان تولید اسید تفاوت وجود دارد. باکتریهای اسید لاکتیک را عموماً به ۲ دسته تقسیم می‌کنند:

۱- باکتریهای پروبایوتیک و ۲- باکتریهای پاتوژن

۱- هموفرمنتاتیو: homofermentative

۲- هتروفرمنتاتیو: heterofermentative

وجه تمایز این دو گروه:

الف) میزان اسید لاکتیک تولیدی

در گروه اول حدود ۹۰٪ اسید لاکتیک و در گروه دوم ۵۰٪ اسید لاکتیک تولید می شود.

ب) ترکیبات فرعی تولید شده

در گروه دوم علاوه بر اسید لاکتیک، استالدهید، اتانل و... نیز تولید می شود.

ج) نوع اسید لاکتیک تولیدی (+) L یا (-) D

در کودکان نوع (+) L اسید لاکتیک قابلیت هضم و جذب بهتری دارد و مناسب است.

۴- تخمیر پروپیونیک: پروپیونیک اسید بر روی اسید لاکتیک که در دسترس است، واکنش می دهد و به پروپیونیک اسید تبدیل می شود.  $C_2H_5COOH + C_3H_7COOH \rightarrow C_3H_7COOCH_2CH_3 + C_2H_5COOH$

توسط گروه خاصی از باکتریهای اسید لاکتیک ایجاد می شود که عمده ترین محصول آن اسید پروپیونیک است.

۵- تخمیر سیتریک

توسط دسته ای از باکتریهای اسید لاکتیک انجام می شود که در کنار اسید لاکتیک قادر به تولید سترات (نمک اسید

سیتریک) همراه با گاز  $CO_2$  می باشد. در محصولاتی که تولید  $CO_2$  مطلوب محسوب می شود، از این نوع تخمیر

می توان استفاده نمود

### ترتیب تجزیه ترکیبات توسط میکروارگانیسم ها:

وقتی که میکروارگانیسم ها شروع به استفاده از ترکیبات داخل ماده غذایی می کنند، در وهله اول بدنبال یک منبع

انرژی هستند. پس در وهله اول، کربوهیدراتها مورد استفاده قرار می گیرند و سپس پروتئینها و چربیها.

حتی در بین خود کربوهیدراتها نیز الویتی قائل هستند. مثلاً اول به قندها، سپس ترکیبات الکلی و بعد ترکیبات

اسیدی حمله می کنند.

بهترین فرم هایی که می توانند به عنوان منبع انرژی تامین کننده نیاز انرژی باشند، پیوندهایی مثل  $COOH$ ,

$CHOH, CH, CH_2$  هستند که نشاندهنده قندها و الکلها و اسیدها هستند.

### عوامل مؤثر در کنترل تخمیر

۱- اصلی ترین عامل مؤثر در فرایند تخمیر، M.O ها هستند

عموم مواد غذایی خام بشکل طبیعی دارای فلور میکروبی هستند و در اکثر روش های سنتی در تولید فراورده های

تخمیری از میکروارگانیسم هایی که بشکل طبیعی در ماده اولیه خام وجود دارند، استفاده می شود. به عبارتی دیگر،

شرایط مهیا می شود تا میکروارگانیسم هایی که بشکل طبیعی در محصول وجود دارند، فعال شوند تا فرایند تخمیر را

انجام دهند. ولی معمولاً شرایط طوری است که فلور طبیعی موجود در محصول اولیه، فلور مخلوط است. مخلوطی از

گونه های مختلف یکدسته از میکروارگانیسم ها مثل باکتریهای مخمرها و یا مخلوطی از دستجات میکروارگانیسم ها

مانند مخمرها، باکتریها و کپکها.

بنابراین کیفیت فلور میکروبی اولیه، اولین عامل مؤثر در فرایند تخمیر است، و بدین جهت است که فرایندهای

سنتی تخمیری که با تکیه بر فلور میکروبی مخلوط انجام می شود، نامطمئن است (بدلیل تنوع موجود در فلور

میکروبی اولیه) و محصول ایجاد شده بدین روش گاه خیلی مطلوب است و گاه نامطلوب. با پیشرفت صنعت تخمیر، استفاده از میکروارگانیسم‌هایی مشخص با قابلیت‌هایی مشخص و شرایط رشد مشخص، بجای تکیه بر فلور میکروبی طبیعی مواد اولیه که نامشخص است، متداول شد و این امر بنیان صنعتی شده بنام صنعت تولید و نگهداری استارترها (آغازگر).

## ۲ - pH یا اسیدیته

اغلب مواد غذایی تازه، pH اسیدی دارند. (زیر pH خنثی هستند).

سیزیجات مختلف دامنه pH ۴/۶-۶/۵ و میوه‌جات دامنه pH ۳-۴/۵ دارند. لاشه دام بعد از کشتار pH حدود خنثی (۷/۱-۷/۲) دارد ولی در ظرف مدت کوتاهی (۴۸ ساعت) pH به حدود ۶ تنزل می‌یابد. شیر pH حدود ۶/۷ دارد.

با توجه به این که فعالیت میکروارگانیسم‌ها تابع pH است، فرآیند تخمیر را می‌توان با میزان اسیدیته تولید شده در محیط یا میزان کاهش pH در محیط تحت کنترل درآورد.

بنابراین با استفاده از این عامل می‌توان در مواردی که لازم است، با کاهش pH زمینه را برای فعالیت باکتریها نامناسب کرد طبیعتاً هر چند pH بالاتر باشد، زمینه برای فعالیت باکتریها در مقایسه با کپک‌ها و مخمرها مهیا می‌شود.

رستجاتی

با کنترل pH بدنال آن هستیم که دسته یا دستجاتی خاص از میکروارگانیسم‌ها نتوانند امکان رشد و فعالیت یابند یا بدنال حفظ عطر و طعم مناسب برای محصول مورد نظر هستیم.

## ۳ - منابع انرژی در دسترس M.O بر سطح

در عمده تخمیرها، میکروارگانیسم‌ها از منابعی که بکشتل طبیعی در ماده اولیه وجود دارد، استفاده می‌کنند و کنترل این عامل کمتر در اختیار انسان است. ولی از یک نظر می‌توان از این عامل استفاده کرد:

اولاً: برخی مواد غذایی مثل شیر، تنها منبع کربوهیدراته یا قندی که دارد، قند لاکتوز است و این خود یک عامل بازگشتی بازدارنده است. چون تنها باکتریهایی که قادر به استفاده از لاکتوز هستند در شیر قادر به رشد و فعالیت هستند.

ثانیاً: در مواردی که منبع انرژی به اندازه کافی در اختیار میکروارگانیسم نیست بویژه در ابتدای تخمیر، با اضافه نمودن مواد قندی زمینه را برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها تقویت یا تسریع کنیم.

## ۴ - دسترسی به O<sub>2</sub>

بسته به نوع تخمیر، اعم از کاذب یا واقعی، وجود یا عدم وجود اکسیژن می‌تواند در فرایند تخمیر اثرگذار باشد.

## ۵ - حرارت

با توجه به نقش مؤثر حرارت در رشد یا عدم رشد میکروارگانیسم، تنظیم درجه حرارت عامل مهمی در فرایند تخمیر است. بدین معنا که با فراهم آوردن درجه حرارت مطلوب برای میکروارگانیسم‌هایی که نقش اصلی در فرایند تخمیر دارند، می‌توان تا حدودی مطمئن شد که فرایند تخمیر روند طبیعی خود را طی می‌کند و هر جا که لازم باشد فرایند تخمیر متوقف شود، می‌توان با کاهش درجه حرارت، فرایند تخمیر را متوقف کرد، در طول دوره نگهداری محصولات تخمیری و برای این که فرایند تخمیر در این دوره ادامه نیابد، از فاکتور حرارتی استفاده می‌شود و رد خیل موارد محصولات تخمیری را پاستوریزه می‌کنند تا بتوان به مدت زیادی نگهداری کرد.

## ۶ - غلظت نمک

حضور نمک عموماً در فرایندهای تخمیری لاکتیکی نقش دارد. در فرایندهایی که باکتریهای اسیدلاکتیک

عمده ترین میکروارگانیسم هستند. وجود غلظت های خاص نمک از ۲ جهت مؤثر است

- ۱- از رشد برخی میکروارگانیسم های نامناسب در فرایند تخمیر جلوگیری می کند. یک عامل کنترل کننده است.
- ۲- حضور نمک در مورد تعداد زیادی از باکتریهای اسید لاکتیک به عنوان تقویت کننده رشد است. مثلاً در جاهای که غلظت ۲٪ NaCl وجود دارد، رشد LAB بیشتر از سایر میکروارگانیسم هاست. البته LAB نیز غلظت نامحدودی از نمک را نمی تواند تحمل کند. در مورد فراورده هایی مانند پنیر و خیار شور، بتدریج که غلظت نمک در بافت محصول افزایش می یابد، این افزایش غلظت باعث محدود کردن فعالیت LAB می شود و یا فرایند تخمیر کند می شود و یا کاملاً متوقف خواهد شد.

### مکانیسم نگهداری فرایند تخمیر

به طور کلی فرایند تخمیر یا توجه به ویژگی های خاصی که دارد، حتی در کشورهای که شرایط بهداشتی را در حین فرایند تخمیر رعایت نمی کنند، اگر بتواند مسیر طبیعی خود را طی کند، باز هم به لحاظ بهداشتی مشکل چندانی نخواهد داشت. (بویژه از لحاظ میکروبی و پایداری میکروبی).

در فرایندهای تخمیر، اگر چه مهمترین متابولیت تولید شده، اسید است و بسته به نوع میکروارگانیسم ها متفاوت است ولی به نظر می رسد به غیر از بحث حضور اسید، عوامل دیگری هم در تخمیرهای مختلف وجود دارند که نهایتاً منجر به وضعیتی در فراورده می شوند که برای مدت های طولانی قابل نگهداری است. البته این طولانی بودن بستگی به روش های تکمیلی بعد از فرایند تخمیر دارد.

### عوامل مؤثر در نگهدارندگی فرایند تخمیر

#### ۱- رقابت بین M.O های مختلف بر سر مواد غذایی و فضا برای فعالیت

در فرایندهای تخمیری، شرایط را با نحوی تنظیم می کنند که زمینه برای فعالیت میکروارگانیسم ها مطلوب (مفید) مهیاتر باشد. چه به لحاظ مواد مغذی مورد نیاز، چه به لحاظ درجه حرارت مناسب رشد و چه به لحاظ ترکیبات تحریک کننده رشدی که به طور دستی محیط اضافه می شود. در عین حال همواره رقابتی بر سر کسب مواد غذایی و فضا وجود دارد.

وقتی صحبت از فضا می شود، عمده مواد جامد مورد نظر است. چون در محیط مایع میکروارگانیسم ها قادر به تحرک و جابجایی هستند و مواد مغذی به طور یکنواخت توزیع شده است.

در بسیاری از فراورده ها مثل سوسیس های تخمیری و یا پنیرهای تخمیری از میکروارگانیسم هایی روی سطح محصول استفاده می شود که به سرعت رشد کرده و امکان دسترسی آنها را به حداقل می رسانند. مثل استفاده از کپک هایی مانند پنی سیلیوم یا باکتریهای مانند *Brevibacterium*. بدین ترتیب زمینه را برای فعالیت میکروارگانیسم های مفید مساعدتر می کنند.

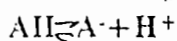
#### ۲- تولید اسیدهای آلی

یکی از عمده ترین عوامل در ایجاد مکانیسم نگهدارندگی فرایند تخمیر است. تولید اسیدهای آلی در فرایندهای تخمیری علاوه بر نقش نگهدارندگی، نقش بسیار عمده و اساسی در تغییرات ارگانولپتیکی محصولات دارد. در تمامی محصولاتی که با استفاده از LAB ها تخمیر می شوند، بخش قابل توجهی از قابلیت نگهداری مربوط به اسید لاکتیک است. ولی اسیدهای دیگری نیز در این فرایند تولید می شوند مثل اسید استیک و  $CO_2$ . به ویژه زمانی که باکتریهای

فعال از دسته هتروفرمنتاتیوها باشند، تولید این ترکیبات به مقدار زیادی افزایش می یابد. در کنار این دو اسید عمده، اسیدهای دیگری مثل اسید فرمیک و اسید پروپیونیک تولید می شوند که مقادیر تولیدی آنها بسیار کم است و بنابراین تأثیر عمده ای در نگهداری محصول ندارند.

در برخی پنیرهای خاص مثل Emmental که از گونه های خاصی از Propionibacterium استفاده می شود، اسید لاکتیک تولید شده را به اسید پروپیونیک، اسید استیک و  $CO_2$  تبدیل می کنند.

این اسیدها تأثیر بازدارندگی متفاوتی را روی فعالیت میکروارگانیسم ها دارند. این تأثیر بازدارندگی اسیدهای آلی، تابع فرم یونیزه نشده اسیدها است. (فرم تفکیک نشده) (Undissociated acid).



بدین ترتیب که هر اسیدی وقتی که در محیط های آبی قرار می گیرد، تجزیه می شود، یعنی به یون  $H^+$  و بخش آنیونی تفکیک می شود. این واکنش تجزیه اسیدها در محیط آبی دو طرفه است، بدین معنا که اگر غلظت  $[H^+]$  را در این محیط افزایش دهیم، واکنش به سمت عکس حرکت می کند. به عبارت دیگر، میزان تفکیک اسیدها تابع pH نیز می باشد.

قابلیت تجزیه اسیدها در محیط آبی توسط عدد Pka نشان داده می شود و اسیدهای مختلف به لحاظ عددی PKa متفاوتی دارند.

تعریف Pka: ضریب تفکیک اسیدهاست که بیان کننده pH ای است که در آن pH، نسبت اسید تفکیک شده و اسید تفکیک نشده مساوی است.

\* هر چه pH از حد PKa تعیین شده پایین تر بیاید، میزان بخش تفکیک نشده افزایش پیدا می کند.  
درصد اسید تفکیک نشده (تجزیه نشده)

Acid	PKa	pH=3	4	5	6	7
Lactic	3.08	56	11	1	-1	-1
Acetic	4.75	98	85	36	5.4	0.6
Propionic	4.87	99	88	43	7.0	0.8

### نقش اسید تفکیک نشده در قابلیت بازدارندگی اسیدها (pH)

اسیدها در شکل تفکیک شده خود در واقع چربی دوست تر (لیوفیل تر) هستند و بنابراین راحت تر می توانند از دیواره سلولی میکروارگانیسم ها در این شکل عبور کنند. چون محل اصلی تأثیر اسیدها روی غشای سلولی میکروارگانیسم هاست و در آنجا با توجه به ترکیبات داخل غشاء، موادی که قابلیت اتصال به بخش های لپیدی را دارند خیلی راحت تر می توانند از غشاء سلولی عبور کرده و تأثیر خود را القا کنند.

البته این به این معنا نیست که فقط همین مکانیسم وجود دارد که تأثیر بازدارندگی اسیدها را بیان می کند بلکه عوامل دیگری نیز دخیلند که بسیاری از آنها ناشناخته اند.

مثلاً  $CO_2$  به عنوان ترکیبی که روی pH تأثیر می گذارد و آن را کاهش می دهد، می تواند مانع فعالیت میکروارگانیسم ها شود. به نظر می رسد همه تأثیر آن به خاطر کاهش pH نیست بلکه روی غشاء نیز به ویژه در دمای پایین اثر گذار است.

اسیدهای آلی عموماً در pH های کمتر از 5-5/5 می توانند موثر واقع شوند.

## ۳ - تولید الکل

الکل تولید شده در فرایندهای تخمیری تأثیر بازدارندگی روی میکروارگانیسمها دارد. در بین LAB آنهایی که هتروفرمنتاتیو هستند قادرند مقادیر قابل ملاحظه‌ای از الکل را در کنار اسید تولید کنند. مثلاً در بین هتروفرمنتاتیوها، باکتریهای جنس لوکونستوک در شرایط بی‌هوازی قادرند اسید لاکتیک + اتانول +  $CO_2$  تولید کنند. ولی وقتی که شرایط هوازی باشد، همین اتانول تولید شده تبدیل به اسید استیک می‌شود. به نظر می‌رسد که خود لوکونستوکها تمایل دارند که اتانول تولید شده تبدیل به اسید استیک شود. <sup>البته</sup> در بسیاری از فرایندهای تخمیر بویژه تخمیرهایی که با استفاده از باکتریها خصوصاً LAB انجام می‌شود، غلظت الکل نهایی که در محصول باقی می‌ماند زیاد نمی‌باشد و بنابراین تأثیر جدی روی با دارندگی و نگهدارندگی ندارد.

## ۴ - تولید ترکیب دی استیل Diacetyl

ترکیبی است که در واقع مولد عطر و طعم در محصول است و عمدتاً توسط لوکونستوکها و برخی لاکتوکوکوسها مثل لاکتوکوکوس دی استی "لاکتیس" تولید می‌شوند که قادر به تخمیر سترات هستند. دی استیل، اثرات ضد میکروبی دارد. ولی دی استیلی که در غذاهای تخمیری بویژه فراورده‌های لبنی تولید می‌شود به مراتب غلظت آن پایین‌تر از حدی است که اثر ضد میکروبی بطور مستقیم داشته باشد. غلظت دی استیل برای این که بتواند مانع رشد باکتریهای گرم منفی شود باید  $200 \text{ mg/kg}$  یا  $200 \text{ ppm}$  باشد. ولی معمولاً در محصول نهایی غلظت دی استیل ۷-۲ ppm است و بیش از این حد از لحاظ ایجاد عطر و طعم مطلوب، نامناسب است.

ولی این احتمال می‌رود که اگر دی استیل با غلظت کم، اثر ضد میکروبی مستقیم ندارد ولی ممکن است اثر سینرژیستی یا تقویت‌کنندگی داشته باشد.

۵ - تولید  $H_2O_2$ 

بسیاری از باکتریهای LAB به لحاظ آنزیم‌هایی که در پیکره خود دارند قادر هستند که در حضور  $O_2$  این ترکیب را تولید کنند. غلظت آن هم در کشت‌های هوازی می‌تواند به حد بازدارندگی برسد.

همه قابلیت بازدارندگی  $H_2O_2$  مربوط به خود  $H_2O_2$  نیست، بلکه متابولیت‌های  $H_2O_2$  مثل اکسیژن نوزاد و رادیکال اکسیژن عوامل موثری در قابلیت جلوگیری از رشد میکروارگانیسمها هستند.

برخی باکتریهای LAB که بطور طبیعی در شیر وجود دارند، یک سیستم بازدارنده میکروبی را ایجاد می‌کنند. بدین معنا که  $H_2O_2$  را تولید می‌کنند. یون تیوسیانات در داخل شیر بطور طبیعی و با مقادیر کم وجود دارد. آنزیم لاکتوپرواکسیداز نیز وجود دارد. حضور این سه عامل یک سیستم ضد میکروبی ایجاد می‌کند. در نتیجه باعث می‌شود که تا حدود زیادی جلوی رشد میکروارگانیسمهای داخل شیر گرفته شود؛ از این سیستم تحت عنوان استریلیزاسیون سرد یا "cold sterilization" به عنوان روش نگهداری موقت استفاده می‌شود.

## ۶ - تولید اسیدهای چرب

محصول تجزیه چربیهاست و در طی برخی از فرایندهای تخمیری توسط میکروارگانیسمها ایجاد می‌شود و یکی از ترکیباتی است که اثرات ضد میکروبی دارد. در بین چربیها، اسیدهای چربی که بین ۱۶-۱۲ کربن در ساختمان خود دارند و مونوگلیسریدهایی که حاوی این اسیدهای چرب هستند، خاصیت ضد میکروبی بیشتری دارند.

کپک‌هایی که لیپولیتیک هستند از همین مکانیسم برای اثر ضد میکروبی خود استفاده می‌کنند مثل پنی سیلیوم کامبیرت و روکفورت که در پینرهای خود طعم تیزی را ایجاد می‌کنند.



## ۷ - تولید ترکیبات ضد میکروبی تحت عنوان باکتریوسین ها (Bacteriocins)

به لحاظ شیمیایی عموماً ترکیبات پروتئینی هستند که توسط باکتریها تولید می شوند و دارای خاصیت ضد میکروبی هستند. معمولاً خاصیت ضد میکروبی باکتریوسین ها بر علیه باکتریهای همان جنس یا همان نژاد یا نژادهای خیلی نزدیک به آن باکتری که تولید کننده باکتریوسین است، می باشد. مواردی وجود دارد که اثر ضد میکروبی آنها گسترده تر است. باکتریوسین ها توسط باکتریهای گرم (-) نیز می توانند تولید شوند. مثلاً برخی کلی فرم ها می توانند باکتریوسینی بنام Colicin تولید کنند. باکتریهای گرم (+) نیز قادرند باکتریوسین تولید کنند.

به نظر می رسد، باکتریوسین هایی که توسط باکتریهای گرم (+) تولید می شود، اثر بازدارندگی وسیع تری داشته باشند نسبت به باکتریوسین هایی که توسط گرم (-) ها تولید می شود و علاوه بر این مقاومت حرارتی باکتریوسین هایی که توسط گرم (+) ها تولید می شوند بیشتر از گرم (-) هاست و به جهت این که لیپوفیل ترند، راحت تر از غشاء میکروارگانسیم ها عبور می کنند. در بین باکتریهای گرم (+) که قادر به تولید باکتریوسین هستند و در واقع در بین باکتریوسین هایی که توسط باکتریهای گرم (+) تولید می شوند، تنها Nicin که توسط برخی از گونه های *lactococcus lactis* تولید می شود، بصورت تجارتمی مورد استفاده قرار می گیرد. به نظر می رسد که نایسین طیف عملکرد نسبتاً گسترده تری نسبت به سایر باکتریوسین ها دارد و به همین جهت کاربرد وسیعی پیدا کرده است. نایسین قادر است از رشد کلستریدیوم بوتولینم و *Listeria Monocytogen* جلوگیری کند. آنتی بیوتیک ها، توسط تعداد زیادی از میکروارگانسیم ها تولید می شود که خواص ضد میکروبی شدیدی دارند. منتهی مزیتی که باکتریوسین ها نسبت به آنتی بیوتیک ها دارند، ماهیت پروتئینی آنهاست. بدین معنا این باکتریوسین ها حین عبور از دستگاه گوارش فرد مصرف کننده تحت تاثیر پروتئازهای موجود در سیستم گوارش تجزیه می شوند و بنابراین بعید بنظر می رسد که بتوانند در ناحیه روده ای فعالیت ضد میکروبی خود را ادامه دهند. اهمیت این مسأله بدین جهت است که اگر آنتی بیوتیک ها به روده برسند، فلور طبیعی روده را نیز از بین می برند. یعنی هم روی میکروارگانسیم های پاتوژن و هم مفید روده ای تأثیر می گذارند. در فراورده های تخمیری از این جهت که باکتریوسین ها مقاومت کمی در سیستم گوارش دارند، استفاده از آنها چه در جهت تولید آنها و چه در جهت تاثیر ضد میکروبی آنها، نسبت به آنتی بیوتیک ها ارجحیت دارند.

ماهیت پروتئینی<sup>(۱)</sup> و وسیع الطیف نبودن<sup>(۲)</sup> آنها، یعنی روی تعداد کمی از میکروارگانسیم ها اثر باز دارندگی دارند، از محدودیت های باکتریوسین ها محسوب می شود. باکتریوسین هایی که توسط باکتریهای گرم (+) تولید می شوند روی باکتریهای گرم (-) تأثیر ندارند. گاه اگر روی نوع نژادهایی که به عنوان استارتر استفاده می شود، کنترل لازم نشود، وجود باکتریوسین در فرایند تخمیر اثر بازدارندگی روی استارترها دارد.

## کشت های استارتر در محصولات تخمیری (کشت های آغازگر) Starter Cultures in fermented foods

در صنعت تخمیر از میکروارگانسیم هایی استفاده می کنند که به عنوان استارتر که ویژگی های مشخصی از نظر تولید اسید و... دارا باشد.

در همه فراورده‌های تخمیری با منشأ دامی (شیر، گوشت) یا منشأ گیاهی (میوه جات و سبزیجات)، می‌توان از این استارترها استفاده نمود.

ولی اهمیتی که استارترها در صنعت فراورده‌های تخمیری لبنی پیدا کردند در کمتر صنعتی وجود دارد و عمدتاً علت این اهمیت خاص، حساس بودن ماده اولیه یعنی شیر در صنایع لبنی است. میکروارگانسیم‌هایی که به عنوان استارتر استفاده می‌شوند، می‌توانند از دسته باکتریها، کپک‌ها و مخمرها باشند. ولی عمده‌ترین کاربرد را باکتریها به عنوان استارتر دارند.

به دلیل حساسیتی که فراورده‌های لبنی دارند، آن دسته از میکروارگانسیم‌ها که عموماً باکتریها هستند در فراورده‌های لبنی استفاده می‌شوند از نظر تهیه دثت زیادی لازم دارند. بنابراین صنعت تولید استارترها از ۲ جنبه حائز اهمیت است:

۱ - کاربرد دقت در تهیه استارترها.

۲ - نوع استارتر (شکل ارائه استارتر به مصرف کننده).

اشکال مختلف استارترها که به شکل صنعتی تولید می‌شود و در اختیار مصرف کننده قرار می‌گیرد:

۱ - مایع: (Liquid)

۲ - خشک شده: (Dried)

الف - تحت خلاء.

ب - Spray dried (پاششی)

ج - Freeze dried (خشکانیدن انجمادی).

۳ - منجمد شده: (Frozen)

### ۱ - استارترهای مایع

عمده‌ترین مزیتی که استارترهای مایع دارند اینست که:

الف) هزینه‌های تولید آن کم است.

ب) تکنیک‌های جدیدی را در این راستا بکار گرفته‌اند که می‌توان استارترهای مایع را در یخچال‌های معمولی نگهداری کرد.

### ملاحظات استارترهای مایع

الف) در موقع استفاده از این استارترها لازم است هر روزه در جهت رسیدن به مقدار استارتر مورد نیاز برای مصرف در تهیه فراورده لبنی چندین بار کار پاساژ دادن یا ترانسفر کردن (Transfer) استارتر صورت گیرد. یعنی بخش کمی از استارتر را باید برداریم و به حجم مشخصی از شیر افزوده و مدت زمانی در اینکوباتور نگهداری نموده تا فعال شود. این عمل لازم است چندین بار تکرار شود تا نهایتاً به آن حجم لازم مورد نیاز در تولید فراورده برسد. لازمه انجام این پاساژ دادن‌ها، کنترل کیفیت زیادی است به جهت کنترل فعالیت استارترها و کنترل خلوص آنها.

ب) بدلیل این ترانسفرها، هزینه‌ها از جهت پرسنل و امکانات آزمایشگاهی مقداری افزایش می‌یابد.

ج) این استارترها، خیلی سریع قابل استفاده نیستند، به عبارتی نیاز به فعال سازی دارند که گاه چند روز طول می‌کشد.

د) در حین این ترانسفرها خطر آلودگی استارتر وجود دارد. (آلودگی به باکتری یا میکروارگانسیم دیگر یا آلودگی

به باکتریوفاژها).

همچنین خطر ایجاد جهش یا موتاسیون در استارترها، خطر بهم خوردن نسبت بین میکروارگانیسم‌ها در اثر این ترانسفرها در استارترهای مخلوط از ۲ یا چند میکروارگانیسم وجود دارد که نمونه بارز آن در ماست است.

## ۲ - استارترهای نوع خشک

می‌توانند به شکل تغلیظ شده و یا تغلیظ نشده باشند.

الف - مزایای استارترهای خشک تخلیظ نشده:

نکته مهم در بحث استارترهای نوع خشک، قابلیت نگهداری طولانی آنها است. (تا حدود چند ماه). این استارترها می‌توانند بشکل Spray dried یا پاششی تهیه شده باشند. در بین استارترها، استارترهایی که بروش تحت خلاء یا پاششی یا انجمادی تهیه می‌شوند، به لحاظ قابلیت نگهداری خیلی راحت‌ترند و در واقع امکان حمل و نقل آسانتری را بوجود می‌آورند. این نوع استارترها در کنار مزایا، دارای معایبی هستند:

۱ - اگر بروش Spray dried تهیه شده باشد، میزان زنده ماندن میکروارگانیسم‌ها نسبتاً پایین است و به همین دلیل است که امروزه بجای استفاده از روش مذکور عموماً از روش Freeze dried استفاده می‌شود. زیرا بسته به نوع میکروارگانیسم که در تهیه استارتر بکار رفته، مثلاً برای مزوفیل‌ها میزان بقا (Survival rate) حدود ۱۰٪ است. از آنجا که مقاومت میکروارگانیسم‌ها در برابر حرارت متفاوت است، مقدار بقا نیز متفاوت است. اگر لاکتوکوکوس لاکتیس را تهیه کنیم، فقط ۱۰٪ آن زنده می‌ماند. در مورد ترموفیل‌ها حدود ۴۵٪ افزایش می‌یابد. عموماً این روش از این جهت که بخشی از میکروارگانیسم‌ها طی خشک کردن از دست می‌روند، نامناسب است.

۲ - به جهت این که تغلیظ نشده‌اند، باز هم مراحل Active سازی که اشاره شد در استارترهای مایع، وجود دارد.

ب - استارترهای خشک تخلیظ شده:

مزیت اصلی این استارترها جمعیت بالای میکروبی آنهاست و اینکه می‌توان آنها را بطور مستقیم و بدون نیاز به مرحله فعال سازی قبلی، به تانک تهیه استارتر و یا مستقیماً به تانک تهیه محصول تخمیری اضافه نمود. استارترهای خشک شده تغلیظ شده، تحت عنوان استارترهای DVS (Direct Vat Set) یا DVI (Direct-to Vat Inocula) نامیده می‌شود.

مزیت دیگر آن اینست که خطرات احتمالی که در اثر انتقال‌های مداوم سایر انواع استارترها وجود دارد را ندارند. (این مزیت علاوه بر مزایایی است که در مورد استارترهای خشک شده تغلیظ نشده بیان شد).

قابلیت نگهداری آنها خیلی راحت‌تر از استارترهایی است که بروش انجمادی تهیه می‌شوند.

محدودیت: بحث هزینه هاست، در کارخانجات فراورده‌های تخمیری که در حجم‌های بزرگ کار می‌شود، استفاده از این استارترها به معنای مصرف حجم بزرگی از استارترها، چون فعال سازی اولیه صورت نمی‌گیرد، است. به عبارت دیگر، میزان خرید استارتر توسط کارخانه تا حد زیادی افزایش می‌یابد که به معنای افزایش هزینه‌های کارخانه است.

## ۳ - استارترهای Frozen

به ۲ دسته تغلیظ نشده و تغلیظ شده تقسیم می‌شوند.

اگر بشکل تغلیظ نشده باشد، تقریباً ویژگی‌های استارترهای خشک شده تغلیظ نشده را دارد. منتهی این مزیت را

در مقایسه با آنها دارند که فعالیت بهتری دارند.

مهم‌ترین محدودیت: برای حمل و نقل و نگهداری حتماً امکانات سردخانه زیر  $(-20^{\circ}\text{C})$  را نیاز دارند و در جاهایی که بحث انتقال آنهاست، مشکلات پاساژ دادن و منتقل کردن وجود دارد. نوع تغلیظ شده این استارترها، مزایای نوع

تغلیظ شده استارترهای خشک را دارند. ولی به عنوان مهم ترین محدودیت لازم است آنها را در دمای ۴- (-۸۰) - نگهداری کنند که با استفاده از ازلت مایع در نگهداری آنها، هزینه نگهداری بیشتر می شود. استفاده از ازلت مایع بیشتر زمانی لازم است که در زمان حمل و نقل، وسیله حمل و نقل مجهز به سردخانه نباشد. فلاسک هایی وجود دارند که در آنها ازلت مایع قرار دارد و استارترها را در داخل آنها می گذارند. دسته بندی دیگری نیز برای استارترها وجود دارد:

۱ - Mother culture

۲ - bulk Starter

۳ - DVI یا DVS

هر سه شکل می توانند بصورت خشک شده یا freeze شده باشند.

تفاوت عمده آنها در نحوه فعال سازی است.

۱ - در مورد Mother.c یا استارتر کشت مادر بدین صورت است که یکی از پاکت های حاوی استارتر (Sacchate) را به حجمی از شیر که تولید کننده استارتر مشخص کرده اضافه می کنند و در اینکوباتور می گذارند تا فعال شود، انقیدته به حد مطلوبی که رسید از اینکوباتور خارج کرده و در یخچال نگهداری می کنند. برای مصرف روزانه از کشت مادر مثلاً ۱۰ cc برداشت می شود و با چند بار پاساژ دادن آنرا به حجم تولیدی که برای آن روز نیاز است می رسانند. پس از یک بسته استارتر می توان برای مدتهای طولانی استفاده کرد.

۲ - Bulk starter: برای حجم مشخص از محصولی که در تانک تهیه استارتر می خواهد به آن اضافه می کنند. وقتی pH به حد مطلوب رسید، دما قطع شده و سرد می گردد. از تانک تهیه استارتر مقدار مورد نیاز را برداشته و به تانک تهیه محصول اضافه می کنیم و دیگر نیاز به پاساژ کردن نیست. می توان از آن به مدت یک هفته استفاده کرد. تفاوت آن با Mother.c در اینست که در Mother.c چند بار پاساژ دادن نیاز است ولی در Bulk.s فقط یکبار پاساژ دادن کافی است.

\* استارترهای سنتی تغلیظ نشده اند، برعکس استارترهای امروزی تغلیظ شده اند.

۳ - DVI یا DVS: هیچ مرحله فعال سازی ندارد و مستقیماً وارد تانک تهیه محصول می شود.

انواع استارترها

۱ LD: تولید CO<sub>2</sub>، آروما و تولید اسید.

۲ L: تولید CO<sub>2</sub>، آروما، که شدت تولید کمتر از LD است.

۳ O: تولید اسید لاکتیک (گاز و ترکیبات آروماتیک تولید نمی کنند).

۴ D: به شدت قادر به تولید عطر و طعم و گاز هستند که عموماً مخلوطی است از لاکتوکوکوس - دی استی لاکتیس همراه با لاکتوکوکوس کرموریس (cremoris) و لاکتوکوکوس لاکتیس.

۵ DL: مخلوطی از L.Lactis, L.cremoris و لاکتوکوکوس دی استی لاکتیس که به شدت قادر به تولید گاز و آروما هستند.

۶ L(D): مخلوطی از L.Lactis, L.cremoris، لاکتوکوکوس دی استی لاکتیس و لوکونستوک.

میزان تخمیر سیرات نسبت به دو نوع D و DL کمتر است و همچنین میزان لاکتوکوکوس دی استی لاکتیس نیز در آن کمتر است. در مقایسه با Culture های دیگر هم تولید گاز و هم تولید آروما با تأخیر صورت می گیرد. پس تغییر میزان میکروارگانیسم و تغییر سویه، تغییر نوع Culture را ایجاد می کند.



## نگهداری مواد غذایی با استفاده از خشکانیدن (آبگیری) Preservation of food by Dehydration (Drying)

با خشک کردن مواد غذایی، بسته به این که میزان خشک کردن چقدر باشد، قابلیت نگهداری افزایش می یابد. زیرا، رشد میکروارگانیسم ها متوقف می شود،  $a_w$  کاهش می یابد و نیز فعالیت های آنزیمی با کاهش رطوبت کند یا متوقف می شود.

علاوه بر این، خشک کردن باعث کاهش وزن و حجم محصول می شود. البته در همه روش ها این حالت وجود ندارد و در برخی حالات وزن کم می شود ولی حجم ثابت می ماند.

با استفاده از خشک کردن، می توان محصولاتی را تولید کرد که آماده مصرف هستند و نیاز به آماده سازی ندارند. بنابراین یک فرایند مطلوب در جهت کاهش عملیات آماده سازی و کاهش هزینه های حمل و نقل محسوب می شود. هر چه ماده غذایی را بیشتر خشک کنیم، اینطور نیست که قابلیت نگهداری بیشتر افزایش یابد زیرا کاهش رطوبت تا حدی باعث می شود که قابلیت نگهداری افزایش یابد و واکنش ها اعم از فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی در برابر  $a_w$  مشخص متوقف می شوند. گاهی  $a_w$  پایین تر از این حد نه تنها موجب متوقف شدن این واکنش ها نمی شود بلکه ممکن است آنها را تشدید کند.

بطور کلی خشکانیدن همه عواملی که می توانند در فساد مواد غذایی دخالت داشته باشند را تحت تاثیر قرار می دهد. این تاثیر موجب افزایش نگهداری مواد غذایی می شود.

### عوامل مؤثر در سرعت خشکانیدن

#### ۱ - اندازه ذرات یا میزان سطح آزاد محصول:

هر چه میزان سطح آزاد محصول بیشتر باشد، سرعت خشکانیدن بیشتر می شود یا عبارتی هر چه اندازه ذرات بزرگتر باشد سرعت خشکانیدن کندتر می شود، بعلاوه انتقال حرارت از سطح ذره به مرکز، سرعت خشکانیدن کاهش می یابد. پس کاهش اندازه قبل از خشکانیدن با هدف افزایش سرعت خشکانیدن انجام می شود.

#### ۲ - درجه حرارت

هر چه درجه حرارت بالاتر باشد، سرعت خشکانیدن افزایش می یابد. ولی این درجه حرارت مستقل از درجه حرارت محصول نیست. هر چه اختلاف درجه حرارت محیط ماده غذایی با ماده خشک شونده بیشتر باشد، سرعت خشکانیدن بیشتر است.

بتدریج که به سمت مراحل انتهایی مرحله خشکانیدن نزدیک می شویم به جهت کاهش اختلاف درجه حرارت، سرعت خشکانیدن نیز کمتر می شود. البته این تنها دلیل کاهش سرعت خشکانیدن در مراحل انتهایی خشکانیدن نیست، بلکه هر چه به سمت انتهای خشکانیدن می رویم، آب آزاد که سریع ترین آبی است که از ماده غذایی خارج می شود، کاهش می یابد بنابراین آب های پیوسته باید خارج شوند که خروج آنها نیاز به صرف انرژی و وقت بیشتری دارد.

#### ۳ - سرعت هوا

هر چه حین خشک کردن هوای گرم (عامل خشک کننده) سرعت و تحرک بیشتر داشته باشد و رطوبت روی سطح محصول را که در حال خروج است از سطح محصول بیشتر دور کند، کار خشکانیدن با سرعت بیشتری صورت می گیرد.

## ۴ - خشکی هوا یا میزان رطوبت هوا

هر چه میزان رطوبت هوا کمتر و هوای گرم مورد استفاده خشک تر باشد، سرعت خشکانیدن افزایش می یابد. در محیط هایی که میزان رطوبت بالاست، سرعت خشکانیدن به مقدار زیادی کاهش می یابد.

## ۵ - فشار هوا

بدلیل تاثیر فشار هوا روی نقطه جوش آب، هر چقدر فشار هوا کمتر باشد (با استفاده از شریط خلاء)، سرعت خشکانیدن افزایش می یابد.

## اثرات خشک کردن بر مواد غذایی

### ۱ - رنگ ماده غذایی

اولین تاثیر مشهود روی رنگ ماده غذایی است. بویژه اگر حرارت مورد استفاده در حین خشک کردن بالا باشد. خشک کردن تاثیر خود را بصورت وقوع واکنش های قهوه ای شدن غیر آنزیمی نشان می دهد. به جهت اینکه هر چه فرایند خشک کردن پیشرفت می کند، غلظت عوامل فعالی که در واکنش دخالت دارند افزایش می یابد، در نتیجه اگر حرارت مناسب باشد، این پدیده موجب تسریع این واکنش ها می شود. افزایش شدت واکنش های قهوه ای شدن غیر آنزیمی تا  $a_w$  خاصی است.  $a_w$  از یک حدی که پایین تر آید، واکنش های قهوه ای شدن غیر آنزیمی زیاد است. بتدریج که رطوبت کمتر می شود، سرعت انجام این واکنش ها نیز کمتر می شود.

در حین خشک کردن، امکان تماس محصول با هوا افزایش می یابد. همچنین در اثر خشک کردن و خروج رطوبت ماده غذایی، محصول چروکیده می شود و شکاف بر می دارد که  $O_2$  براحتی می تواند وارد بافت شود و واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی صورت می گیرد. همچنین در ابتدای خشکانیدن اختلاف دمای خشک کن و محصول زیاد است و قسمت های مرکزی به دمای لازم برای خشک کردن نمی رسد. وقتی دمای مرکز به دمای مورد نظر رسید، به این جهت که سرمای حاصل از تبخیر آب باعث می شود که محصول به دمای لازم برای از بین بردن آنزیم ها نرسد، تا مدتی بعد از شروع فرایند خشک شدن هنوز هم احتمال وقوع واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی وجود دارد. به همین جهت، محصولاتی که امکان بروز واکنش های قهوه ای شدن در آنها وجود دارد، قبل از خشک کردن عملیاتی را روی آنها انجام می دهند تا آنزیم ها را غیر فعال کنند، سپس فرایند خشک شدن را روی آنها انجام می دهند.

### ۲ - قدرت جذب مجدد آب

بعنوان عامل کیفی محصولات خشک شده است. (پودری یا غیر پودری). معمولاً جذب صد در صد آب از دست رفته در حین فرایند خشکانیدن به ماده غذایی امکان پذیر نیست. قابلیت جذب آب مجدد بعد از خشک شدن بخش عمده آن بروش خشک کردن ارتباط دارد. با تکنیک هایی که امروزه در خشکانیدن مواد غذایی بکار می رود قابلیت جذب مجدد آب را افزایش داده اند. بالا بردن میزان جذب آب در مرحله بازسازی منجر به تولید فراورده هایی شده که به آنها فراورده های فوری یا instant می گویند. مثل چای فوری، شیر فوری و... (instant food or instant powder) علت عمده کاهش قدرت جذب مجدد آب، تاثیر فرایند خشکانیدن روی ترکیبات ماده غذایی است. هر چه که روش خشکانیدن، کندتر باشد، شدت تاثیر حرارت بیشتر است و در نتیجه قابلیت جذب مجدد آب کمتر است.

در مورد مایعات خشک شده (شیر، آبمیوه جات)، معمولاً قدرت جذب آب مجدد کمتر تحت تاثیر قرار می گیرد.

به جهت این که در خشک کردن مایعات عموماً امکان استفاده از فرایندهایی است که کار خشک کردن بسیار سریع صورت گیرد. دنالوره شدن پروتئینها عامل مهمی در کاهش قدرت جذب مجدد آب است.

### ۳ - مواد معطره (اروماتیک)

معمولاً در خشکانیدن، حفظ مواد معطره کار دشواری است. در خیلی از موارد بازگشت مواد معطره نیز کار مشکلی است. عمده ترین کاری که در راه حفظ مواد معطره انجام می گیرد، افزودن یکسری ترکیبات تثبیت کننده مواد معطره است که اصطلاحاً Fixative گفته می شوند. (قبل از خشکانیدن افزوده می شوند). در حین فرایند خشک کردن این ترکیبات می توانند تا حدی مواد معطره را حفظ کنند.

## روش های مختلف خشکانیدن و انواع خشک کن ها

اساس تفاوت بین روش های متفاوت و انواع خشک کن ها:

- ۱ - بسته به این که ماده غذایی مایع باشد یا جامد. (مایع/جامد)
- ۲ - عمل خشک کردن در اتمسفر باشد یا تحت خلاء. (اتمسفر/تحت خلاء).
- ۳ - از نظر نوع کار کردن خشک کن ها مداوم یا غیر مداوم باشند. (مداوم/غیر مداوم).

### انواع خشک کن های مورد استفاده

#### ۱ - Kiln drier

یکی از قدیمی ترین خشک کن هاست. نوعی خشک کن دو طبقه است که در طبقه پایین، منبع حرارتی وجود دارد و هوا را گرم می کند و بدلیل سبک بودن به سمت بالا یعنی به طرف طبقه دوم می رود. بین طبقه اول و دوم یک صفحه مشبک قرار گرفته که هوای گرم شده در طبقه پایین خیلی راحت به طبقه بالا می رود. محصول خشک شونده در صفحه بالا قرار دارد و هوای گرم از لابلای محصول، از قسمت بالای خشک کن خارج می شود. در حین فرایند خشک کردن لازم است محصول چند بار زیر و رو شود تا هوای گرم به همه جای محصول برسد و خشک کردن بصورت یکنواخت صورت گیرد.

منبع حرارتی می تواند مستقیم (شعله) یا غیر مستقیم باشد (رادیاتور)، ولی عموماً چون فاصله وجود دارد از منبع حرارتی تا طبقه اول، از شعله استفاده می شود. عموماً این خشک کن برای جامدات کاربرد دارد.

#### ۲ - خشک کن های کابینتی (cabinet drier)

تقریباً شبیه به خشک کن های «kiln» هستند با این تفاوت که کمی پیشرفته ترند. هوا در طبقه اول گرم می شود و به طبقه دوم منتقل می شود. در طبقه دوم محصول در یکسری سینی هایی که روی هم قرار گرفته اند قرار دارد. سینی ها عموماً از جنس چوب هستند. در این روش، هوا به شکل غیر مستقیم گرم می شود. بدین ترتیب که هوا از رادیاتور عبور می کند و برای ایجاد سرعت توسط یک فن به سمت بالا هدایت می شود. دو نوع خشک کن مذکور از کم هزینه ترین خشک کن های مورد استفاده برای مواد غذایی هستند. هر دو سیستم Batch یا غیر مداوم اند. سینی ها تحرکی ندارند و در پایان مرحله خشک کردن تخلیه می شوند. بسیاری از میوه جات بدین طریق خشک می شوند.

#### ۳ - خشک کن های تونلی یا واگنی (tunnel drier)

مرسوم ترین نوع خشک کن برای میوه جات و سبزیجات هستند. طول سیستم بین ۲۰ - ۱۰ متر متفاوت است. در داخل تونل یکسری واگن هایی وجود دارد که چند طبقه اند و محصول در داخل این طبقات ریخته می شود. حرکت واگن ها در داخل تونل می تواند به شکل دستی و یا مکانیکی باشد. معمولاً در سیستم هایی که کف تونل ریل وجود

دارد حرکت دستی است ولی در صورت عدم و نود ریل از سیستم مکانیکی استفاده می‌شود. نوع حرکت گازی می‌تواند توسط زنجیر هم باشد که حرکت یکنواختی را ایجاد می‌کند و باعث یکنواختی کار خشکانیدن در تمام محصول می‌گردد. جهت حرکت هوا، می‌تواند در جهت حرکت محصول (cocurrent: همسو) و یا غیر همجهت با آن (counter current: غیر همسو) باشد.

در سیستم هایی که جهت حرکت محصول و هوا همسو است، محصول در بدو ورود در تماس با هوای بسیار داغی قرار می‌گیرد که در مورد برخی از محصولات اشکالی که به وجود می‌آورد اینست که خیلی سریع آب روی سطح محصول را خشک می‌کند و سطح محصول چروک شده و جمع می‌شود و سفت می‌گردد. این پدیده را اصطلاحاً Case hardening (سخت شدن پوسته محصول) می‌گویند. این پدیده موجب اشکال در کار خشکانیدن محصول در مرحله بعدی می‌شود و باعث می‌شود، آبی که در قسمت داخلی درونی محصول وجود دارد براحتی خارج نشود. به همین دلیل از روش غیر همسو استفاده می‌شود تا چنین مشکلی پیش نیاید. و یا در ۲ مرحله هوا به محصول وارد می‌شود:

الف) در بدو ورود دمای پایین‌تر

ب) در مرحله بعدی هوای داغ وارد محصول می‌شود

عمده‌ترین علل ایجاد Case hardening، دنا، ره شدن پروتئین‌ها در سطح محصول است.

این روش حد واسطی است بین روش مداوم و غیر مداوم.

۱۳ - خشک کن‌های نواری (Belt drier)

می‌توانند یک یا چند طبقه باشند. یک نوار نقاله، به شکل مشبک وجود دارد که تعداد و اندازه سوراخ‌های آن تابع نوع و اندازه محصول خشک شونده است.

اگر نوار یک طبقه باشد، هوای گرم از بالا و پایین نوار دمیده می‌شود و کار خشکانیدن با سرعت انجام می‌شود. ولی معمولاً برای صرفه جویی، نوارها چند طبقه اند که جریان هوا در این طبقه‌ها، در یک طبقه همسو و در طبقه دیگر غیر همسو است.

مزیت دیگر خشک کن‌های نواری چند طبقه این است که با تنظیم سرعت حرکت نوارها می‌توان ضخامت ماده غذایی روی صفحه را تنظیم کرد.

۵ - خشک کن‌های غلطکی (Drum drier)

در خشک کن‌های مذکور (۴ نوع قبل)، عامل گرم کننده هوای داغ بوده و ماده غذایی در تماس مستقیم با آن است. ولی در نوع غلطکی محصول در تماس مستقیم با ماده گرم کننده نیست، بلکه روی سطح داغی قرار می‌گیرد که در قسمت داخلی این سطح داغ، ماده گرم کننده (آب داغ یا بخار) وجود دارد. پس این روش خشک کردن غیر مستقیم است.

عمده‌ترین کاربرد آنها در مورد مواد غذایی مایع و مواد غذایی نسبتاً ویسکوز مثل مواد خمیری است.

نحوه خشک شدن

بسته به نوع خشک کن، یک یا دو غلطک وجود دارد که جهت حرکت آنها به سمت داخل یا خارج است. سیستم می‌تواند تحت خلاء (خشک کردن در دماهای پایین) و یا در فشارهای اتمسفر و معمولی کار خشک کردن را انجام دهد. بدین ترتیب این روش، یک روش پیوسته یا continuous است.

فاصله بین دو غلطک بسیار کم است، بنابراین محصول که روی سطح غلطک در تماس با سطح داغ قرار می‌گیرد، بصورت یک لایه نازک قرار دارد که همین امر کار خشکاندن را تسریع می‌کند.



در مورد محصولاتی که حساس هستند به حرارت، از سیستم‌های تحت خلاء استفاده می‌شود. روش غلطکی از روش‌های قدیمی خشکانیدن شیر می‌باشد.

#### ۴ - فشک کن‌های پاششی (spray drier)

از هوای داغ یا بخار استفاده می‌شود. اساس کار این خشک کن‌ها، اینست که ماده غذایی خشک شونده (مایع - ویسکوز) توسط دستگاهی که در داخل این خشک کن تعبیه شده بنام Atomizer، به صورت کاملاً پودر و ذرات بسیار ریز در می‌آید که این ذرات در تماس با هوای داغ برج خشک کن به سرعت خشک می‌شود و محصول از قسمت انتهایی در اثر وزن سنگین تری که دارد خارج می‌شود. (قسمت پایینی).

در حین کارکردن، شدت فشار Atomizer آنقدر زیاد است که وقتی از دریچه دستگاه نگاه می‌کنیم، محصول به صورت ابر دیده می‌شود، یعنی ذرات بسیار ریز می‌شوند و به همین خاطر است که سطح تماس محصول با هوای داغ خیلی زیاد است و در نتیجه محصول خیلی سریع خشک می‌شود. ارتفاع برج خشک کن به ۱۵ - ۱۰ متر می‌رسد. (نوع عمودی)

از نظر شکل قرار گرفتن، عمودی یا افقی هستند.

در سیستم‌های عمودی کار جمع آوری محصول خشک شده راحت تر صورت می‌گیرد. (به خاطر وزن محصول) هوای خارج شده از خشک کن همراه خود یک سری ذرات ماده خشک شده را دارد، بنابراین آنرا از دستگاه عبور می‌دهند که به آن cyclon می‌گویند. کار cyclon، جدا نمودن ذرات ماده غذایی خشک شده همراه با هوا از هواست. هوا از قسمت بالایی مخزن cyclon خارج می‌شود و ذرات ماده غذایی خشک شده از قسمت انتهایی cyclon خارج می‌شود.

مزیتان جذب آب مجدد محصولاتی که با این روش خشک شوند خیلی بیشتر است در مقایسه با نوع غلطکی.

روش‌های مورد استفاده برای افزایش قدرت مجدد آب

۱ - در محصولی که خشک می‌شود (شیر، آبمیوه)، قبل از انجام فرایند خشکانیدن یک مرحله تغلیظ انجام می‌گیرد تا گاز بعد بتواند در داخل ماده محبوس شود. پس از انجام عمل تغلیظ، یک گاز بی اثر مثل ازت در داخل محصول وارد می‌کنند. وقتی که ذرات توسط Atomizer وارد محفظه خشک کن می‌شوند در اثر تماسی که گاز بی اثر با محیط گرم پیدا می‌کند، افزایش حجم پیدا می‌کند و نهایتاً از ماده خارج می‌شود. مزیتی که این گاز دارد اینست که انبساط و افزایش حجم آن باعث ایجاد خلل و فرج در ماده غذایی می‌شود و آن خلل و فرج‌ها باعث افزایش قابلیت جذب مجدد آب در ماده غذایی می‌شود.

۲ - به محصولاتی که به هر روشی خشک می‌شوند، مقداری آب افزوده و رطوبت آن را به ۲۰ - ۱۵٪ می‌رسانند. این افزودن آب در حد محدود باعث به هم چسبیدن مجدد ذرات می‌شود، ولی به دلیل اشکال نامنتظم آنها یکسری خلل و فرج بین ذرات به وجود می‌آید. در مرحله بعدی خشکانیدن وجود این خلل و فرج بین ذرات سبب افزایش قابلیت جذب مجدد آب می‌شود و محصول به دست آمده براحتی در آب حل می‌شود. که در واقع همان instant powder هستند. (مثل نسکافه)

#### ۷ - فشک کن‌های بستر سیال (فلوئیدی) (Fluidized bed drier)

اساس کار این خشک کن‌ها مثل فریزرهای فلوئیدی است. با این تفاوت که در فریزرها هوای سرد وجود دارد و در این خشک کن از هوای داغ استفاده می‌شود. محصول وارد محفظه‌ای شده که زیر آن یک نوار مشبک قرار دارد. محصول ریخته شده روی نوار، توسط هوای دمیده شده داغ از زیر نوار حالت جوشش و غلیان پیدا می‌کند.

محصول روی سطح نور به شکل ثابت قرار ندارد. مرتباً بالا و پایین می رود و در ضمن آن به سمت جلو حرکت می کند. تحرک محصول باعث می شود که سطلح بیشتری از محصول در تماس با هوای داغ قرار گیرد و در نتیجه محصول سریع تر خشک شود.

#### ۸ - فنشک کن (Foam mat drier)

تقریباً اساس کاری مشابه نحوه خشک کردن در مورد پودرهای فوری دارند. محصولاتی که تغلیظ شده اند را با این خشک کن، خشک می کنند در داخل محصول یک گاز بی اثر مثل ازت را تزریق کرده و سپس محصول را روی توار می ریزند. بسته به غلظت و ویسکوزیته محصول، نوار می تواند نواری مشبک یا سوراخ های ریز و یا فاقد منفذ باشد. محصولی که بدین طریق خشک می شود دارای خلل و فرج زیادی است، لذا قابلیت جذب آب آن خوب است. در حین حرارت دادن، بخشی از گازهای تزریق شده در داخل محصول، خارج می شود. برای آنکه بتوانند حداکثر گاز را در محصول حفظ کنند تا حداکثر تخلخل را ایجاد کنند، از مواد تثبیت کننده استفاده می کنند که از جنس صمغ ها، ترکیبات هیدروکلونییدی مثل ژلاتین و CMC «کربوکسی میتل سلولز» هستند.

#### Freeze drier - ۹

اصطلاحاً به آنها خشک کن های تصعیدی یا انجمادی می گویند. به این روش لیوفیلیزه کردن leuphilization هم می گویند.

در همه روش های خشک کردن، حرارت تأثیرات نامطلوب روی کیفیت ماده غذایی (عطر و طعم و بافت و قابلیت جذب مجدد آب محصول) می گذارد. از مزایای خشک کردن اینست که گاه می توان حجم و وزن محصول را کاهش داد که موجب تسهیل حمل و نقل می شود. منتهی در برخی روش ها، صرفاً وزن محصول کاهش می یابد و حجم کاهش نمی یابد. این امر منحصر به روش Freeze drying است. بدلیل خروج آب وزن کم می شود ولی حجم یا تغییر نمی کند یا تغییر جزئی می کند. در این خشک کن ها از ویژگی حالت های سه گانه آب استفاده می شود. با پایین آوردن فشار محیط، نقطه جوش آب کاهش می یابد، که اگر فشار را خیلی کم کنیم (یعنی فشار محیط را به حدود 4.6 یا 4.7mmHg برسانیم) چنانچه آب موجود در ماده غذایی در حالت انجماد باشد، این امکان وجود دارد که کار تبخیر را مستقیماً از حالت جامد به صورت بخار داشته باشیم که به این پدیده تصعید یا sublimation می گویند.

حرارت در فشارهای معمولی ابتدا جامد را به مایع و سپس به بخار تبدیل می کند. که این ویژگی آب است. اما در بررسی حالات سه گانه آب (یخ - مایع - بخار)، در یک شرایط خاصی به لحاظ دما (صفر درجه) و فشار (- 4.6 - 4.7mmHg)، به نقطه ای بر می خوریم که اشکال مختلف آب قابل تبدیل به یکدیگر هستند که این نقطه تلاقی (این دما و فشار) را نقطه سه گانه یا Triple point می گویند. در این نقطه سه گانه، این امکان وجود دارد که حالت های مختلف آب مستقیماً به یکدیگر تبدیل شوند. در روش Freeze drying، از این پدیده استفاده می شود. ابتدا ماده غذایی را منجمد می کنند و سپس آن را در شرایط حرارتی خیلی ملایم و یا خلاء خیلی شدید خشک می کنند.

خشک کردن در چنین شرایطی موجب می شود که صدمه به محصول و تغییرات در محصول در حداقل ممکن باشد. و با توجه به این که حجم محصول تا حد زیادی در این روش ثابت می ماند پس قابلیت جذب مجدد آب خیلی بالاست.

بدلیل ویژگی خاص این روش، فرآورده های بیولوژیک مثل استارترها یا میکروارگانیسم ها را با این روش خشک و نگهداری می کنند.

میکروارگانیسم هایی که با این روش خشک می شوند، شدت بقای خیلی بیشتری نسبت به سایر روش ها دارند.

(Survival rate)

در این روش، محصول خشک شونده را بسته به نوع سیستم به شکل مجزا در فریزرهای مخصوص که سرعت انجماد در آنها خیلی زیاد است (به دلیل دمای خیلی پایینی که دارند، اصطلاحاً deep freezer نامیده می شود که دمای حدود ۷۰- درجه سانتیگراد دارند.) منجمد می کنند و سپس محصول منجمد را در زیر محفظه اصلی دستگاه freeze drier قرار می دهند. لازم نیست حتماً فریزر جدا از دستگاه باشد ولی معمولاً محصول را جدا منجمد کرده و سپس به دستگاه منتقل می کنند. محفظه اصلی به خلاء متصل است. در مسیر تهویه هوای این محفظه (chamber) لوله هایی قرار دارد که در آن ماده سرمازا جریان دارد. این لوله ها condenser می باشد که کار آن اینست که چون هوا حاوی بخار آب است، در سر راه ورود هوا به پمپ خلاء، این کندانسور قطرات آب را سرد کرده و تقطیر صورت می گیرد تا هوای خروجی عاری از بخار آب باشد. این عمل تا خشک کردن کامل ادامه می یابد.

اجزاء سیستم: پمپ خلاء، کندانسور، محفظه گر پوشیده و فریزر

عیب سیستم: بتدریج که بخارات آب روی کندانسور مایع می شوند، این قطرات روی کندانسور منجمد می شوند. اگر یخ ضخیم باشد، فرایند را دچار مشکل می کند، زیرا بخشی از بخار آبی که باید در اینجا تقطیر شود وارد پمپ خلاء می شود و به آن صدمه می زند. بنابراین کنار کندانسور معمولاً یک heater قرار می دهند تا یخ حاصل را ذوب کند. مقایسه با سایر روش ها:

(۱- در روش freeze drying تقریباً هیچ محدودیتی برای نوع محصول نداریم (مایع یا جامد، زیرا در نهایت در فریزر جامد می شود). ولی به دلیل هزینه بالای آن این روش را فقط برای مواردی که نمی توان از سایر روش ها استفاده نمود، به کار می برند. (به لحاظ کیفیت و یا میزان بقای میکروارگانیسم در محصولات بیولوژیک).

(۲- با روش های سنتی خشک کردن، گوشت را نمی توان خوب خشک کرد ولی استفاده از روش Freeze drying، گوشت خام و نیخته و گوشت پخته را به خوبی و با حفظ حداکثر کیفیت می توان خشک کرد.

(۳- در روش های معمول و سنتی امکان استفاده از سیستم های پیوسته یا continuous وجود دارد، ولی Freeze drying یک فرایند غیر پیوسته یا Batch است. زیرا محفظه باید تحت خلاء شدید باشد و اگر قرار باشد دائماً سیستم باز شود، خلاء افت می کند. البته به صورت دائمی هم امکان دارد ولی کنترل های خیلی شدیدی نیاز دارد که به صرفه نیست.

(۴- دمای مورد استفاده در سایر روش ها از حدود ۴۰ درجه سانتیگراد به بالا تا حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. (منظور دمای محصول است، هوای مورد استفاده دمای بیشتری دارد مثلاً در spray drier دمای هوا به ۱۲۰ درجه سانتیگراد نیز می رسد.) در مورد Freeze drying، دمای مورد استفاده زیر ۴۰ درجه سانتیگراد است تا مانع از ذوب شدن محصول منجمد شود.

(۵- بسیاری از روش های خشک کردن اتمسفری هستند (فشار اتمسفر و محیط) ولی Freeze drying باید حتماً در خلاء و آن هم خلاءهای بسیار پایین انجام شود.

(۶- به طور کلی فرایندهای Freeze drying در مقایسه با روش های دیگر، روش کندی محسوب می شود. در سایر روش ها در کندترین روش مثل روش تونلی در ۱۲ ساعت محصول خشک می شود ولی در این روش حداقل زمان ۲۴ ساعت است.

(۷- نوع تبخیر دار این روش با سایر روش ها فرق می کند. در سایر روش ها تبخیر سطحی است، آب باید به سطح بیاید تا تبخیر شود ولی در روش Freeze drying، گاز تبخیر می تواند به شکل در جا باشد یعنی در همانجا که

منجمد است با تغییر فاز و تصعید کار تبخیر انجام شود.

(۸-) در سایر روشها در پایان خشک کردن یک فراورده جامد و توده‌ای غیر متخلخل داریم ولی در Freeze drying محصول بسیار متخلخل است. به همین جهت قابلیت جذب آب آن بالاست.

(۹-) محصولات با روشهای دیگر، دانسیته بالا دارند ولی در Freeze drying دانسیته محصول کم است، زیرا وزن کاهش یافته ولی حجم تا حد زیادی ثابت مانده است.

(۱۰-) معمولاً بو، رنگ و طعم محصول در روشهای دیگر دستخوش تغییر می‌شود ولی در Freeze drying حداقل این تغییرات وجود دارد و محصول خشک از لحاظ بو، رنگ و طعم شبیه ماده اصلی (original) است.

(۱۱-) جذب آب در سایر روشها کامل و سریع انجام نمی‌گیرد ولی در این روش جذب آب تقریباً کامل و سریع است.

(۱۲-) محصول با سایر روشها اگر خشک شود، قابلیت نگهداری خوبی دارد ولی در مورد محصولات خشک شده با روش Freeze drying قابلیت نگهداری خیلی بیشتری است.

(۱۳-) در بحث هزینه‌ها، در مقایسه با سایر روشهای نگهداری مواد غذایی، هزینه خشک کردن محصول با freeze drying خیلی بالاتر است و به همین جهت است که فقط محصولاتی را با این روش خشک می‌کنند که گران قیمت هستند و با سایر روشها نمی‌توان کیفیت اصلی را در محصول به دست آورد.

### تأثیر خشکانیدن بر واکنش‌ها (فعالیت‌های شیمیایی، بیوشیمیایی و بیولوژیک)

در بحث‌های اولیه در ارتباط با خشک کردن، به این نکته اشاره شد که در واقع روش خشک کردن با توجه به تأثیر آن در فعالیت میکروارگانیسم‌ها، واکنش‌های آنزیمی و فعالیت آنزیمها، واکنش‌های غیر آنزیمی، و تأثیر آن روی واکنش‌های اکسیداسیون، باعث افزایش قابلیت نگهداری محصول می‌شود.

ولی چند نکته لازم است در این مباحث بیشتر توضیح داده شود و اینکه چرا منحنی این نوع فعالیت‌های شیمیایی، بیوشیمیایی و بیولوژیک اشکال مختلفی دارد.

#### الف - واکنش‌های آنزیمی

در واکنش‌های آنزیمی هر چه  $a_w$  را کاهش دهیم، موجب می‌شود فعالیت آنزیم‌ها نیز کم شود. در  $a_w$  کمتر از ۰/۲۵ تقریباً فعالیت آنزیم‌ها صفر است و یا آنقدر کم است که مدت زمان زیادی طول می‌کشد تا تغییرات آنزیمی خود را نشان دهد. علت این است که، لازمه انجام واکنش‌های آنزیمی آن است که آنزیم بتواند به سمت نقطه یا نقاط فعال روی سطح مولکول یا ماده مورد هجوم آنزیم یا (سویسترا) حرکت کند.

در محیط‌هایی که کمبود رطوبت وجود دارد ( $a_w$  پایین) طبیعتاً حرکت ترکیبات شیمیایی و آنزیم‌ها به سمت نقاط فعال (active) کند می‌شود. یا حتی متوقف می‌شود. به همین جهت، هر چه کار خشک کردن را بیشتر انجام دهیم، واکنش‌های آنزیمی (نمونه بارز آن قهوه‌ای شدن) به کندی صورت گرفته یا متوقف می‌شود.

علت بلانچ کردن محصول قبل از خشک کردن:

۱- پروسه خشک کردن طولانی و در طی پروسه محصول ممکن است قهوه‌ای شود.

۲- اثر خود پروسه روی بافت محصول و تشدید واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی

#### ب - واکنش Browning

واکنش شیمیایی دیگر، قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (تحت تأثیر درجه حرارت و ترکیبات ماده غذایی رخ می‌دهد

است. در قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی، کاهش  $a_{wv}$  موجب می‌شود که تحرک عوامل ایجاد کننده قهوه‌ای شدن کاهش یابد، در نتیجه سرعت واکنش کمتر می‌شود.

ولی با افزایش  $a_{wv}$  از یک حد مشخص (مثلاً بین  $0/8 - 0/6$ ) واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی باز هم کاهش می‌یابد زیرا وقتی آب زیاد می‌شود، غلظت موادی که در واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی دخالت دارند کم می‌شود (رقیق می‌شوند)، یعنی عوامل ایجاد کننده واکنش غلظت کمی دارند در نتیجه در  $a_{wv}$ های زیاد نیز سرعت واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی کاهش می‌یابد.

در طی فرایند Browning (قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی) مجموعه‌ای از واکنش‌ها اتفاق می‌افتد. یکی از واکنش‌ها، تولید و تقطیر آب است (condensation). پس بخشی از آب توسط این واکنش تولید می‌شود و بخشی با افزایش  $a_{wv}$  در محیط ایجاد می‌شود که در نتیجه عوامل مؤثر در واکنش رقیق می‌شوند.

### ج - اکسیداسیون

از واکنش‌های دیگر، به خصوص روی مواد پرچرب، اکسیداسیون است که در  $a_{wv} = 0/5$  به حداقل می‌رسد. ولی از این  $a_{wv}$  بیشتر یا کمتر به تدریج شدت واکنش اکسیداسیون افزایش می‌یابد. در اکسیداسیون، کاهش  $a_{wv}$  تا حدی باعث کاهش فعالیت و افزایش آن تا حدی موجب افزایش شدت اکسیداسیون چربی‌ها می‌شود.

از عوامل اصلی ایجاد تندی یا rancidity تشکیل رادیکالهای اسید چرب می‌باشد. علت افزایش شدت اکسیداسیون در  $a_{wv}$ های خیلی پائین اینست که در  $a_{wv}$ های کمتر ترکیبات بازدارنده فعالیت اکسیداسیون مثل آنتی اکسیدان‌ها (که بصورت طبیعی یا مصنوعی وجود دارد) یا مقیدکننده‌ها (chelating agent)، بازدارنده‌های یونهای فلزی، فعالیت شان کم می‌شود و در نتیجه شدت اکسیداسیون در  $a_{wv}$ های خیلی پایین افزایش می‌یابد. از علل کاهش فعالیت آنتی اکسید آنها تغییر حلالیت آنهاست که روی فعالیت شان اثر می‌گذارد. در فعالیتهای بیولوژیک در مورد فعالیتهای بیولوژیک مثل فعالیت کپک‌ها یا باکتریها قبلاً تأثیر  $a_{wv}$  بحث شد.

کاهش  $a_{wv}$ ، رشد آنها را کم می‌کند. در کپک‌ها مقاومت در برابر کاهش  $a_{wv}$  از باکتری‌ها بیشتر است. باکتری‌ها معمولاً از  $a_{wv} = 0/9$  فعالیت شان کم می‌شود ولی کپک‌ها تا  $a_{wv} = 0/65$  می‌توانند فعالیت کنند. با در نظر گرفتن شدت واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی یا فعالیت آنزیم‌ها و... باید میزان خشک کردن ماده غذایی را در نظر گرفت. همچنین با در نظر گرفتن هزینه‌ها، خشک کردن را تا یک حد خاصی انجام می‌دهند.

### پدیده Isotherm

هر گاه بین چند عامل در یک درجه حرارت ثابت ارتباط برقرار شود، این ارتباط را اصطلاحاً Isotherm می‌گویند. ISO به معنای یکسان کردن و therm به معنی حرارت است. که به این پدیده هم دمایی نیز گفته می‌شود. در این پدیده تغییرات چند عامل را در یک دمای خاص مقایسه می‌کنند. در مورد موادی که خشک هستند، این پدیده را بدین شکل بیان می‌کنند که:

Isotherm عبارتست از رابطه مستقیمی که بین آب موجود در ماده غذایی و درصد رطوبت نسبی هوا یا فشار بخار اطراف ماده غذایی، که ماده غذایی با آن به تعادل می‌رسد، (رطوبت نسبی تعادلی محیط ERH) وجود دارد. با توجه به رابطه مستقیم بین  $a_{wv}$  و فشار بخار آب (ERH)، در رسم منحنی‌ها بجای ERH از  $a_{wv}$  نیز استفاده می‌شود.

ساده‌ترین راه برای تعیین Isotherm جذب یا Sorption Isotherm یک ماده غذایی، اینست که ماده غذایی خشک شده را در رطوبت‌های مختلف قرار داده و بگذاریم در آن رطوبت ماده غذایی با محیط به تعادل برسد. سپس  $a_w$  و رطوبت را اندازه‌گیری کنیم و بعد روی منحنی قرار دهیم. منحنی‌ای که از این طریق بدست می‌آید، منحنی جذب یا Sorption Isotherm گویند.

برای تعیین منحنی دفع یک ماده غذایی را که کاملاً مرطوب است یا مرطوب شده (در رطوبت نسبی ۱۰۰٪ قرار گرفته و در آن به تعادل رسیده است). بتدریج در رطوبت‌های کمتر قرار داده که به این ترتیب ماده غذایی به تدریج رطوبت خود را از دست می‌دهد و این منحنی را که از بهم پیوستن نقاط حاصل بدست می‌آید منحنی دفع (Desorption Isotherm) می‌گویند.

در این منحنی‌ها چند نکته قابل توجه است:

- ۱- این منحنی‌ها بر هم منطبق نمی‌باشند یعنی حالت Sigmoid یا S شکل دارند.
- ۲- بسته به روش خشک کردن و تأثیری که خشک کردن روی کیفیت ماده غذایی دارد، این منحنی‌ها از هم بیشتر فاصله دارند یا بهم نزدیک ترند، که این عدم انطباق این دو منحنی یا فاصله آنها از همدیگر را Hysteresis گویند. (از لحاظ لغوی یعنی یک ویژگی را توسط عامل خارجی از ماده‌ای بگیریم و بعد که شرایط را به حالت اولیه برمیگردانیم، این ویژگی بطور کامل به ماده بر نمی‌گردد).

هر چه روش خشک کردن مطلوب تر باشد، نزدیکی این دو منحنی بهم بیشتر است.

- ۳- در منحنی دفع و منحنی جذب، آبی که جذب ماده غذایی می‌شود یا از آن دفع می‌شود، بشکل یکسان و با سرعت یکسانی جذب و دفع نمی‌گردد، زیرا آب موجود در ماده غذایی در اشکال مختلف است و بنابراین جدا شدن یا جذب شدن آن به ماده غذایی بشکل متفاوتی صورت می‌گیرد.

روی منحنی ۳ منطبقه دیده می‌شود که از سمت چپ به راست منطقه C, B, A می‌باشد.

- ۱- آب در منطقه A آبی است که اصطلاحاً «ater Mono layer» گفته می‌شود (آب تک لایه)، یعنی آبی که بشکل یک لایه روی مولکول‌ها و ذرات ماده غذایی قرار گرفته است. این آب حدود ۱۰-۵٪ رطوبت ماده غذایی را تشکیل می‌دهد و به سختی به ملکول‌های پروتئین‌ها یا پلی‌مرها جذب می‌شود. معمولاً جدا کردن آن تحت شرایط عادی (با خشک کن‌های معمولی) خیلی سخت است. مواد غذایی که با روش Freeze drying خشک می‌شوند، رطوبتی که در آنها باقی می‌ماند از این نوع است.

- ۲- بخش B منحنی مربوط به آب چند لایه (Multi layer water) است که بصورت چند لایه روی ملکولهای ماده غذایی جذب شده است. مواد غذایی که رطوبت بین ۲۰-۱۰٪ دارند از لحاظ آب در این محدوده‌اند.

- ۳- بخش C مربوط به آب آزاد (Free water) است. آبی که روی آب چند لایه و به شکل آزاد در منافذ و مجاری و لوله‌های موئینه موجود در ماده غذایی، وجود دارد و خیلی راحت از ماده غذایی جدا می‌شود. مواد نیمه خشک که ۴۰-۲۰٪ رطوبت دارند بخشی از آب آنها آب آزاد است.

روی منحنی نقطه‌ای بنام نقطه BET مشخص شده که این حروف مخفف نام سه نفر محقق است که این تعریف را انجام داده‌اند.

نقطه BET عبارتست از نقطه‌ای که پایین‌تر از آن آب موجود در ماده غذایی بشکل آب تک لایه است. آب تک لایه از این جهت حائز اهمیت است که پایین‌تر از نقطه BET اکسیداسیون چربیها به شدت افزایش یافته و مواد غذایی که خشک می‌شوند بویژه مواد غذایی چرب نباید رطوبت کمتر از BET داشته باشند.

## مراحل خشکاندن میوه جات

محصولی که می خواهد خشک شود اعم از میوه یا سبزی، در مراحل اولیه آماده سازی ابتدا شستشو و سپس Sorting روی آن صورت می گیرد که می تواند از نظر اندازه باشد یا جدا کردن مواد خراب و لهیده و پوسیده یا دچار آلودگی میکروبی و کپک زدگی.

سپس پوست گیری می شوند که به چند روش امکان پذیر است بسته به نوع محصول:

### الف - پوست گیری شیمیایی:

عموماً برای محصولاتی است که پوست ظریفی دارند و اتصال پوسته به بافت محکم است مثل پوست آلو. معمولاً برای این کار از محلول های رقیق سود استفاده می شود (غلظت ۰/۱ تا ۰/۰۱ بسته به نوع و بافت محصول) سود را حرارت داده، محصول را در داخل سود می ریزند تا مدت زمانی در تماس با سود قرار گیرد. عمل سود اینست که پکتین موجود در حد فاصل پوست و بافت نرم // ماده غذایی را هیدرولیز می کند. به عبارت دیگر، عامل اتصال پوست به بافت نرم میوه را قطع می کند. در نتیجه پوست جدا می شود. (یا خیلی شل می شود که وقتی از محلول سود خارج کنند با نازل های آب، باقیمانده اتصال پوست با بافت را جدا می کنند).

سیستم های پوست گیری شیمیایی می تواند پیوسته یا غیر پیوسته باشد. در سیستم پیوسته، یک مخزن سود و یک چرخ دوار دائماً در حال حرکت است. محصول از یک طرف وارد چرخ شده و بعد از طی مدت زمان تماس با سود توسط چرخ خارج می شود و توسط نازل های آب پوست گیری کامل انجام می گیرد.

### مزیت پوست گیری شیمیایی

- ۱ - سرعت عمل آن، به خصوص اگر غلظت سود و مدت زمان تماس سود با میوه کنترل شده باشد، خوب است.
- ۲ - پوست گیری یکنواخت است و حداقل گوشت با پوست جدا می شود.

### ب - پوست گیری با بخار

برای این کار از تونل های باز استفاده می شود (مثل تونل اگزاست). محصول که خارج می شود با استفاده از فشار نازل های آب، پوست جدا می شود. تأثیر بخار، تأثیر حرارت است و دنا توره شدن پرخی پروتئین هایی که در فاصله پوست و گوشت میوه قرار دارند را سبب می شود که باعث شل شدن پوست می شود.

بیشترین استفاده از بخار، در مواردی غیر از خشک کردن می باشد، زیرا پوست گیری توسط بخار معمولاً کامل نمی باشد. ولی مزیت آن اینست که در حین پوست گیری، بلاچینگ هم انجام می شود و دیگر نیازی به غیر فعال کردن آنزیم ها نمی باشد.

### ج - پوست گیری مکانیکی

برای برخی محصولات که دارای اندازه یکنواخت باشند مثل سیب استفاده می شود که چون ضایعات آن زیاد است امروزه عملاً استفاده نمی شود.

پوست گیری سایشی برای محصولاتی است که بافت سفتی دارند مثل سیب زمینی و هویج. محصول را داخل محفظه ای که دیواره ها و کف آن هر دو در محور متفاوتی در حال چرخش هستند و در سطح بدنه و کف آن سطوح ناصاف و زبری مثل سنگ سنباده قرار دارد، می گذارند. پوست محصول در حین چرخش و حرکت در محفظه به دیواره ها ساییده شده، و بخش اعظم آن جدا می شود. بخش کمی می ماند که با دست پوست گیری می شود.

تأکید بر بلاچینگ در بحث خشک کردن، به دلیل حرارت های کم مورد استفاده در خشک کردن است. پس یا باید

بلانچینگ انجام شود تا از موادی که مانع فعالیت آنزیمهای پلی فنل اکسیداز هستند، استفاده شود. از جمله: ترکیبات گوگردی (به شکل گاز یا محلول): این فرایند تحت عنوان دود دادن یاد می شود که با دود دادن فراورده های گوشتی متفاوت است. در فراورده های گوشتی، دود دادن، دود چوب است ولی در اینجا منظور دود گوگرد است که از سوزاندن گوگرد حاصل می شود. مدت زمان تماس دود با محصول متفاوت (عموماً تجربی) و به طور میانگین حدود ۳-۴ ساعت است.

آنچه در استفاده از ترکیبات گوگردی مهم است، میزان باقیمانده گوگرد در محصول است که استانداردها در کشورهای مختلف، مساوت است (حدود ۲۰۰۰ - ۵۰۰ ppm).

خشکباری که رنگش به شکل غیر طبیعی زرد دلایی است، محصولاتی هستند که خیلی تحت اثر ترکیبات گوگردی بوده اند و مصرف آنها مضر است.

گوگرد و ترکیبات گوگردی در محصولات خشک چند تأثیر دارند:

۱ - چون احیا کننده است، مانع فعالیت آنزیمها مثل پلی فنل اکسیداز می شود، لذا انجام عمل بلانچینگ را بی نیاز می کند.

۲ - مانع قهوه ای شدن غیر آنزیمی نیز می شود. گرچه در خشک کردن میوه ها، تحت شرایط معمول، امکان بروز قهوه ای شدن غیر آنزیمی نسبتاً کم است.

۳ - اثر بازدارنده روی رشد کپک ها دارد.

۴ - اثر بازدارنده روی حشرات و جلوگیری از رشد آنها در محصولات خشک دارد.

در مورد خشک کرن انگور یک استثنا وجود دارد. در انگور به پوست گیری نیازی نیست، ولی به لحاظ طبیعی روی دانه های انگور یک لایه واکسی یا مومی قرار دارد که مانع تبخیر شده و کار خشک کردن را کند می کند. در این محصولات از محلولی بنام محلول استرالیایی استفاده می شود که پایه آن ترکیبات قلیایی (سود و کربنات ها) و روغن زیتون می باشد. غلظت سود مصرفی حدود ۰/۱ تا ۰/۳ درصد است.

نقش ترکیبات قلیائی، از بین بردن لایه مومی و ایجاد شکاف روی سطح محصول می باشد که با این دو عمل، کار خشک کردن و خروج رطوبت تسهیل می شود. نقش روغن، براق شدن و جلا دادن سطح محصول است. این محلول را به شکل سرد و یا گرم استفاده می کنند و در حالت سرد یا گرم غلظت ترکیبات متفاوت است.

## نگهداری مواد غذایی با استفاده از ترکیبات شیمیایی

### "Presrvation of food by chemical agents"

اصطلاحاً به این ترکیبات شیمیائی preservative نیز گفته می شود. استفاده از مواد شیمیایی در نگهداری مواد غذایی، از لحاظ تاریخی مشابه روش های اولیه نگهداری مواد غذایی است. موادی مثل نمک طعام یا نیترات که به شکل طبیعی در طبیعت وجود داشتند به شکل خواسته یا ناخواسته به مواد غذایی بشر راه یافتند و قابلیت نگهداری آنها را افزایش دادند. به تدریج که درک و شناخت بشر از این مواد بیشتر شد، استفاده آنها از حالت ناخواسته به شکل کنترل شده درآمد.

عمده ترین کاربرد preservative ها در مواردی است که امکان استفاده از روش های معمول نگهداری وجود ندارد یا کم است. مثلاً گاه ممکن است کاربرد حرارت در مورد ماده غذایی امکان پذیر نباشد یعنی تأثیرات نامطلوب روی ماده غذایی می گذارد.



با گسترش تولید مواد غذایی امروزه نگهدارنده‌های شیمیایی به لحاظ کاربرد جلوه جدیدی پیدا کرده‌اند. بدین معنا که از مواد شیمیایی در جهت پوشش دادن شرایط نامطلوب فرایند استفاده می‌شود، یعنی هر جا نقصی احساس شود از نگهدارنده‌ها استفاده می‌شود که این نوع غیر مجاز استفاده از نگهدارنده‌هاست.

این قانون در مورد کل نگهدارنده‌های شیمیایی وجود دارد که نگهدارنده در هیچ حالتی نباید کتمان‌کننده شرایطی باشد که محصول در آن تولید شده است. ولی درک این مسأله و تأیید این که آیا محصول در شرایطی مناسب و خوب تولید شده و در هنگام تولید کیفیت خوبی داشته، خیلی مشکل است. به همین دلیل در بحث نگهداری، امروزه روش‌های جدیدی به لحاظ کنترل وارد شده است.

مثلاً آنچه امروزه در دستور کار است، چیزی است بنام GMP (Good Manufacturing practice). بدین معنا که آنقدر در فرایند تولید کنترل باشد که دیگر نیازی به استفاده از preservativeها برای سرپوش گذاشتن و مخفی کردن کیفیت نباشد.

### کنترل نقاط بحرانی در تولید یک فرآورده (در یک فرایند)

#### HACCP (Hazard Analysis Critical Control Process (Point)

اساس و پایه HACCP بر اینست که در کل مراحل تولید، از ابتدا که ماده خام وارد تا وقتی که محصول خارج می‌شود، در تمام نقاط کنترل‌ها را از طریق آنالیزها داشته باشیم و نقاط بحرانی را مشخص کرده و مدیریت تولید همیشه به این نقاط بحرانی توجه داشته باشد. برای نقاط بحرانی لازم است که شاخص‌هایی تعیین شود و در حین تولید این شاخص‌ها کنترل شوند تا از مرز مشخص شده فراتر نروند.

امروزه صنایع غذایی به سمتی می‌رود که نه تنها روی محصول نهایی کنترل انجام می‌شود (توسط مصرف‌کننده) بلکه انتظار مصرف‌کننده اینست که در حین دوران تولید نیز شاخص‌های HACCP رعایت شود.

پس با وارد شدن این بحث به تدریج بحث نگهداری مواد غذایی، با استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی کم‌رنگ‌تر می‌شود. گرچه جاهائی وجود دارد که تقریباً جایگزین کردن فرایند خاص یا انجام کنترل‌های خاص نمی‌تواند جایگزین تأثیری باشد که برخی از این نگهدارنده‌ها دارند. مثلاً در مورد فرآورده‌های گوشتی، استفاده از ترکیبات معدنی مثل نیترات و نیتريت، با هیچ فرایند یا ماده دیگری قابل جایگزینی نیست. ممکن است بتوان یک اثر آن را جایگزین نمود ولی تمامی اثراتش را در آن واحد نمی‌توان جایگزین کرد.

### اثرات استفاده از نیتريت و نیترات در فرآورده‌های گوشتی

۱ - تثبیت رنگ

۲ - ممانعت از رشد *Cl.botulinum* (بی‌هوازی‌ها)

۳ - تأثیر آنها روی بهبود طعم

۴ - اثر آنتی‌اکسیدانی

بخش عمده‌ای از preservativeها ترکیبات ضد میکروبی "Antimicrobial agents" هستند. بخش عمده این ترکیبات ضد میکروبی، بر علیه باکتری‌ها فعالیت می‌کنند.

بسته به غلظت مورد استفاده و مدت زمان تماس این مواد با میکروارگانیسم‌ها، اثرات متفاوتی را دارند، این اثرات عبارتند از:

- ۱ - باکتریوسیدی: Bacteriocidal: کشنده میکروارگانسیم‌ها.
- ۲ - باکتریواستاتیکی: Bacteriostatic: متوقف‌کننده رشد میکروارگانسیم‌ها
- دستجاتی مختلف از ترکیبات تحت عنوان ترکیبات ضد میکروبی شناخته شده‌اند که از دیدگاه علوم مختلف آنها را به اشکال مختلف طبقه بندی می‌کنند.
- از جمله این طبقه بندی‌ها:
- ۱ - Disinfectant: مواد ضد عفونی‌کننده:
- ترکیباتی که برای از بین بردن میکروارگانسیم‌های نامطلوب (بیماریزا یا غیر بیماریزا)، (در پزشکی بیماریزا و در صنایع غذایی بیماریزا و عامل فساد)، در خارج از بدن موجودات زنده استفاده می‌شود. مثلاً روی دستگاهها و تجهیزات.
- این ترکیبات را عمدتاً با هدف ایجاد بهداشت در محیط استفاده می‌کنند و به همین جهت محدودیتی برای غلظت و زمان تماس وجود ندارد. مگر این که آن تجهیزات حساسیت به این مواد داشته باشند، مثلاً ماده‌ای که حالت خورندگی دارد مثل کثرفر (سیستم‌های استیل‌علیرغم مقاومت زیاد، در تماس با کلر دچار خورندگی می‌شوند).
- ۲ - Antiseptic: آنها را روی بدن موجود زنده و با هدف از بین بردن میکروارگانسیم‌ها استفاده می‌کنند که عموماً کاربرد موضعی دارند.
- ۳ - Antibiotic و Sulfamide: با هدف تأثیر ضد میکروبی به شکل خوراکی (همراه با ماده غذایی یا به عنوان دارو) یا تزریقی استفاده می‌کنند. البته می‌توان آنها را بصورت موضعی نیز استفاده نمود. علت این که می‌توان آنها را وارد سیستم گوارش نمود اینست که سمیت آنها برای بدن جزئی است.

### تفاوت عمده Antibiotic و Sulfamide

- ۱ - منشأ سنتز و تهیه سولفامید شیمیایی است ولی آنتی بیوتیک منشأ بیولوژیک دارد یعنی از میکروارگانسیم‌ها بدست می‌آید. ولی این بدان معنا نیست که آنتی بیوتیک‌ها را نمی‌توان به شکل شیمیایی سنتز کرد.
- ۲ - سولفامیدها معمولاً وسیع‌الطیف‌ترند و دامنه وسیع‌تری از میکروارگانسیم‌ها را مورد هجوم قرار می‌دهند. داروهایی که تحت عنوان عمومی آنتی بیوتیک‌ها مصرف می‌شوند، بخشی مربوط به سولفامیدها است.

### مکانسیم اثر ترکیبات ضد میکروبی

در این زمینه تئوری‌های مختلفی وجود دارد. هر ترکیبی می‌تواند از طریق مکانسیم یا مکانسیم‌هایی خاص، نقش خود را اعمال کند.

### مهمترین این مکانسیم‌ها

#### ۱ - انعقاد پروتئین‌ها

چون بخش قابل توجهی از پیکره میکروارگانسیم‌ها پروتئینی است و ترکیباتی که در متابولیسم میکروارگانسیم‌ها نقش دارند عمدتاً پروتئینی‌اند (آنزیم‌ها)، پس اگر عامل ضد میکروبی نقش انعقاد پروتئین‌ها را داشته باشد، سبب مرگ میکروارگانسیم‌ها می‌شود.

## ۲ - تأثیر روی غشاء سلولی میکروارگانیسم‌ها

غشاء سلولی میکروارگانیسم‌ها (Cell membrane) به شکل انتخابی (Selective) عمل می‌کند، بدین معنا که به برخی مواد اجازه ورود و خروج را می‌دهد، به عبارت دیگر، برخی مواد به لحاظ ماهیتی که دارند می‌توانند وارد یا خارج شوند. مواد ضد میکروبی به اشکال مختلف روی غشاء اثر می‌گذارند. برخی غشاء را تخریب می‌کنند و از این طریق اثر منفی و بازدارنده خود را روی میکروارگانیسم‌ها می‌گذارند. برخی، بعضی اتصالات شیمیایی و تغییراتی در غشاء ایجاد می‌کنند و در نتیجه امکان نفوذ برخی مواد (که در حالت طبیعی به داخل سلول وجود ندارند) ایجاد می‌شود.

همیشه لازم نیست که خود ماده ضد میکروبی مستقیماً وارد سلول شود (سیتوپلاسم سلول) بلکه با ایجاد تغییرات روی غشاء حالت انتخابی یا Selective بودن غشاء را مختل می‌کند. در بین نگهدارنده‌ها، بنزوات‌ها خاصیت تخریب غشاء سلولی را دارد.

## ۳ - حذف سولفیدریل

در ساختمان برخی از آنزیم‌ها بخصوص زنجیره‌های کناری آنزیم‌ها، اسید آمینه سیستئین وجود دارد که حاوی گروه‌های SH یا سولفیدریل است.

در ساختمان خود باکتری‌ها نیز کوانزیم‌هایی مثل کوانزیم A وجود دارد که در ساختمان‌شان گروه‌های سولفیدریل وجود دارد.

این آنزیم‌ها و کوانزیم‌ها در صورتی فعالند که این گروه‌های سولفیدریل به شکل آزاد و احیاء شده حفظ شوند. برخی ترکیبات ضد میکروبی این قابلیت را دارند که با این گروه‌های سولفیدریل ترکیب شده و آنها را اکسید کنند و در نتیجه ادامه فعالیت‌های حیاتی میکروارگانیسم را مختل کنند. با حتی برخی این قابلیت را دارند که موجب اتصال گروه‌ها به همدیگر شوند. فلزات سنگین و عوامل اکسید کننده چنین نقشی را دارند.

۴ - گاهی برخی مواد ضد میکروبی به شکل رقابتی با آنزیم‌ها عمل می‌کنند مثل اسیدسوربیک که آنزیم دهیدروژناز را برای متابولیزه کردن کربوهیدرات‌ها و اسیدهای چرب لازم است، بی اثر می‌کند. یعنی به دلیل شباهتی که با سوبسترا دارند، آنزیم دهیدروژناز به آنها متصل می‌شود.

بخش عمده‌ای از این ترکیبات ضد میکروبی را اسیدهای آلی و اسیدهای چرب تشکیل می‌دهند که در بحث تخمیر به مکانیسم تأثیر این اسیدها بویژه در حالت تفکیک نشده آنها اشاره شد.

بطور کلی مواد ضد میکروبی می‌توانند منشأ معدنی یا آلی داشته باشند. از ترکیبات معدنی که به عنوان ترکیبات ضد میکروبی استفاده می‌شود، می‌توان به ترکیبات گوگردی از جمله  $SO_2$ ، آب اکسیژنه (تأثیر آن در استریلیزاسیون سرد، ذکر شد)، ترکیبات کلره به عنوان اکسید کننده اشاره نمود.

ترکیبات کلره قادر به اتصال با ترکیبات آلی محیط نیز هستند، لذا بخشی از کلری که به محیط داده می‌شود، صرف ترکیبات آلی می‌شود یعنی هر چه میزان مواد آلی در محیط بیشتر باشد، میزان کلر بیشتری نیاز است.

منابع زیر در تهیه و تدوین درس (اصول نگهداری مواد غذایی) استفاده شده اند

منابع:

- ۱- بازغی، فریده - نگهداری مواد غذایی بطریق سنتی، انتشارات جهاد دانشگاهی
- ۲- ملکی، مرتضی و دتخانی، شهرام - صنایع غذایی (جلد اول)، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۶۹
- ۲- فلاحی، مسعود - علم مواد غذایی، جلد اول و دوم، ۱۳۷۰
- ۳- میدانی، محمد جواد - اصول پراسسینگ مواد غذایی، انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۱۳۶۴
- ۵- خیدری نیا، احمد - فساد و مسمومیت های مواد غذایی، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی اهواز، ۱۳۶۸
- ۶- فرجی هارمی، رستم - میوه و سبزی و تکنولوژی نگهداری و تبدیل آنها، ویرایش ۲، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۴
- ۷- زندی، پروین - علوم غذایی از دیدگاه شیمیایی، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۱۳۶۸
- ۸- تدین، بهرام - شیمی مواد غذایی، انتشارات دانشگاه ملی، ۱۳۵۸
- ۹- فرجی هارمی، رستم - اصول نگهداری مواد غذایی، دانشگاه شیراز، ۱۳۷۱
- ۱۰- شاهدی، محمد و کدیور، مهدی - اصول تبدیل و نگهداری میوه ها و سبزی ها، دانشگاه شهر کرد، ۱۳۷۴
- ۱۱- میرنظامی، سید حسین، حمیدی اصفهانی، زهره و فائز، معصومه - مایکروویو در صنایع غذایی و منازل، انتشارات ادبستان، ۱۳۵۷
- ۱۲- میدانی، محمد جواد - اصول تبدیل و نگهداری محصولات کشاورزی، انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۱۳۷۰
- ۱۳- ایمانندل، کرامت ا... و صادق زاده عراقی، عذرا - عوامل فساد و شرایط نگهداری مواد غذایی در سردخانه، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۴
- ۱۴- ایمانندل، کرامت ا... - گندزدها و ضد عفونی کننده ها و کاربرد آنان در بهداشت محیط زیست، انتشارات آئینه کتاب، ۱۳۷۴

- Belitz, H. D. and Grosch, W. (1987) *Food Chemistry*, Springer Vorlag, New York
- Blandford, F. (1971) *About Food Preservation and Refrigeration: its relation to health*, Thorsons Publishers, London
- Desrosier, N. W. and J. N. Desrosier (1977) *The Technology of Food Preservation*, AVI, New York
- Erickson, M. C. and Hung, Y. C. (1997) *Quality in Frozen Food*, Chapman & Hall, New York
- Fellows, P. J. (1990) *Food Processing Technology*, Ellis Horwood, London
- Fraizier, W. C. and Westhoff, D. C. (1988) *Food Microbiology*, McGraw Hill, New York
- Gould, G. W. (1995) *New Methods of Food Preservation* (Ed), Chapman & Hall, London
- Gupta, G. and Narang, V. K. (1999) *Agro Based and Processed Food Technology Hand Book*, SIRI, India
- Hayes, P. R. (1992) *Food Microbiology and Hygiene*, 2nd ed., Elsevier Applied Science Publishers, London
- ICMSF (1980) *Microbial Ecology of Foods, Vol. 1 - Factors Affecting life and Death of Microorganisms* (Eds), Academic Press, London
- Loesecke, H. W. V. (1999) *Drying and Dehydration of Foods*, Allied Scientific Publishers, New Delhi
- Luh, B. S. and Woodroof, J. G. (1988) *Commercial Vegetable Processing*, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York
- Man, C. M. D. and Jones, A. A. (1994) *Shelflife Evaluation of Foods* (Ed), Chapman and Hall, London
- Nikerson, J. T. and Sinskey, A. J. (1972) *Microbiology of Food and Food Processing*, American Elsevier Publishers, New York
- Robinson, R. K. (1983) *The Vanishing Harvest- A Study of Food and It's Conservation*, Oxford university Press, Oxford
- Rose, A. H. (1983) *Economic Microbiology, Vol. 1 - Food Microbiology* (Ed), Academic Press, London
- Russel, N. J. and Gould, G. W. (1991) *Food Preservatives*, Blackie, London
- Seow, C. C. (1988) *Food Preservation by Moisture Control*, (Ed) Elsevier Applied Science

Publishers, London

Taub. I.A. and Singh. R.P. (1998) *Food Storage Stability* (Eds), CRC Press, London

Thompson, A. K. (1998) *Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables*, CAB International, UK

Thorne. S. A. (1989) *Developments in Food Preservation -5* (Ed), Elsevier applied Science, London

Urbain. W. M. (1986) *Food Irradiation*, Academic Press, Orlando

H. B. Ghoddusi (Oct., 1999)



دانشگاه کشاورزی

ضمیمه

اصول نگهداری

مواد غذائی

حمید بهادر قدوسی



**Alonefarmer Group گروه آموزشی کشاورز تنها**

\* بزرگترین مرکز فروش جزوات دانشگاهی، تست و مجموعه سوالات

کنکور دانشگاه سراسری، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشگاه پیام نور.

\* فروش مقالات و پاورپوینت، سی دی و نرم افزارهای آموزشی جدید.

\* سوالات کنکور سالهای گذشته کاردانی به کارشناسی - کارشناسی ارشد

- دکتری کشاورزی و کلیه رشته های دانشگاهی

\* ارسال سریع به تمامی نقاط کشور از طریق پست پیشتاز

\* لیست بروز شده جزوات داخل سایت موجود می باشد.

تماس مستقیم: ۰۹۳۲ ۹۴۸ ۷۸۶۶ - ۰۹۱۹ ۱۸۱ ۲۸۱۲

دفتر: ۰۲۸۲ - ۲۲۲۵۰۴۷

وب سایت گروه: [www.Alonefarmer.ir](http://www.Alonefarmer.ir)

بانک سوالات کنکور ایران: [www.Phdazmoon.com](http://www.Phdazmoon.com)

بانک حشرات ایران: [www.Etale.ir](http://www.Etale.ir)

دفترپخش: قزوین - شهر صنعتی البرز صندوق پستی ۱۵۳۳



Table 1.1 Food-poisoning micro-organisms of major concern.

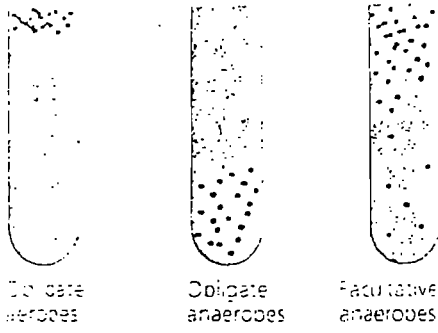
Minimum growth temperature	Heat resistance -	
	Low	High
	Vegetative cells	Spores
Low	<i>Listeria monocytogenes</i> (INF)*	<i>Clostridium botulinum</i> E and non-proteolytic B (TOX)†
	<i>Yersinia enterocolitica</i> (INF)	<i>Bacillus cereus</i> (TOX)
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (INF)	<i>Bacillus subtilis</i> and <i>licheniformis</i> (TOX)
	<i>Salmonella</i> species (INF)	<i>Clostridium perfringens</i> (INF)
Medium	<i>Escherichia coli</i> enteropathogenic strains (INF)	<i>Clostridium botulinum</i> A and proteolytic B (TOX)
	<i>Staphylococcus aureus</i> (TOX)	
High	<i>Campylobacter jejuni</i> and <i>C. coli</i> (INF)	

\*INF, organisms that may contaminate foods, and may multiply in them, and which cause food poisoning by infection.

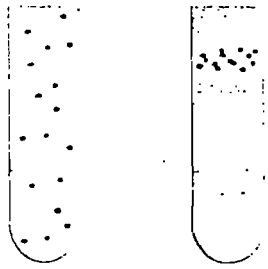
†TOX, organisms that may contaminate foods and multiply in them to form toxins that cause food poisoning by intoxication.

Table 1.2 Food-spoilage micro-organisms of major concern.

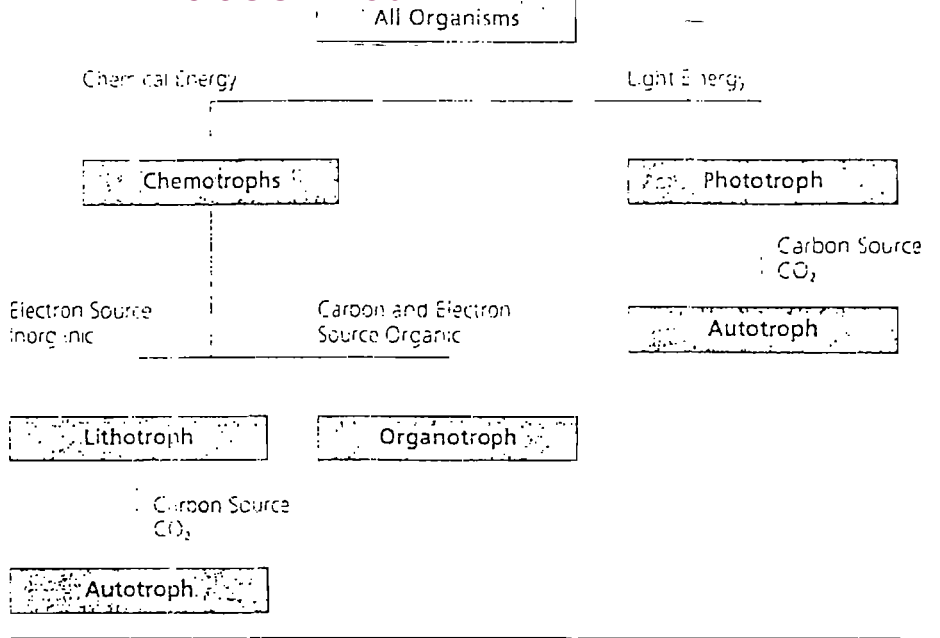
Micro-organisms		
Characteristics	Examples	Foods typically affected
Gram-negative, catalase-positive, oxidase-positive rods	Obligate aerobes: <i>Pseudomonas</i> , <i>Alkaligenes</i> , <i>Moraxella</i> , <i>Alteromonas</i> , <i>Flavobacterium</i>	Protein-rich foods (fish, meat, poultry) at chill temperatures
	<i>Acetobacter</i> , <i>Acetomonas</i>	Alcoholic beverages
	<i>Gluconobacter</i>	Soft drinks
Gram-negative, catalase-positive, oxidase-negative rods	Fermentative: Enterobacteriaceae, <i>Escherichia</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Proteus</i>	Most raw proteinaceous foods
	Non-fermentative: <i>Acinetobacter</i> , <i>Xanthomonas</i>	
Gram-positive, catalase-positive, non-sporing rods	Coryneform bacteria: <i>Corynebacterium</i> , <i>Kurthia</i> , <i>Arthrobacter</i> , <i>Brochothrix</i>	Cured meats and sausages Fresh meats in vacuum or low-oxygen 'modified-atmosphere' packs Vegetables
Gram-positive, catalase-positive cocci	Aerobes: <i>Micrococcus</i>	Milk products
	Facultative anaerobes: <i>Staphylococcus</i>	Cured meat products, particularly if high-salt
Gram-positive, catalase-negative non-sporing rods	Facultatively anaerobic, homofermentative and heterofermentative species of <i>Lactobacillus</i>	Milk and milk products, fermented dairy, meat and vegetable foods, meat in vacuum or low-oxygen packs
Gram-positive, catalase-negative cocci	Facultatively anaerobic lactic acid bacteria: <i>Streptococcus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Pediococcus</i>	Cured meats, particularly if low-salt
Gram-positive, catalase-positive, spore-forming rods	Aerobic or facultatively anaerobic species of <i>Bacillus</i>	Heated foods with pH values above about 4
Gram-positive, catalase-negative spore-forming rods	Strictly anaerobic species of <i>Clostridium</i>	Heated foods with pH values above about 4.5 and with restricted availability of oxygen
Yeasts	Mostly facultative anaerobes: <i>Saccharomyces</i> , <i>Torulopsis</i> , <i>Candida</i>	Low-pH and low-water-activity foods (drinks, jams) whether or not oxygen is excluded
Moulds	Mostly strict aerobes: <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i>	Low-pH and low-water-activity foods exposed to



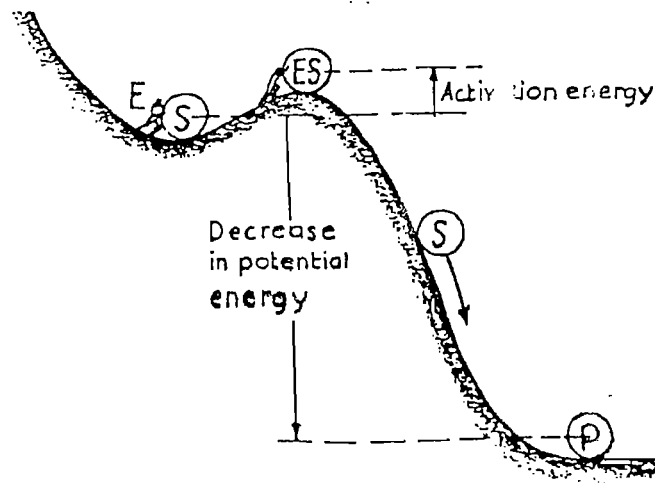
Discrete aerobes      Obligate anaerobes      Facultative anaerobes



Facultative anaerobes      Microaerophiles



Factor	Class of Organism	Minimum	Optimum	Maximum	Example
Temperature (°C)	extreme psychrophile	-2	5	10	<i>Rapidiococcus glacialis</i> (snow algae)
	psychrophile	0	15	20	<i>Vibrio marinus</i>
	mesophile	10-15	24-40	35-45	<i>Escherichia coli</i>
	facultative thermophile	37	45-55	70	<i>Bacillus stearothermophilus</i>
	obligate thermophile	45	70-75	85-90	<i>Thermus aquaticus</i>
	extreme thermophile	60	75-80	85-110	<i>Sulfolobus acidocalcaricus</i>
pH	acidophile	0.2	2-3	5	<i>Thiobacillus thiooxidans</i>
	alkaliphile	ca 7	9-10.5	11-11.5	<i>Bacillus alcalophilus</i>
Osmotic pressure (M salt conc.)	halophile	0.5	1-2	4-4.5	<i>Vibrio costicola</i>
	extreme halophile	3	3.5	5.2	<i>Halobacterium halobium</i>



شکل ۳۸- نمایش طرز کار آنزیم

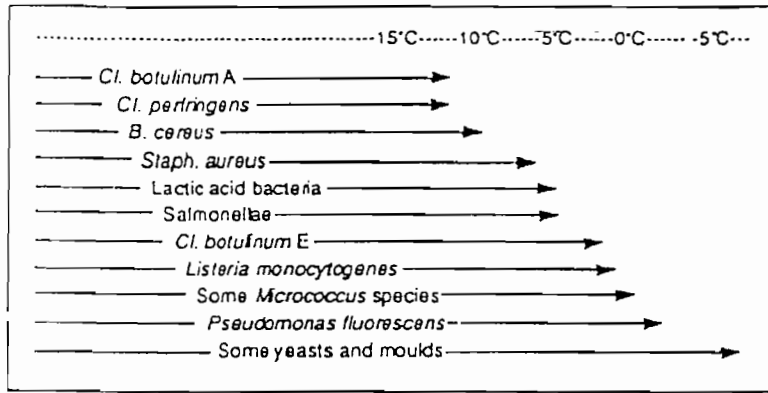


Figure 2.1 Lower temperature limits for microbial growth.

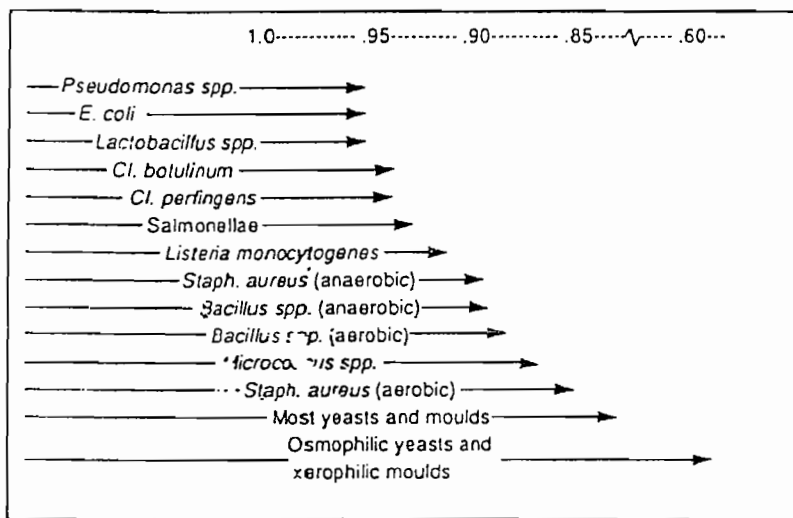


Figure 2.2 Lower water activity limits for microbial growth.

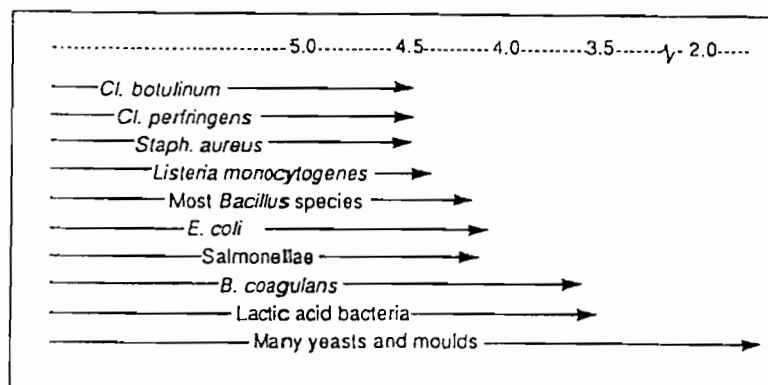


Figure 2.3 Lower pH limits for microbial growth.

*Some potential areas of food wastage in the chain from farmer to consumer*

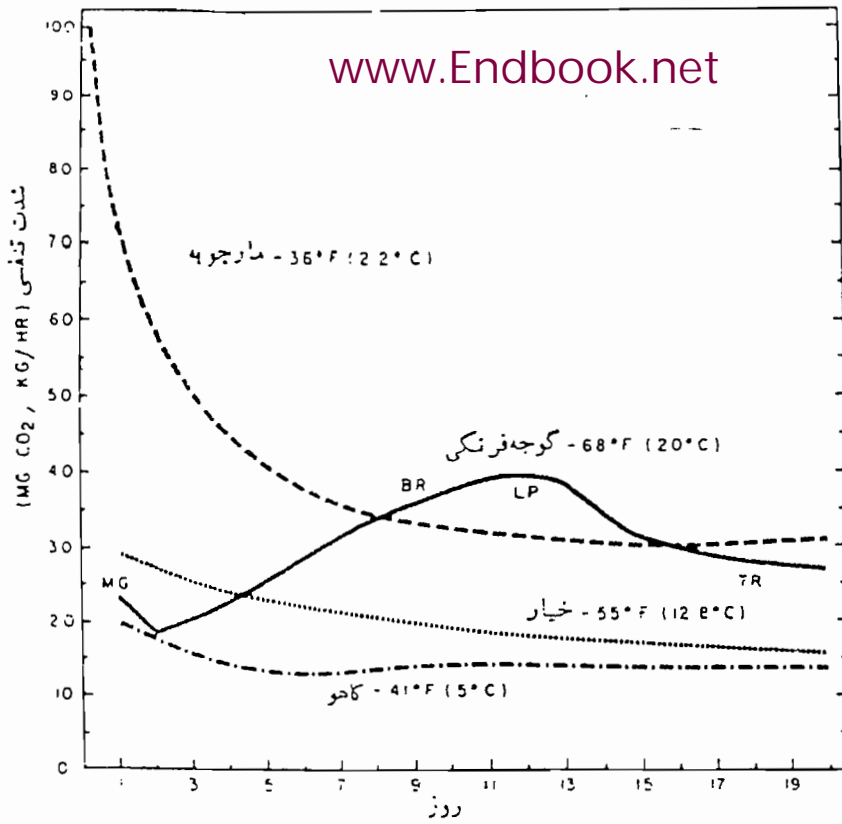
Location	Type of loss encountered
Production	
↓ Treatment on the farm	(i) Physical damage to produce (ii) Losses during handling
↓ Transport	(i) Spillage (ii) Physical damage
↓ Storage	(i) Losses from insect infestation (ii) Damage from rodents (iii) Infection by micro-organisms (iv) Deleterious chemical changes
↓ Processing	(i) Losses through trimming (ii) Failure of raw materials to meet specifications (iii) Inefficient processing
↓ Marketing	(i) Losses in storage and distribution (ii) Failure of product to meet quality standards
↓ Consumption	(i) Wasteful procedures in the kitchen (ii) Food discarded after meals

TABLE 25

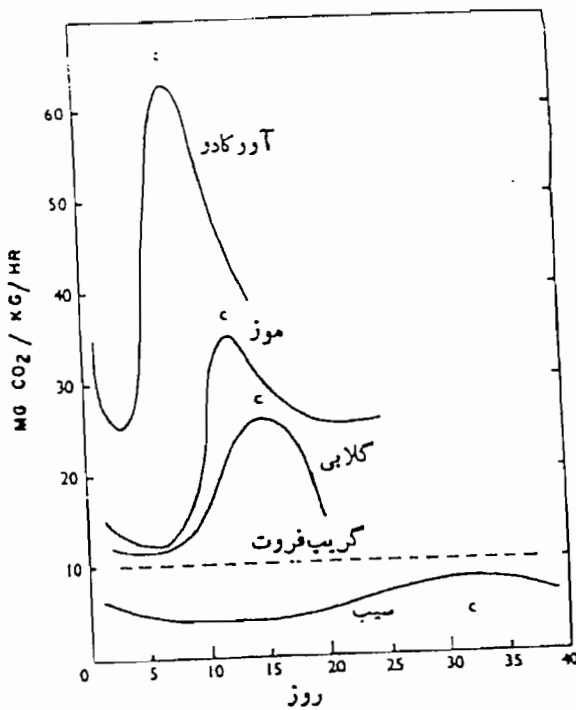
*Techniques of food preservation that may destroy, or retard the action of, micro-organisms and other biological agents, and suppress undesirable physical-chemical changes*

Controlled environment	Reduction in water available	Destruction of micro-organisms by heat	Other methods
(i) Controlled atmosphere, e.g. removal of oxygen, addition of nitrogen	(i) Drying or dehydration by various methods sun-drying freezing-drying air-drying e.g. vegetables	(i) Bottling or canning, 'Appertization', heat-treatment of food in sealed containers, e.g. meat vegetables	(i) Pickling and fermentation processes, e.g. vegetables, yoghurt, and cheese
(ii) Controlled temperature, —refrigeration —quick freezing	(ii) Sugar preserves, e.g. fruits	(ii) Pasteurization processes, e.g. milk	(ii) Smoking, e.g. fish
(iii) Efficient packaging	(iii) Salt, e.g. meat	(iii) Cooking processes	(iii) Use of antibiotics and other chemicals, e.g. SO <sub>2</sub> in fruit juices (iv) Irradiation

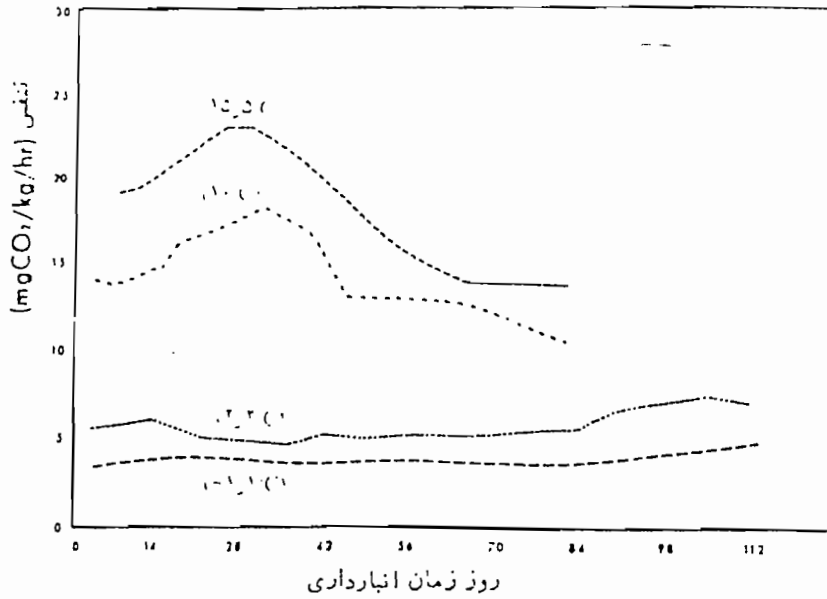
Notes: Different methods may be used in combination with one another  
Efficient packaging is required in conjunction with several of the techniques  
After Aylward (1967)



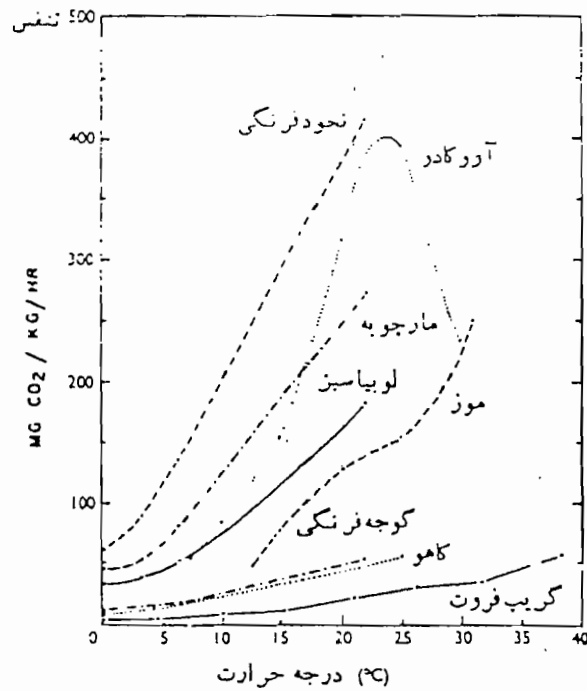
شکل ۱۰. منحنی شدت تنفسی در تعدادی از سبزیها بعد از برداشت.  $TR$  - Mature (TR)  $MG$  - تغییرات رنگ گوجه فرنگی را در حین انبارداری نشان میدهد.  $LP$  (Green) گوجه فرنگی سبزرنگ که به اندازه نهایی خود رسیده،  $BR$  (Breaker) در حال تغییر رنگ،  $LP$  (Light Pink) صورتی روشن،  $TR$  (Table Ripe) رسیده قرمز.



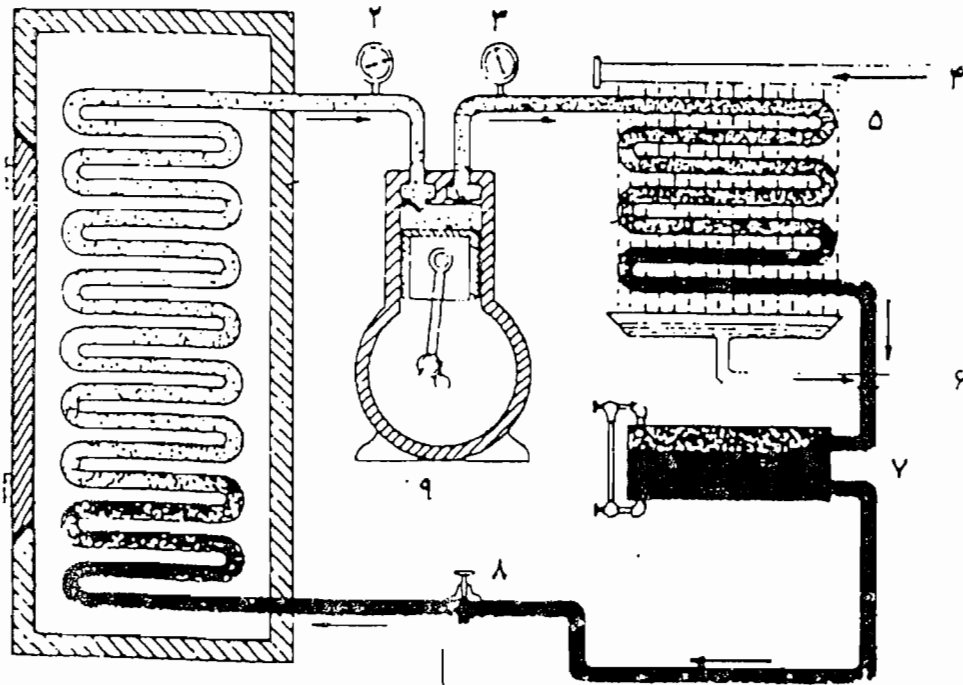
شکل ۱۱. منحنی تنفسی در تعدادی از میوه‌ها پس از برداشت (C- مرحله بحرانی)



شکل ۱۳. شدت تنفسی يك نوع سبب در چهار درجه حرارت مختلف

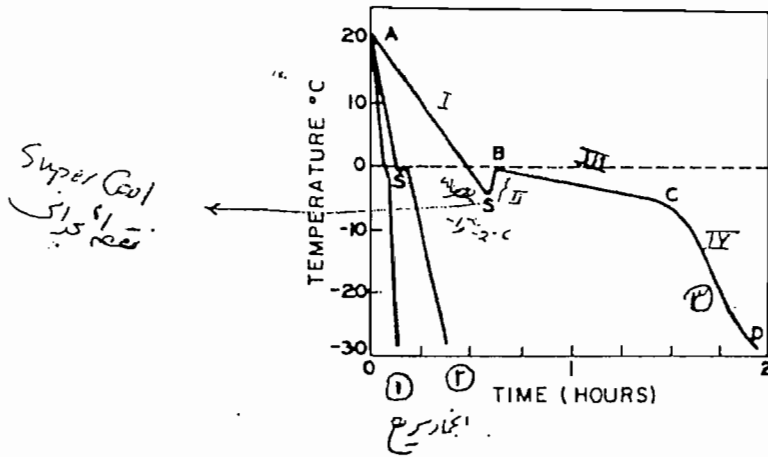


شکل ۱۴. اثر حرارت روی شدت تنفسی تعدادی از میوه‌ها و سبزیها پس از برداشت

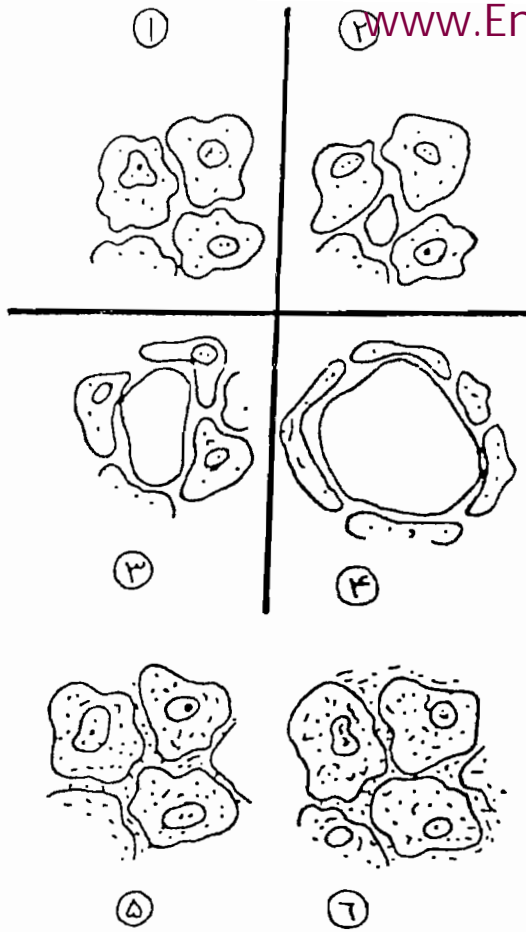


قسمت فشار زیاد ..... قسمت فشار کم

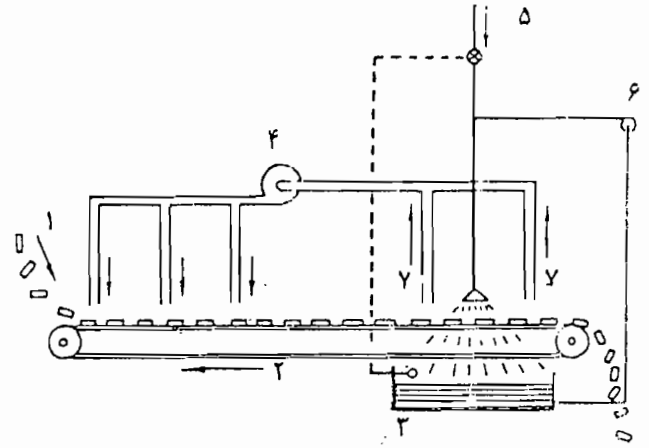
شمای یک سیستم سرد کننده



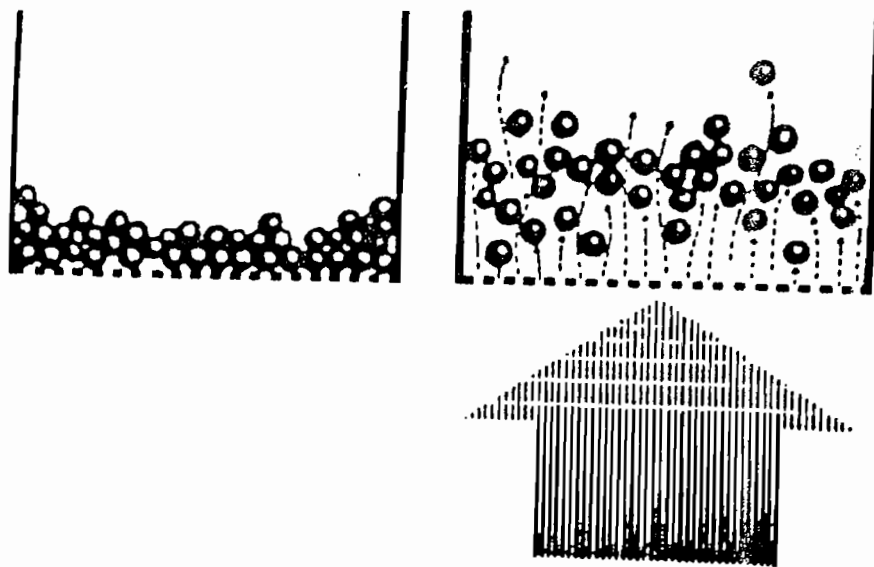
منحنی انجماد مواد غذایی (S = سوپرکولینگ)



۴-۴ شمای منجمدکننده کربوژنیک با استفاده از ازت مایع

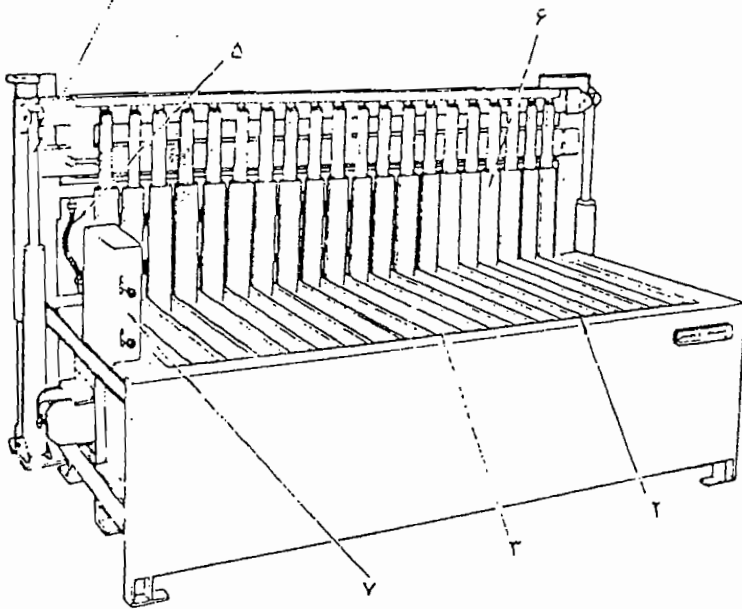
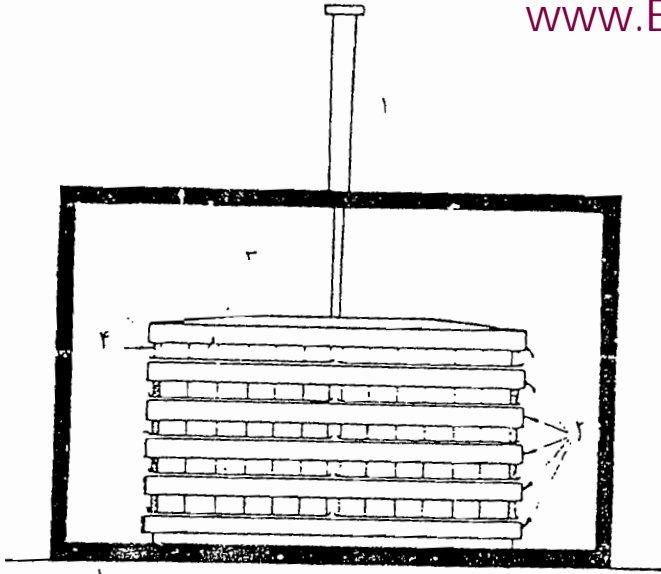


شکل ۱۹ - شمای تشکیل هسته‌های اولیه و رشد کریستالهای یخ در غذا. ۱-۴ برای یخ‌زدن کند و ۵-۶ برای انجماد سریع مرغ‌گوشتی



اصول کار یخ‌زنی با روش غلیان





۱- بازوی بالا و پائین برنده صفحات منجمد کننده

۵- لوله‌های ماده سرد

۲- صفحات منجمد کننده

۶- بازوهای تخلیه کنند

۳- محل قرار گرفتن غذا

۷- تابلو کنترل

THE VANISHING HARVEST

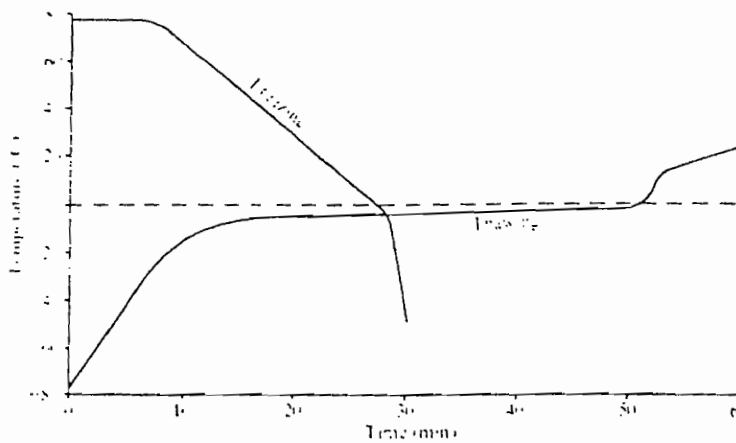


Fig. 27 Typical freezing and thawing curves plotted from data recorded at the centre of a uniform sample of product; note the length of time during which the specimen is in the critical zone between zero and  $-5^{\circ}\text{C}$ . After Fennema (1975).

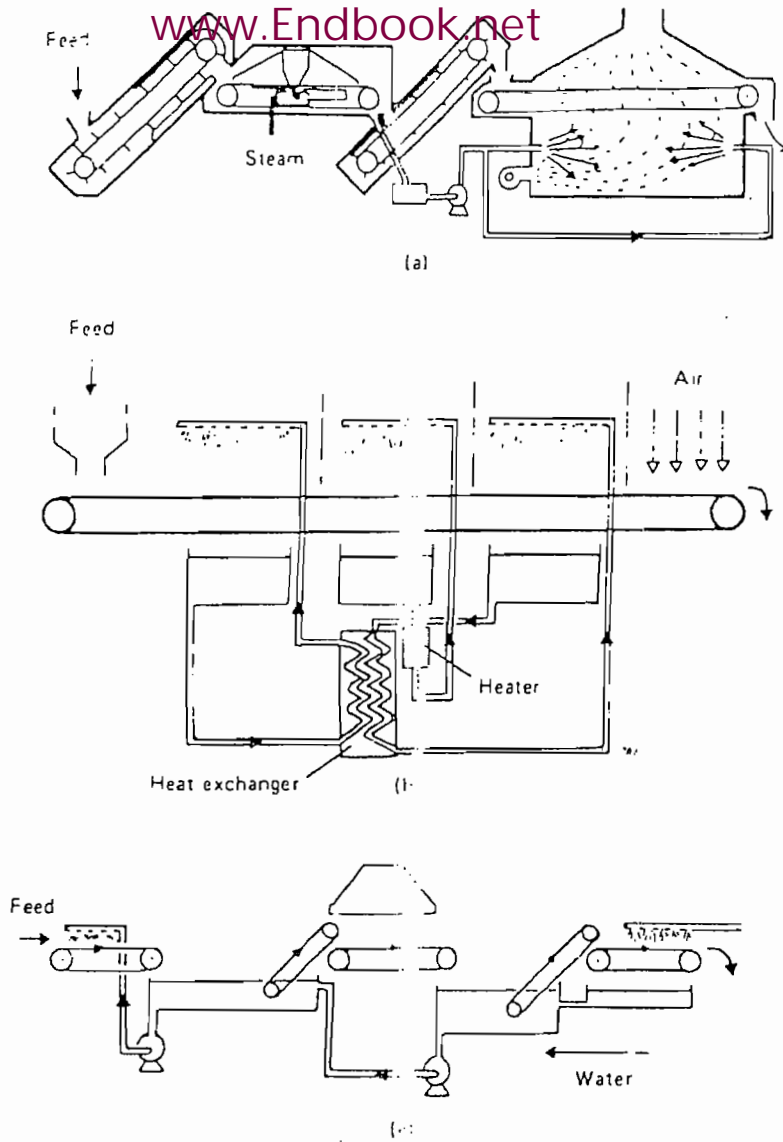


Fig. 9.1 — Blanchers: (a) IQB steam blancher (after Timbers *et al.* (1984)); (b) blancher-cooler (after Philippon (1984)); (c) counter-current blancher (after Wendt *et al.* (1983)).

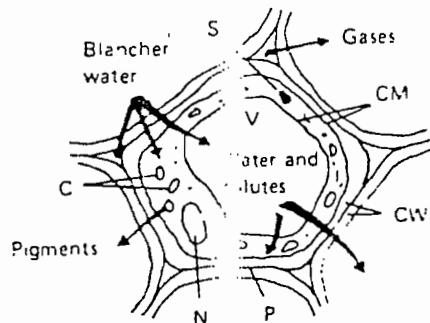


Fig. 9.2 — Effect of blanching on plant tissues: S, starch gelatinised; CM, cytoplasmic membranes altered; CW, cell walls little altered; P, pectins modified; N, nucleus and cytoplasmic proteins denatured; C, chloroplasts and chromoplasts distorted.

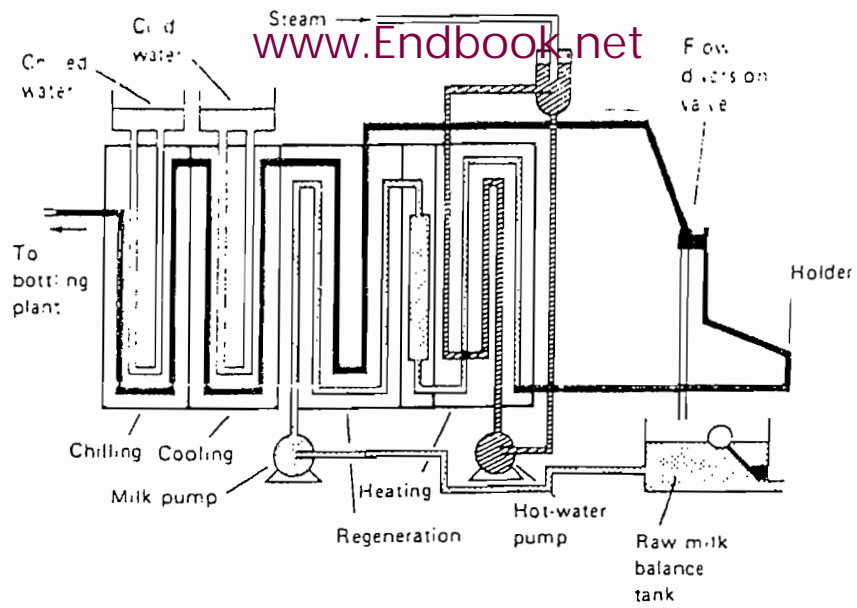


Fig. 10.5 — Pasteurisation using a plate heat exchanger. (Courtesy of APV Ltd.).

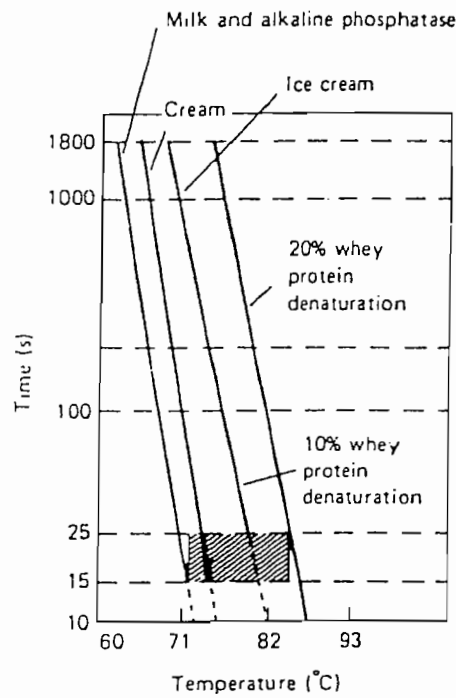


Fig. 10.1 — Time-temperature relationships for pasteurisation. The hatched area shows the range of times and temperatures used in commercial milk pasteurisation. (After Harper (1976)).

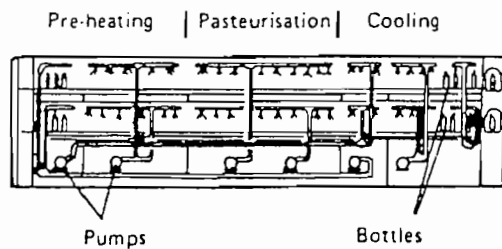
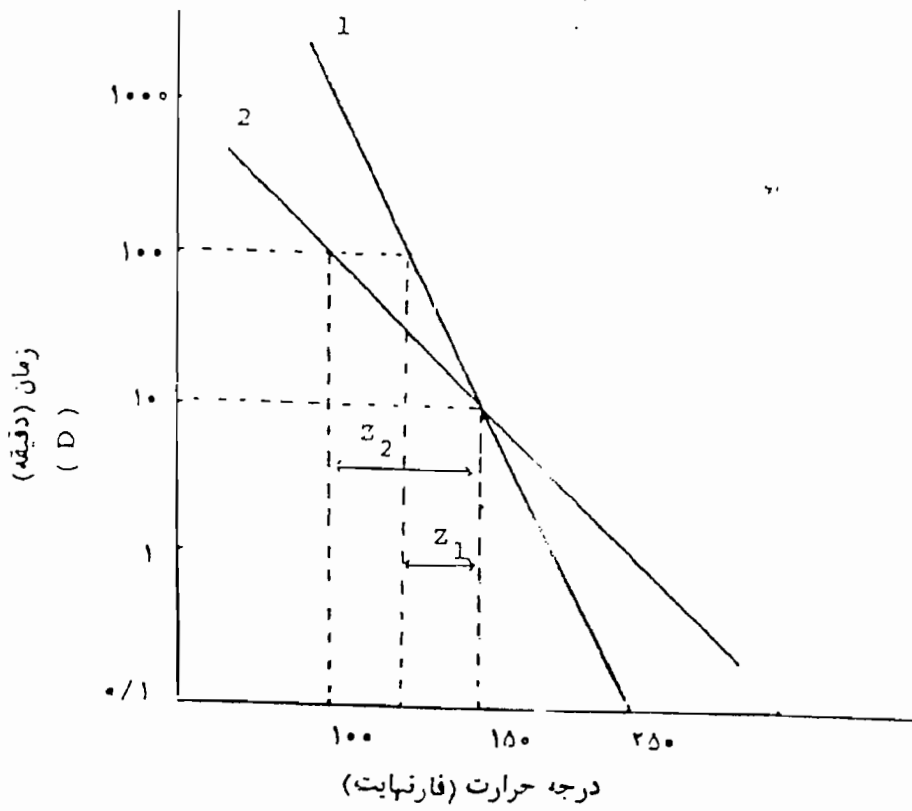
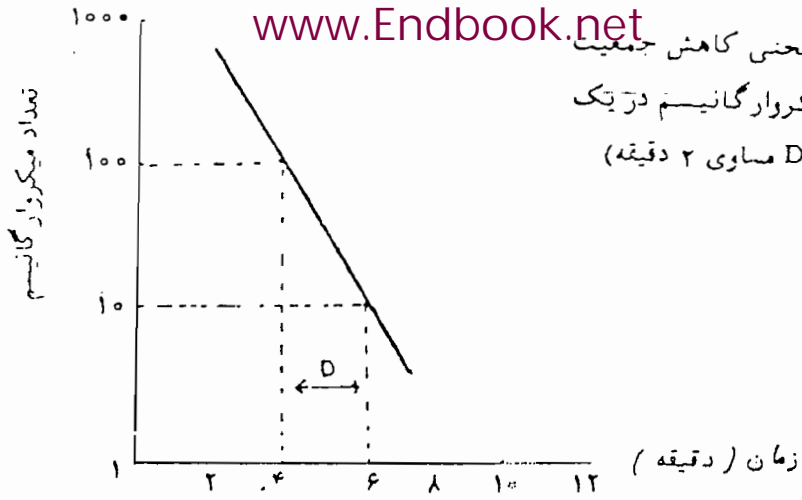
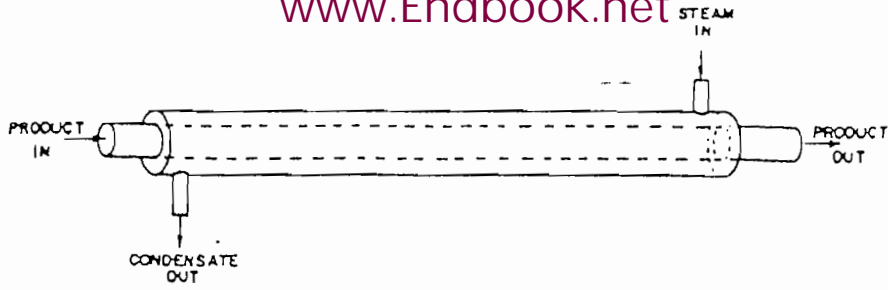


Fig. 10.2 — Tunnel pasteuriser. (After Chiozzotto (1984)).

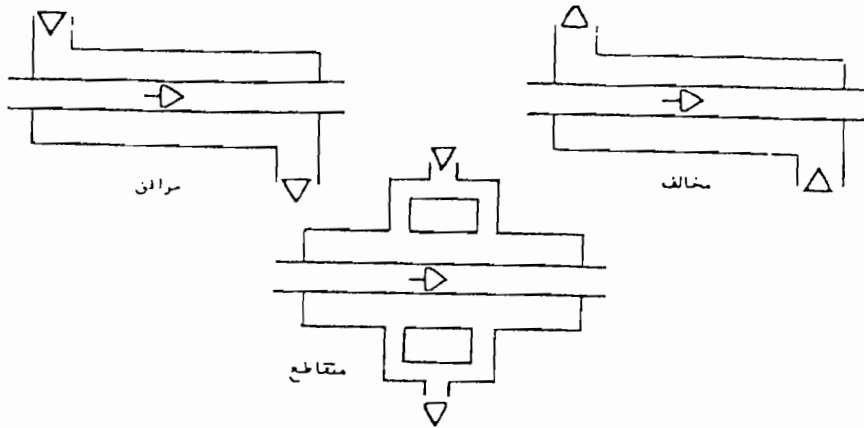
شکل ۳-۱. منحنی کاهش جمعیت  
یک نوع میکروارگانیسم در یک  
دمای معین ( D مساوی ۲ دقیقه)



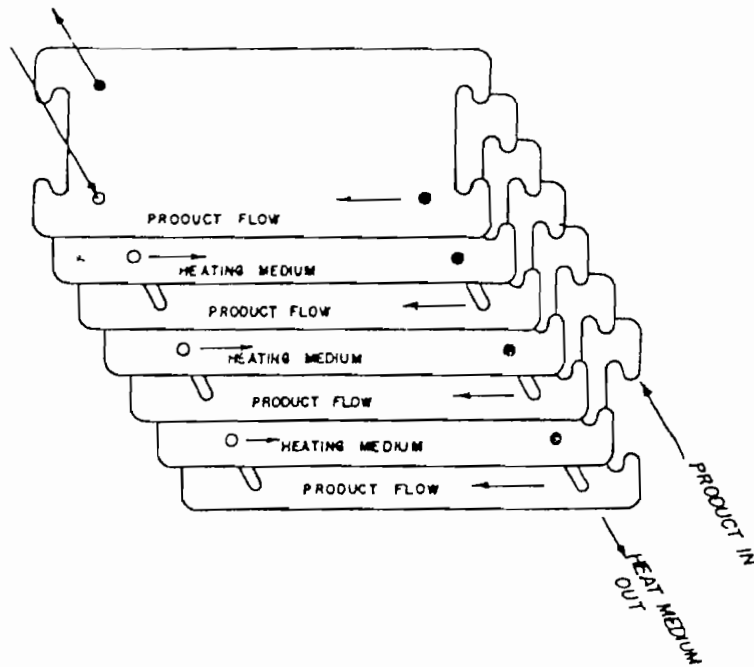
شکل ۳-۲. منحنی TDT برای دو نوع میکروارگانیسم



شکل (۳-۹) - شمای کلی مبدل حرارتی لوله‌ای.

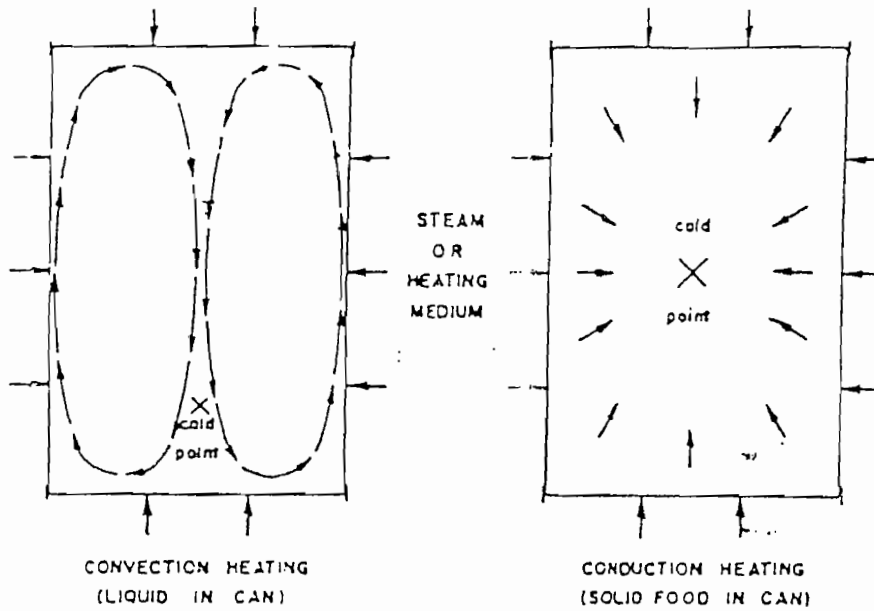


شکل ۴۲ - جهت جریان سیالات در دستگاههای تبادل حرارت لوله‌ای



شکل (۳-۱۰) - شمای کلی از یک مبدل حرارتی صفحه‌ای.

HEATING FOOD IN A CAN

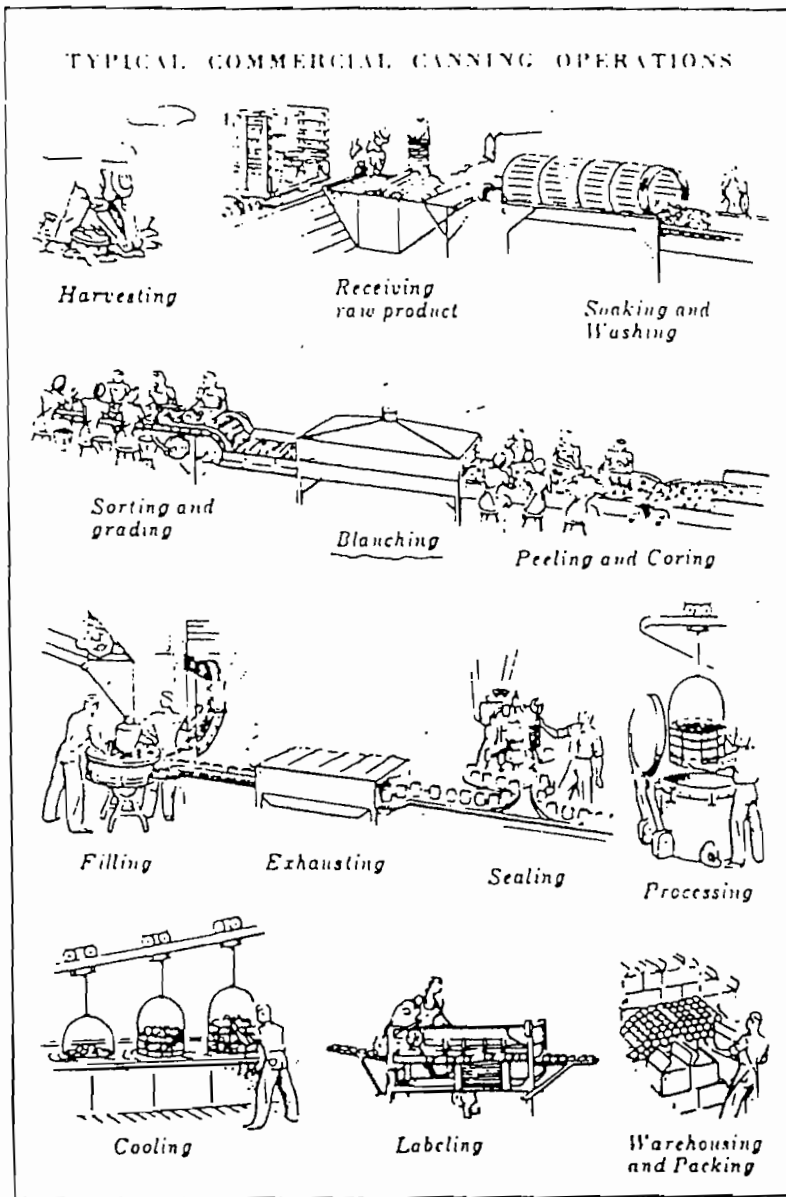


نقطه سرد در انواع مختلف انتقال حرارت

TABLE 6-6. Thermal death times of bacterial cells

Bacterium	Time, min	Temperature, C
<i>Gonococcus</i>	2-3	50
<i>Salmonella typhosa</i>	4.3	60
<i>Staphylococcus aureus</i>	18.8	60
<i>Escherichia coli</i>	20-30	57.3
<i>Streptococcus thermophilus</i>	15	70-75
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	30	71

مرگ حرارتی سلولهای باکتریایی



مراحل مختلف عملیات کنسرو سازی

Canned product	pH Value		
	Average	Minimum	Maximum
Asparagus, green	5.5	5.4	5.6
Asparagus, white	5.5	5.4	5.7
Beans, baked	5.9	5.6	5.9
Beans, green	5.4	5.2	5.7
Beans, lima	6.2	6.0	6.3
Beans and pork	5.6	5.0	6.0
Beans, wax	5.3	5.2	5.5
Beets	5.4	5.0	5.8
Carrots	5.2	5.0	5.4
Corn, whole grain, brine packed	6.3	6.1	6.8
Corn, cream style	6.1	5.9	6.3
Figs	5.0	5.0	5.0
Mushrooms	5.8	5.8	5.9
Olives, ripe	6.9	5.9	8.0
Peas, Alaska	6.2	6.0	6.3
Peas, sweet wrinkled	6.2	5.9	6.5
Potatoes, sweet	5.2	5.1	5.4
Potatoes, white	5.5	5.4	5.6
Pumpkin	5.1	4.8	5.2
Spinach	5.4	5.1	5.9

کنسروهای کم اسید (PH بالاتر از ۴/۵)

Vegetable	Blanching time (min) in water at 212° F
Asparagus	
< 5/16 in. per butt	2
5/16-9/16 in. per butt	3
> 10/16 in. per butt	4
Beans, green and wax	
Small	1-1 $\frac{1}{2}$
Medium	2-3
Large	3-4
Beets	
Small, whole	3-5
Diced	3
Broccoli	2-3
Corn	2-3
Peas	1-1 $\frac{1}{2}$
Spinach	1 $\frac{1}{2}$

زمان بلانچینگ سبزیجات مختلف قبل از انجماد



Canned Foods with pH Values of Less than 4.5 (Acid Foods)<sup>a</sup>

Canned product	pH Value		
	Average	Minimum	Maximum
Apples	3.4	3.2	3.7
Applesauce	3.6	3.2	4.2
Apricots	3.9	3.4	4.4
Blackberries	3.5	3.1	4.0
Blueberries	3.4	3.3	3.5
Cherries, black	4.0	3.8	4.2
Cherries, red sour	3.5	3.3	3.8
Cherries, Royal Ann	3.8	3.6	4.0
Cranberry sauce	2.6	2.4	2.8
Grape juice	3.2	2.9	3.7
Grapefruit juice	3.2	2.8	3.4
Lemon juice	2.4	2.3	2.8
Loganberries	2.9	2.7	3.3
Orange juice	3.7	3.5	4.0
Peaches	3.8	3.6	4.0
Pears, Bartlett	4.1	3.6	4.4
Pickles, fresh cucumber	3.9	3.5	4.3
Pickles, sour dill	3.1	2.6	3.5
Pickels, sweet	2.7	2.5	3.0
Pineapple juice	3.5	3.4	3.5
Plums, Green Gage	3.8	3.6	4.0
Plums, Victoria	3.0	2.8	3.1
Prunes, fresh prune plums	3.7	2.5	4.2
Raspberries, black	3.7	3.2	4.1
Raspberries, red	3.1	2.8	3.5
Sauerkraut	3.5	3.4	3.7
Strawberries	3.4	3.0	3.9
Tomatoes	4.3	4.1	4.6
Tomato juice	4.3	4.0	4.4
Tomato puree	4.4	4.2	4.6

کنسروهای اسیدی با pH پائین تر از ۴/۵.

Temperature, C	Time to destroy all spores, min
100	1,200
105	600
110	190
115	70
120	19
125	7
130	3
135	1

اثر حرارت بر زمان مورد نیاز برای از بین رفتن اسپور باکتریهای فلت سور

Initial concentration of spores, nos/ml	Time required to kill spores, min
50,000	14
5,000	10
500	9
50	8

اثر جمعیت اولیه اسپورها بر زمان مورد نیاز برای از بین بردن آنها

Approximate temperature range for vigorous growth (°C)	Acidity of food	
	Acid 3.7 < pH < 4.5	Low-acid pH > 4.5
Thermophilic (55°-35°)	<u>B. coagulans</u>	<u>C. thermosaccharolyticum</u> <u>C. nigrificans</u> <u>B. stearothermophilus</u>
Mesophilic (40°-10°)	<u>C. butyricum</u> <u>C. pasteurianum</u> <u>B. mascerans</u> <u>B. polymyxa</u>	<u>C. botulinum, A and B</u> <u>C. sporogenes</u> <u>B. licheniformis</u> <u>B. subtilis</u>
Psychrotrophic (35°-<5°)		<u>C. botulinum E</u>

مهمترین باکتریهای مولد اسپور در فساد کنسروها

TABLE 6-5. Effect of protective substances on heat resistance of bacteria

Substance	<i>S. lactis</i> , C	<i>E. coli</i> , C	<i>L. bulgaricus</i> , C
Cream	69-71	73	95
Whole milk	63-65	69	91
Skim milk	59-63	65	89
Whey	57-61	63	83
Broth	55-57	61	

اثر محافظتی ترکیبات مختلف مواد غذایی بر مقاومت حرارتی باکتریها

TABLE 6-4. Effect of pH on heat resistance of spores of *Bacillus subtilis*

pH	Time of survival, min
4.4	2
5.6	7
6.8	11
7.6	11
8.4	9

اثر pH بر مقاومت حرارتی اسپور باسیلوس سبیتیلیس

TABLE 6-7. Thermal death times of bacterial spores

Spores of	Time to kill at 100C, min
<i>Bacillus anthracis</i>	1.7
<i>Bacillus subtilis</i>	15-20
<i>Clostridium botulinum</i>	100-330
<i>Clostridium calidotolerans</i>	520
Flat sour bacteria	Over 1,030

مرگ حرارتی اسپورهای باکتریایی

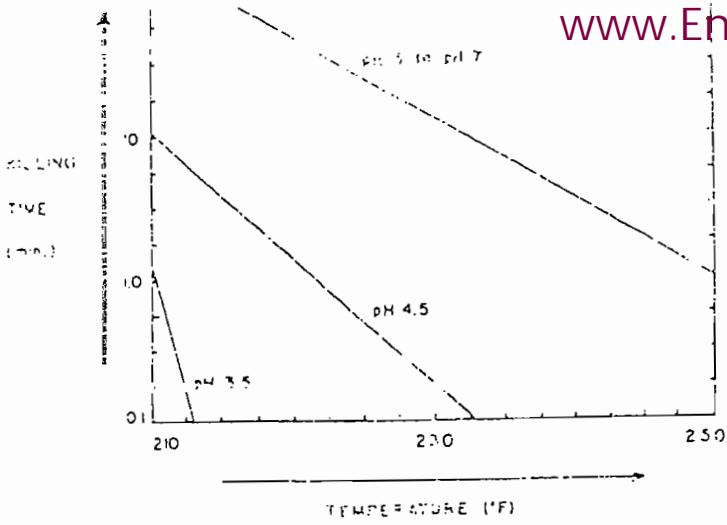


Figure 12.7. Influence of pH of heating medium on heat resistance of spores. The more acidic the substrate, the less heat-resistant the spore suspensions. Courtesy of Desrosier and Desrosier (1977).

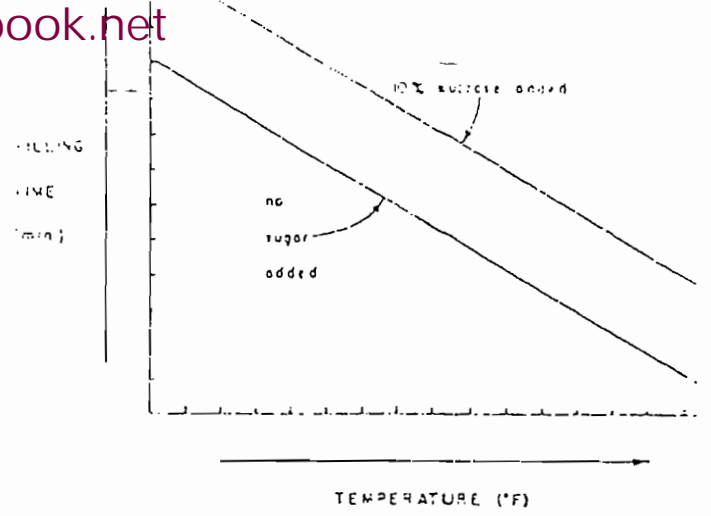


Figure 12.8. Influence of sugar on the heat resistance of bacteria spores. High concentrations of sugar protect spores. Courtesy of Desrosier and Desrosier (1977).

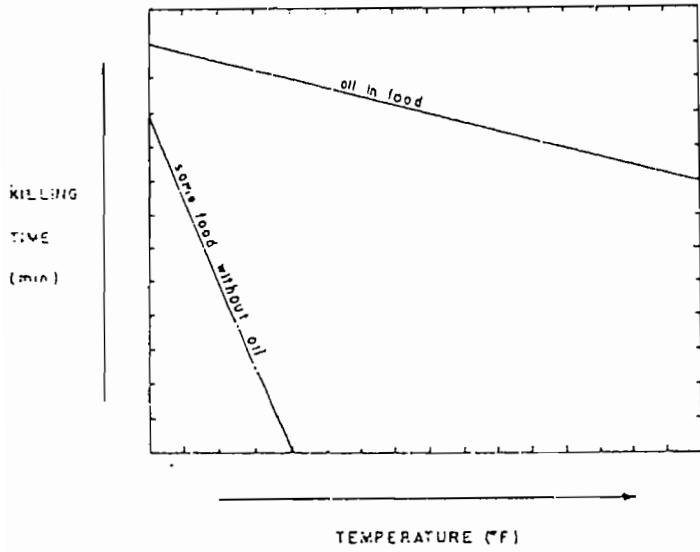


Figure 12.9. Influence of oil on heat resistance of yeasts. (Organisms trapped in oil phase are killed by dry heat and have much heat resistance in comparison with organisms in water phase. Courtesy of Desrosier and Desrosier (1977).

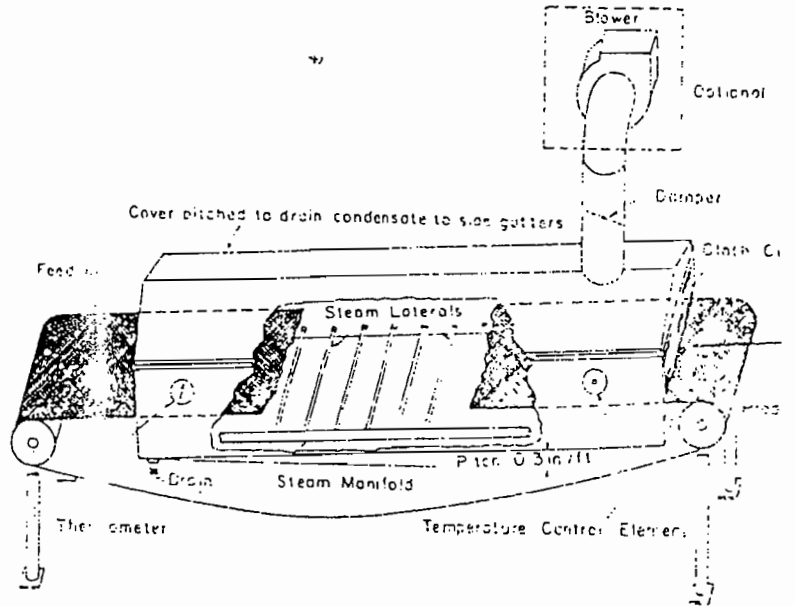


Figure 12.3. Controlled-temperature steam blancher. Courtesy of Tressler, Van Arsdale, and Copley (1968).

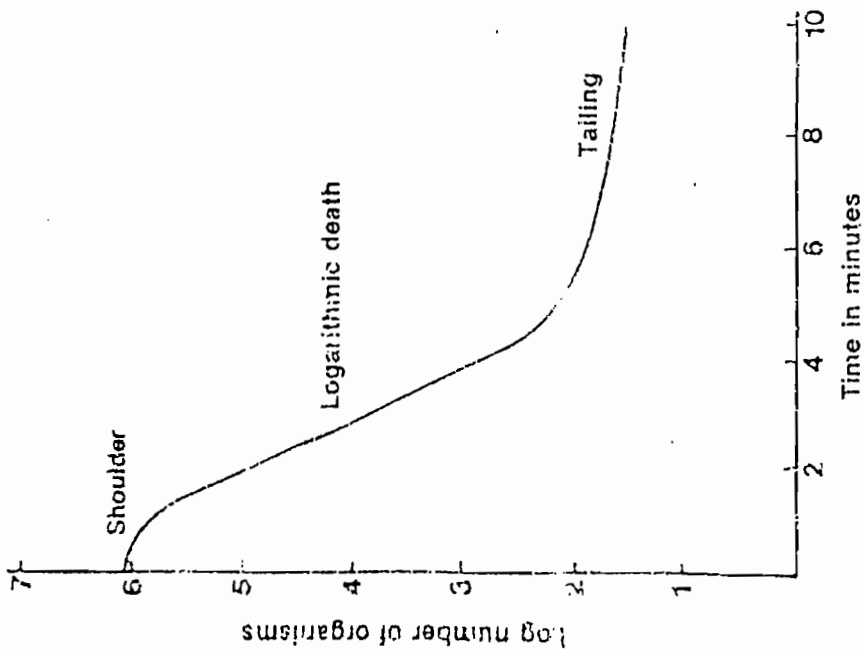


Figure 12.0. Survival curve showing a shoulder and tailing.

### THERMOPHILES OF IMPORTANCE TO THE FOOD INDUSTRIES

Name	Economic Importance	Growth Temperatures		Oxygen Requirements	
		Heat-Resistant Spores	Optimum (°C)		Range (°C)
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Grow during pasteurization of milk; ripening agent in Swiss cheese	None	48	25-60	Facultative
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Bulgarius milk; lactic acid manufacture	None	49	25-60	Facultative
<i>Lactobacillus thermophilus</i>	Grow during pasteurization of milk	None	55	30-65	Facultative
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Acidification of brewery mash; lactic acid manufacture	None	45	21-60	Facultative
<i>Bacillus caldolactis</i>	Coagulates milk held at high temperatures	Yes	55-65	45-75	Facultative
<i>Bacillus thermoacidurans</i>	Flat sour spoilage of tomato juice	Yes	45	26-60	Facultative
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	Flat sour spoilage of canned foods	Yes	50	45-76	Facultative
<i>Clostridium thermo-saccharolyticum</i>	Hard swells of canned foods	Yes	55-61	43-71	Anaerobic
<i>Clostridium nigrificans</i>	Sulfide-stinkers of canned foods	Yes	55	26-70	Anaerobic

میکروبهای ترموفیل مهم در صنایع غذایی

TABLE 6.2  
COMMON SPOILAGE ORGANISMS OF FOODS

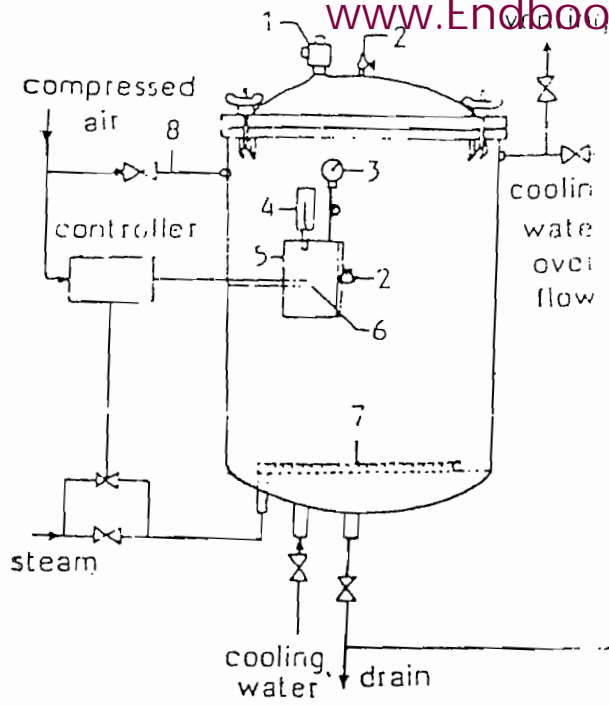
Food	Organisms Commonly Found in Spoiled Food
Milk and milk products	Streptococci, Lactobacilli, Microbacterium, Achromobacter, Pseudomonas and Flavobacterium, Bacilli
Fresh meat	Achromobacter, Pseudomonas and Flavobacterium, Micrococci, Cladosporium, Thamnidium
Poultry	Achromobacter, Pseudomonas and Flavobacterium, Micrococci, Penicillium
Smoked cured meats	Micrococci, Lactobacilli, and Bacilli
Fish, shrimp	Achromobacter, Pseudomonas and Flavobacterium, Micrococci
Shellfish	Achromobacter, Pseudomonas and Flavobacterium, Micrococci
Eggs	Pseudomonas, Cladosporium, Penicillium, Sporotrichum
Vegetables	Penicillium, Rhizopus, Lactobacilli, Achromobacter, Pseudomonas and Flavobacterium
Fruits and juices	Saccharomyces, Torulopsis, Botrytis, Penicillium, Rhizopus, Acetobacter, Lactobacilli

میکروارگانیزم های عامل فساد مواد غذایی

CLASSIFICATION OF CANNED FOODS ON BASIS OF PROCESSING REQUIREMENTS

Acidity Classification	pH Value	Food Item	Food Groups	Spoilage Agents	Heat and Processing Requirements
Low acid	7.0	Lye hominy	Meat	Mesophilic spore-forming anaerobic bacteria	High temperature processing (115 ° to 121 °C)
		Ripe olives, crabmeat, eggs, oysters, milk, corn, duck, chicken, codfish, beef, sardines	Fish Milk Poultry		
		Corned beef, lima beans, peas, carrots, beets, asparagus, potatoes	Vegetables		
Medium acid	5.0	Figs, tomato soup	Soup	Thermophiles Naturally occurring enzymes in certain processes	Lower limit for growth of <i>C. botulinum</i>
	4.5	Ravioli, pimientos	Manufactured foods		
Acid	3.7	Potato salad	Fruits	Non-spore forming aciduric bacteria	Boiling water processing (100 °C)
		Tomatoes, pears, apricots, peaches, oranges			
		Sauerkraut			
High acid	3.0	Pineapple, apple, strawberry, grapefruit	High acid foods	Acidic spore-forming bacteria Natural occurring enzymes	
		Pickles			
		Relish			
		Jam-jelly			
		Cranberry juice			
Very acid foods	2.0	Lemon juice	High acid-high solids foods	Yeasts Molds	
		Lime juice			

طبقه بندی مواد غذایی بر اساس فرآیند حرارتی مورد نیاز



1. safety valve,
2. petcocks to maintain a steam bleed from retort during processing ;
3. pressure gauge ;
4. thermometer ;
5. sensing element for controller ;
6. thermo-box ;
7. steam spreader
8. air inlet for pressure cooling

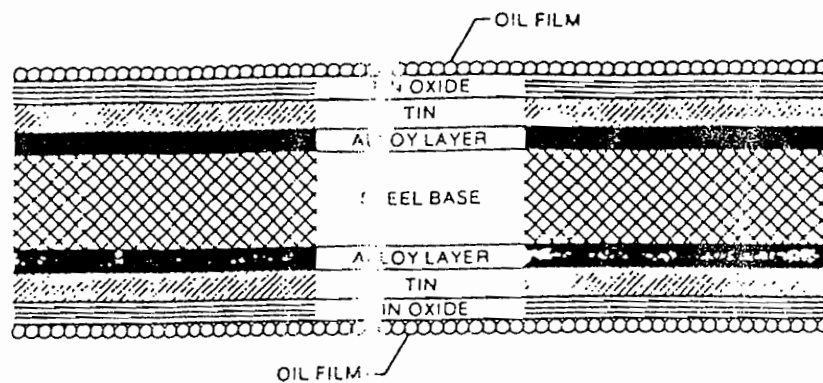
Fig. 9.1 A vertical batch retort equipped for cooling under air pressure

Table 3.2. Chemical Composition of the Steel Base for Tinplate

Grade	Element (max. %)									
	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	Other
Type L	0.13	0.60	0.015	0.05	0.010	0.06	0.04	0.06	0.05	0.02 each
Type MR	0.13	0.60	0.020	0.05	0.010	0.20	—	—	—	—
Type MC	0.13	0.70	0.15	0.05	0.010	0.20	—	—	—	—

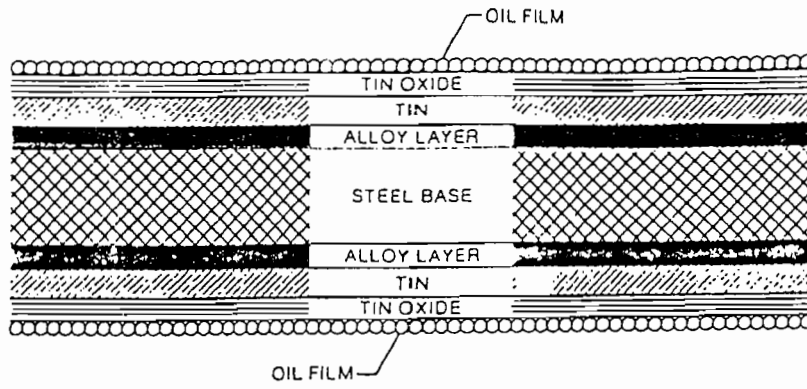
Source: Brick *et al.* (1961).

ترکیب شیمیایی استیل مزه استفاده در تهیه حلب ورق

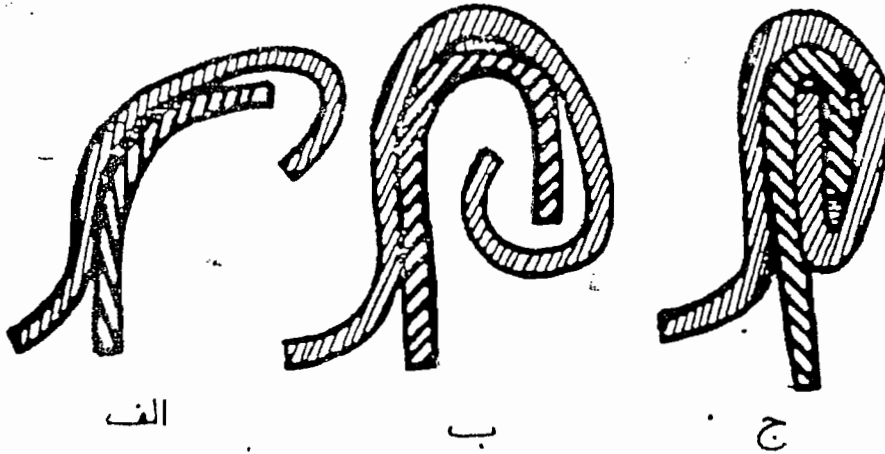


برش عرضی لایه های مختلف حلب ورق





برش عرضی لایه های مختلف حلب ورق



شکل ۲-الف : طرز قرار گرفتن لبه های درب و بدنه قوطی روی هم  
ب : شکل درز در انتهای عمل غلطکهای اولیه  
ج : شکل درز نهایی

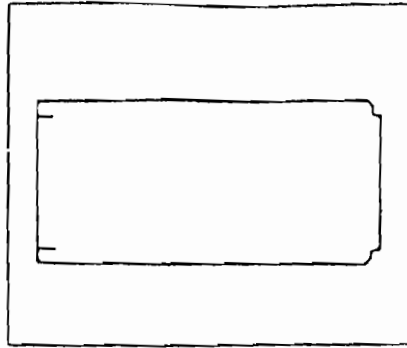


Illustration 1

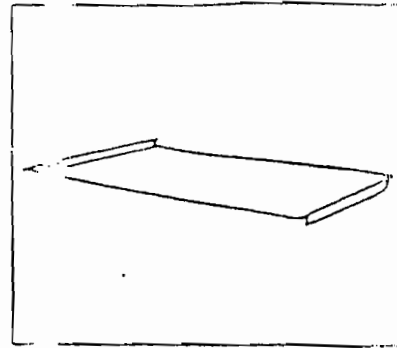


Illustration 2

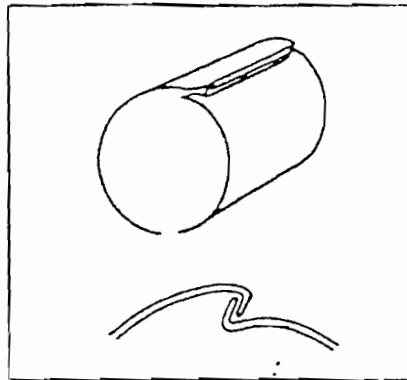


Illustration 3

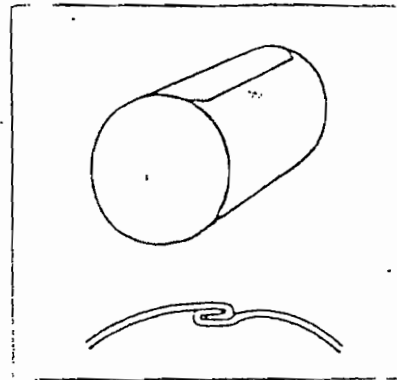


Illustration 4

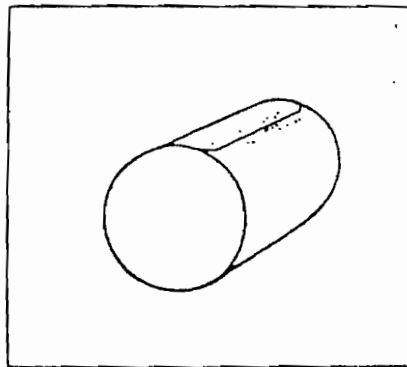


Illustration 5

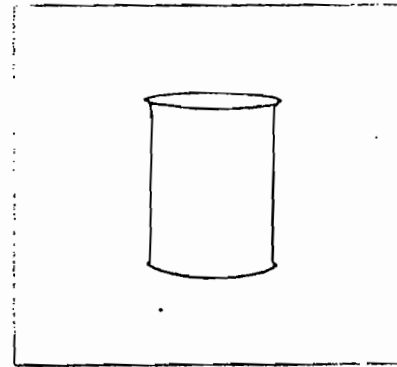
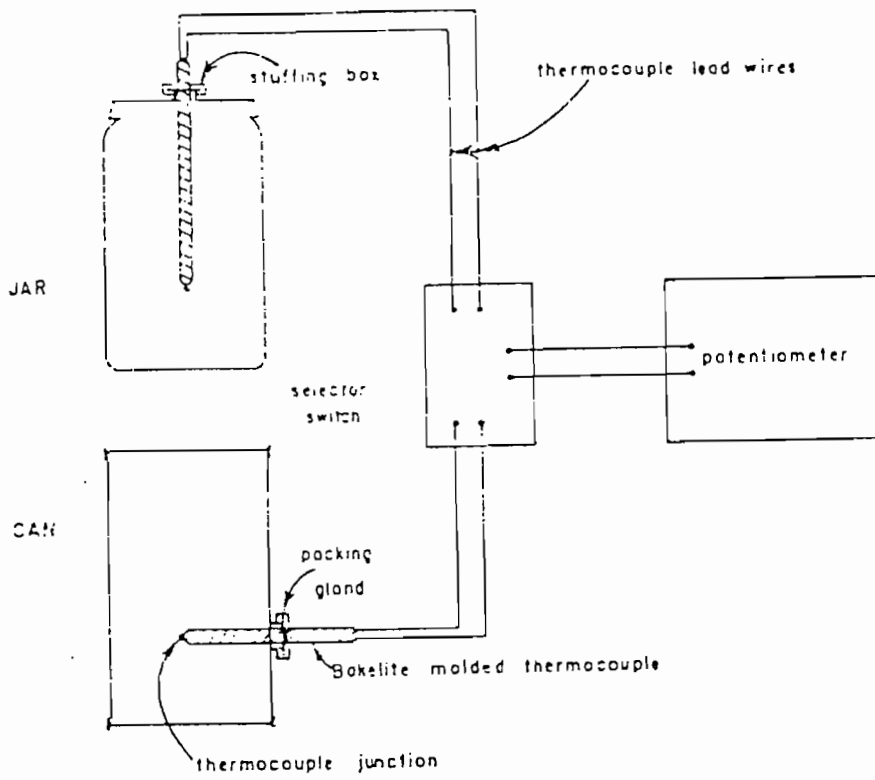


Illustration 6

مراحل مختلفه شکل گیری قوطی



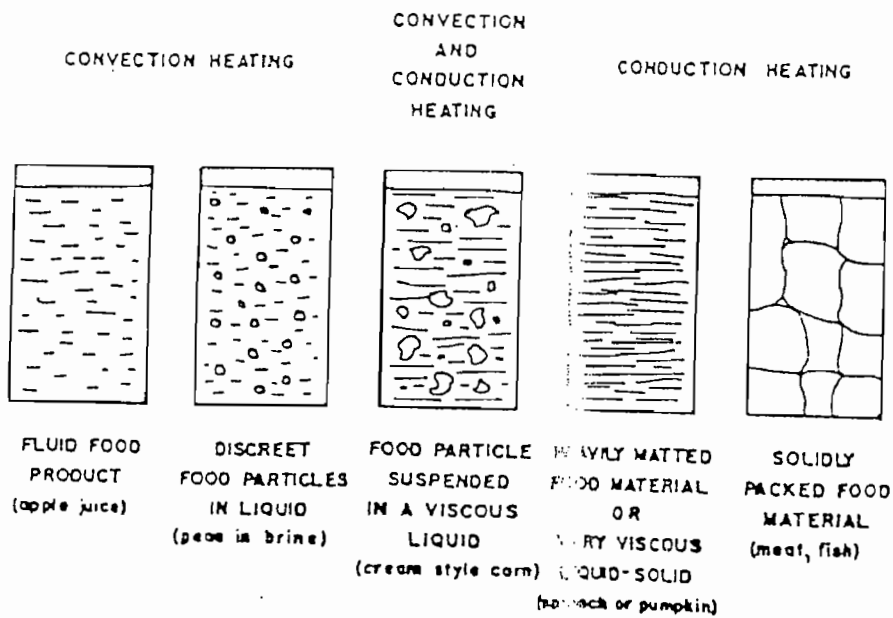
ترموکوپل و نحوه قرار گرفتن آن در قوطی یا شیشه

Table 3.2. Chemical Composition of the Steel Base for Tinplate

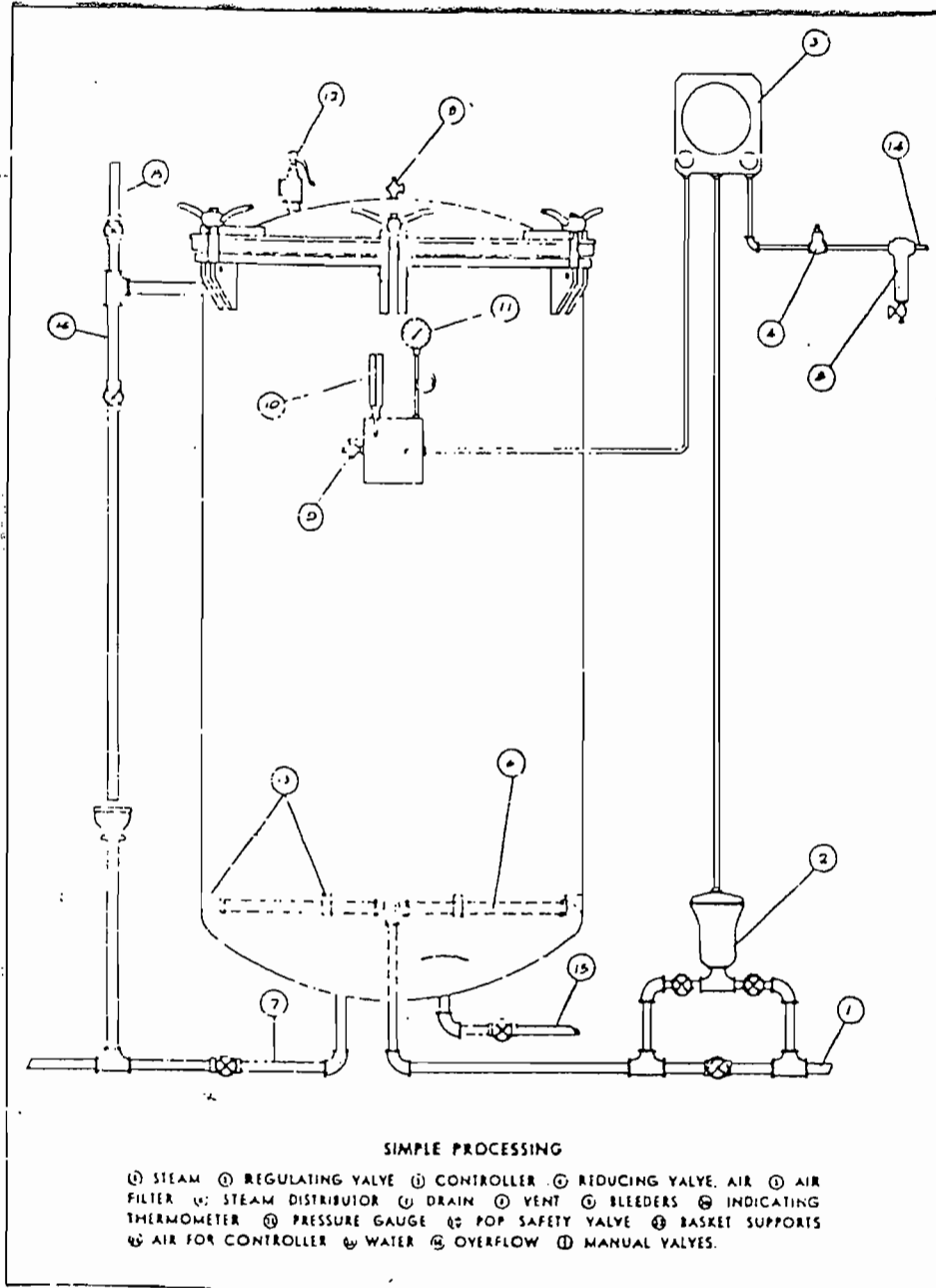
Grade	Element (max. %)									
	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	Other
Type L	0.13	0.60	0.015	0.05	0.010	0.06	0.04	0.05	0.05	0.02 each
Type MR	0.13	0.60	0.020	0.05	0.010	0.20	—	—	—	—
Type MC	0.13	0.70	0.15	0.05	0.010	0.20	—	—	—	—

Source: Back *et al.* (1961).

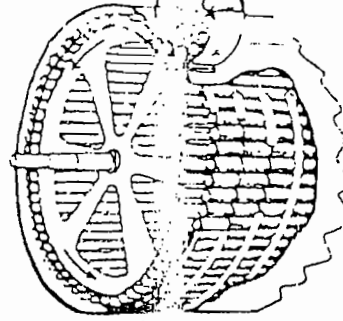
ترکیب شیمیایی استن مورد استفاده در تهیه حلب ورق



نحوه انتقال حرارت در مواد غذایی



شماي بيك اتوكلاو.



شکل ۲-۵. شمای اتو کلاو فشاری که در آن قوطیها در حین فرایند متحرک هسند

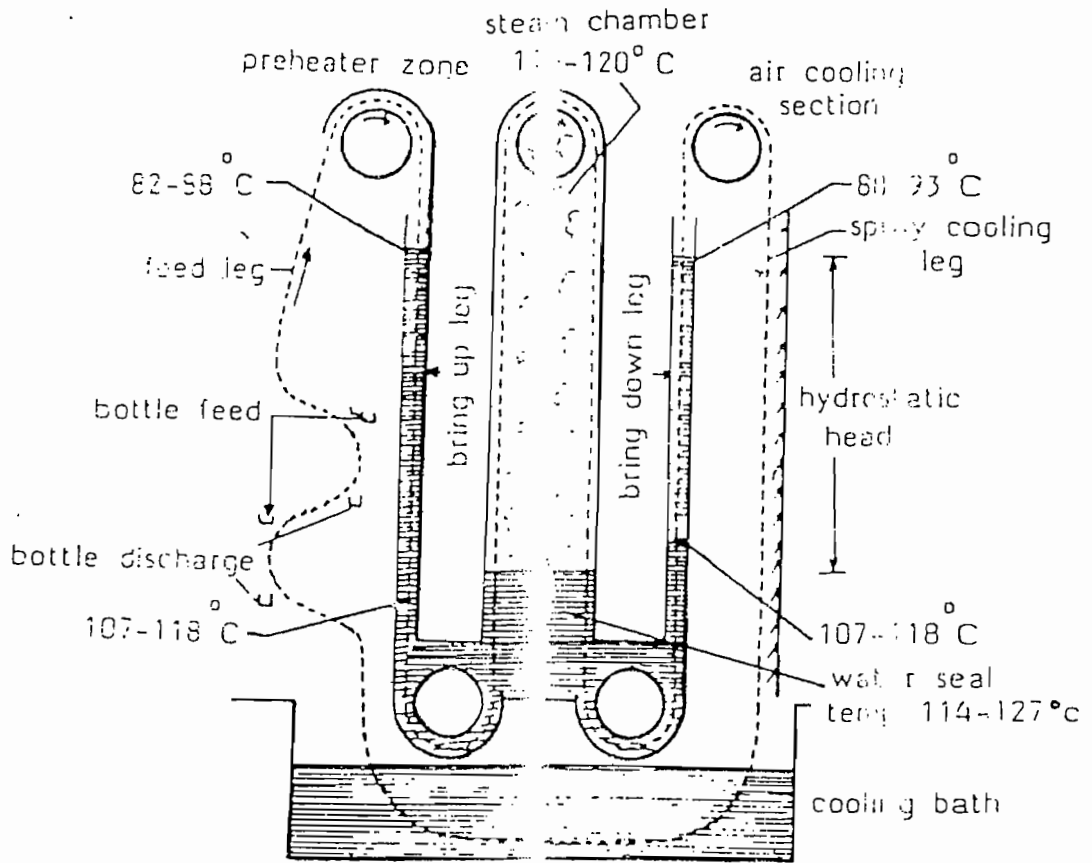
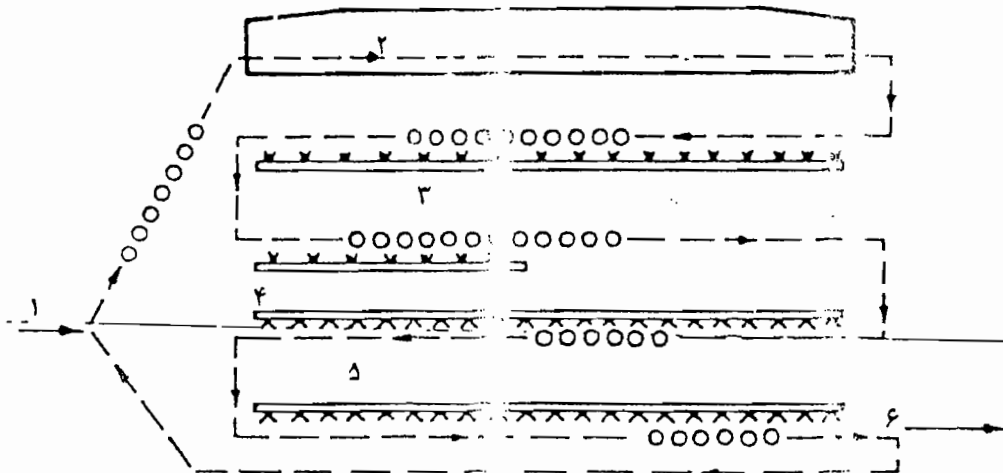


Fig. 9.A Hydrostatic sterilizer



شکل ۳-۸. شمای استریزه کننده شعله‌ای

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| ۱- ورود قوطی    | ۲- تونل بخار     |
| ۳- شعله گاز     | ۴- افشانه‌های آب |
| ۵- قسمت نگهداری | ۶- خروج قوطی     |

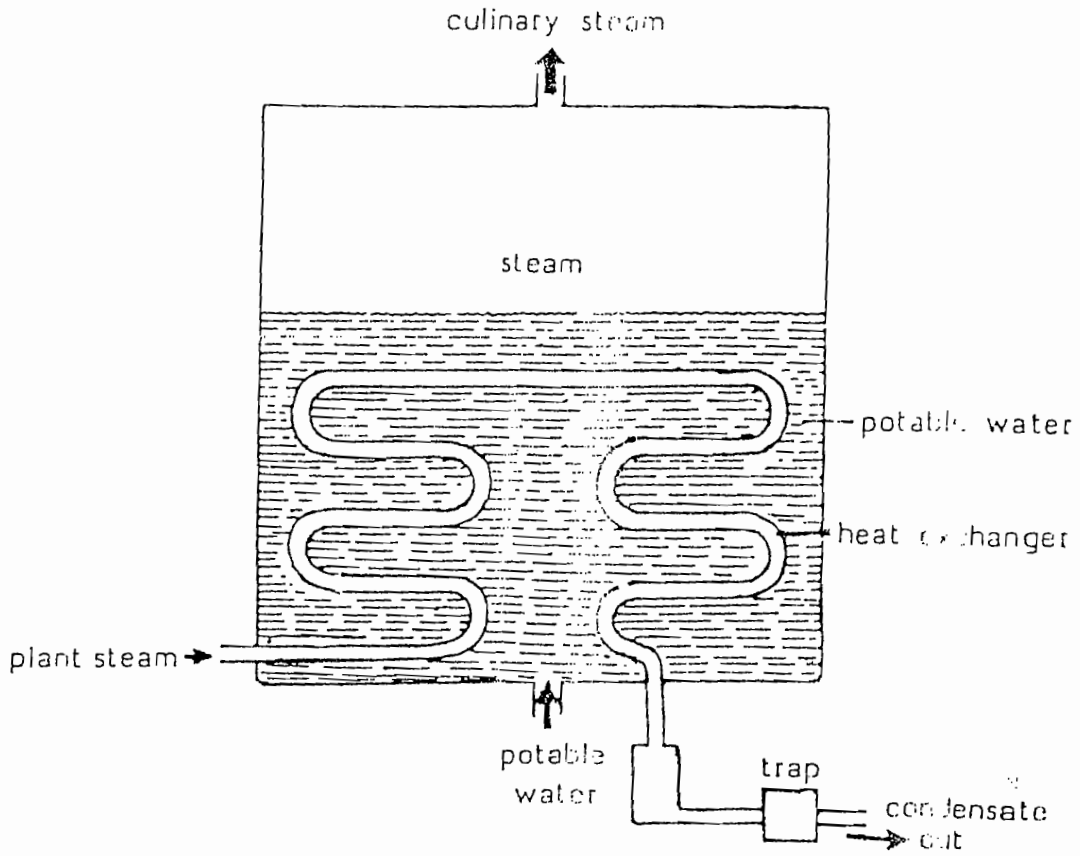


Fig. 7.12 Culinary steam production

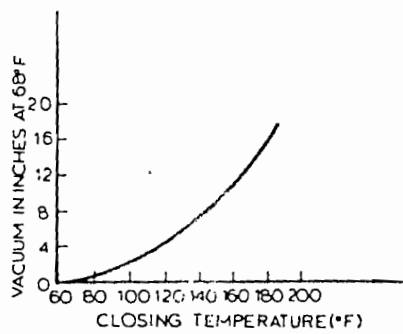
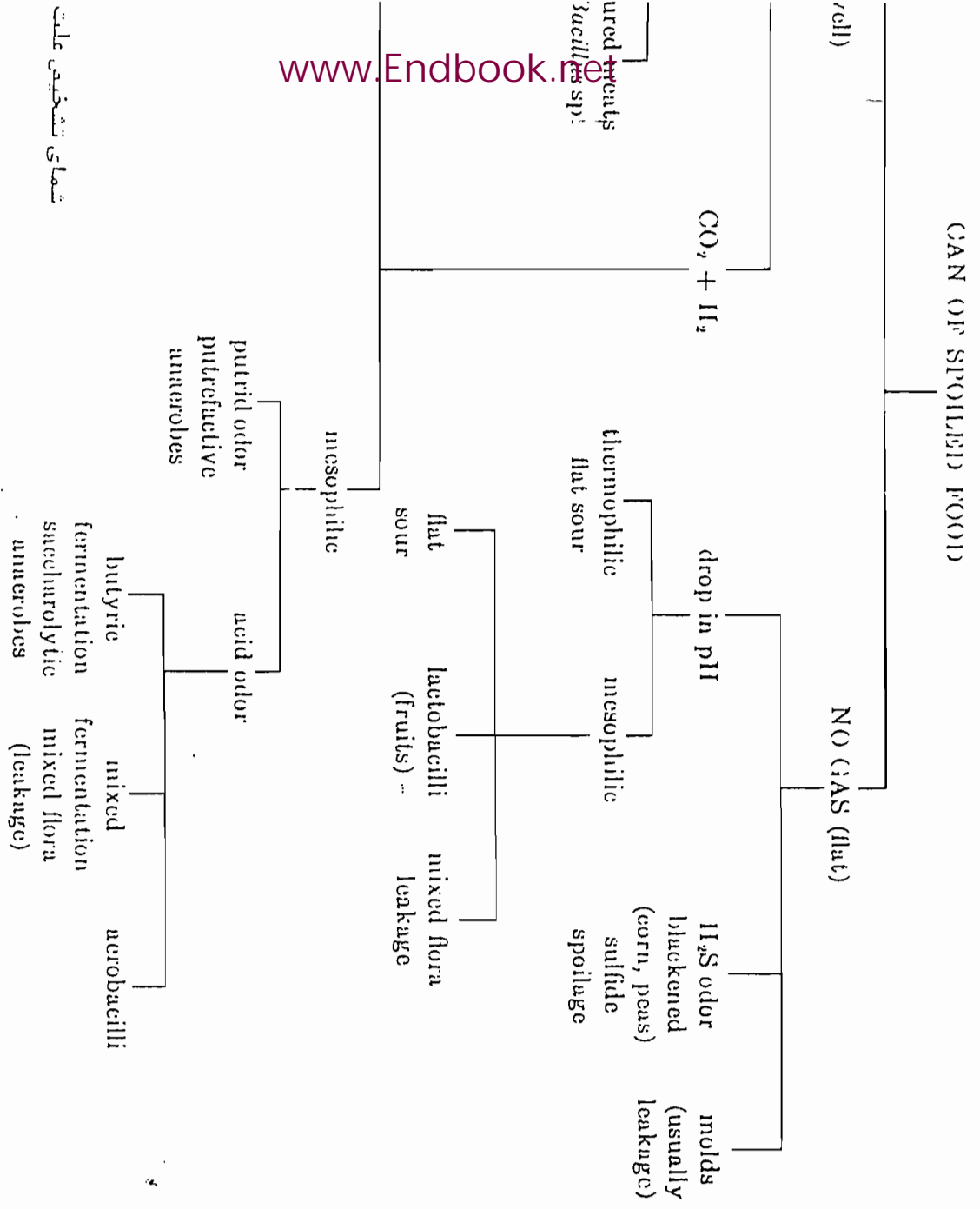


FIG. 3-1. Relation of can vacuum to closing temperature. Reprinted from Ref. [45], p. 5, by courtesy of Continental Can Company.



www.Endbook.net

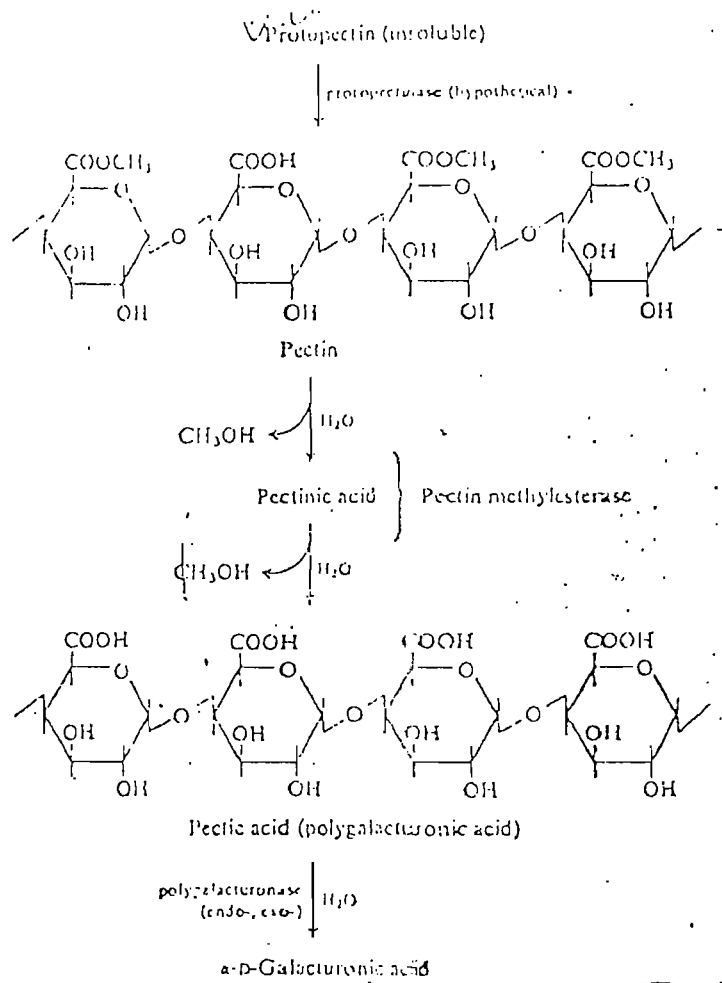


Fig. 7.8 Scraped surface heat exchanger

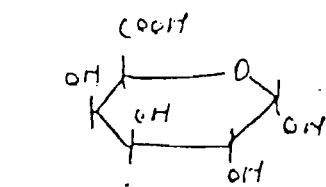
شمای تشخیص علت

۱۱

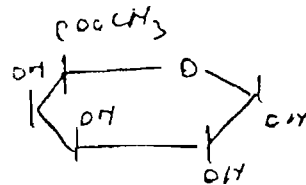




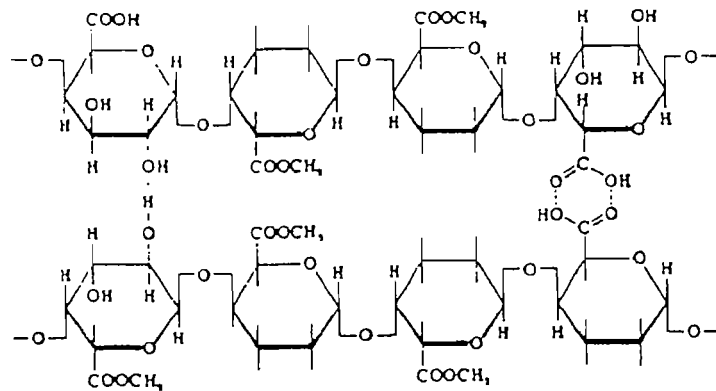
انواع مختلف ترکیبات پکتینی و حلالت آنها



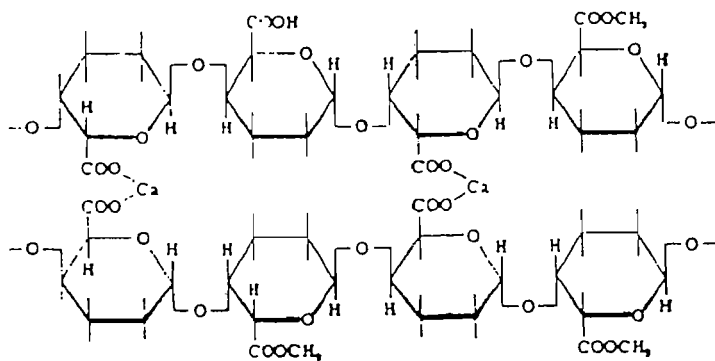
$\alpha$ -D-گالاکتوز



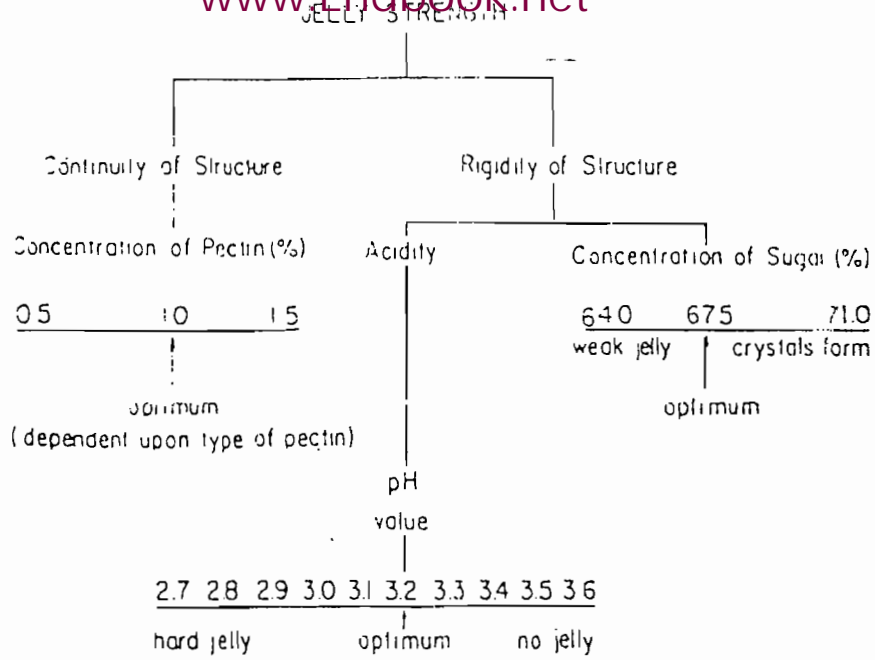
$\beta$ -D-گالاکتوز



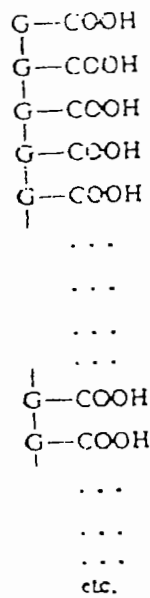
نحوه تشکیل ژل در پکتین های با متوکسیل زیاد



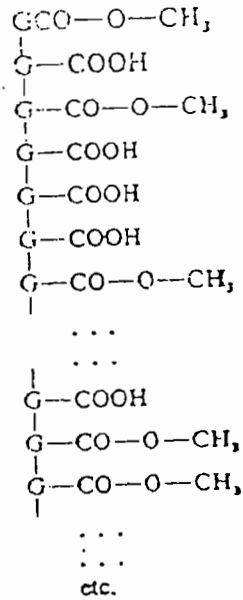
نحوه تشکیل ژل در پکتین های با متوکسیل کم ( بدون شکر )



عوامل موثر در قوام ژل



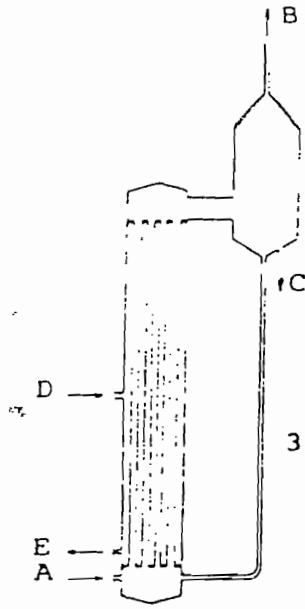
اسید پکتینیک



اسید پکتینیک

( پکتین )

- Belitz, H. D. and Grosch, W. (1987) *Food Chemistry*, Springer Vorlag, New York
- Blandford, F. (1971) *About Food Preservation and Refrigeration: its relation to health*, Thorsons Publishers, London
- Desrosier, N. W. and J. N. Desrosier (1977) *The Technology of Food Preservation*, AVI, New York
- Erickson, M. C. and Hung, Y. C. (1997) *Quality in Frozen Food*, Chapman & Hall, New York
- Fellows, P. J. (1990) *Food Processing Technology*, Ellis Horwood, London
- Fraizier, W. C. and Westhoff, D. C. (1988) *Food Microbiology*, McGraw Hill, New York
- Gould, G. W. (1995) *New Methods of Food Preservation* (Ed), Chapman & Hall, London
- Gupta, G. and Narang, V. K. (1999) *Agro Based and Processed Food Technology Hand Book*, SIRI, India
- Hayes, P. R. (1992) *Food Microbiology and Hygiene*, 2nd ed., Elsevier Applied Science Publishers, London
- ICMSF (1980) *Microbial Ecology of Foods, Vol. 1 - Factors Affecting life and Death of Microorganisms* (Eds), Academic Press, London
- Loesecke, H. W. V. (1999) *Drying and Dehydration of Foods*, Allied Scientific Publishers, New Delhi
- Luh, B. S. and Woodroof, J. G. (1988) *Commercial Vegetable Processing*, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York
- Man, C. M. D. and Jones, A. A. (1994) *Shelflife Evaluation of Foods* (Ed), Chapman and Hall, London
- Nikerson, J. T. and Sinskey, A. J. (1972) *Microbiology of Food and Food Processing*, American Elsevier Publishers, New York
- Robinson, R. K. (1983) *The Vanishing Harvest- A Study of Food and It's Conservation*, Oxford university Press, Oxford
- Rose, A. H. (1983) *Economic Microbiology, Vol. 1 - Food Microbiology* (Ed), Academic Press, London
- Russel, N. J. and Gould, G. W. (1991) *Food Preservatives*; Blackie, London
- Seow, C. C. (1988) *Food Preservation by Moisture Control*, (Ed) Elsevier Applied Science



1. Circulation evaporator. A: product; B: vapour; C: concentrate; D: boiler steam; E: condensate; 1: calandria; 2: separator; 3: recirculation tube.

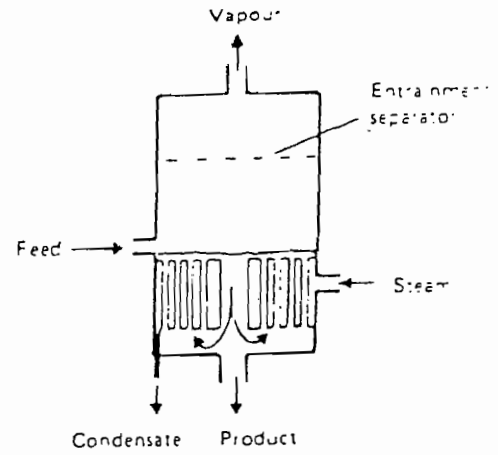
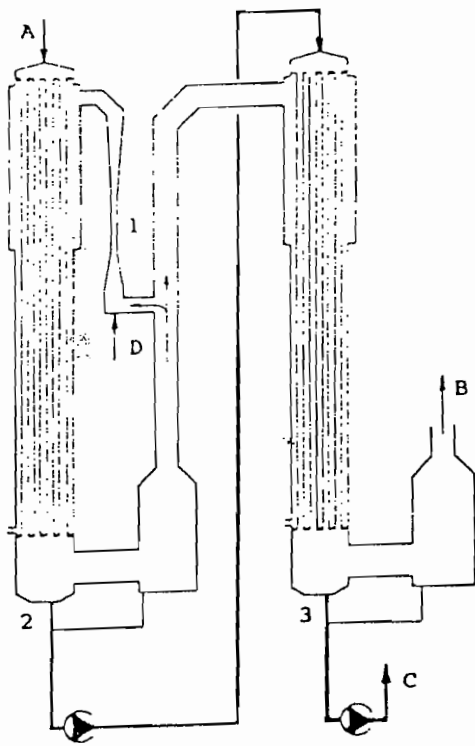


Fig. 12.5 — Vertical short-tube evaporator. (After Karel (1975))



2. TVR falling film evaporator. A: product-inlet; B: vapour; C: concentrate; D: boiler steam; 1: thermocompressor; 2: first effect; 3: second effect.

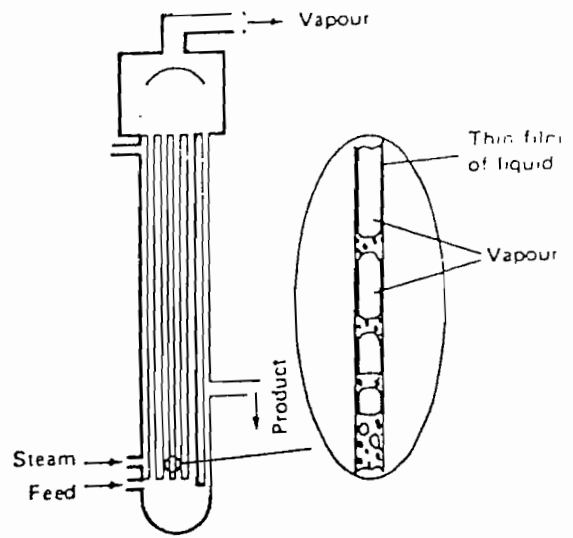
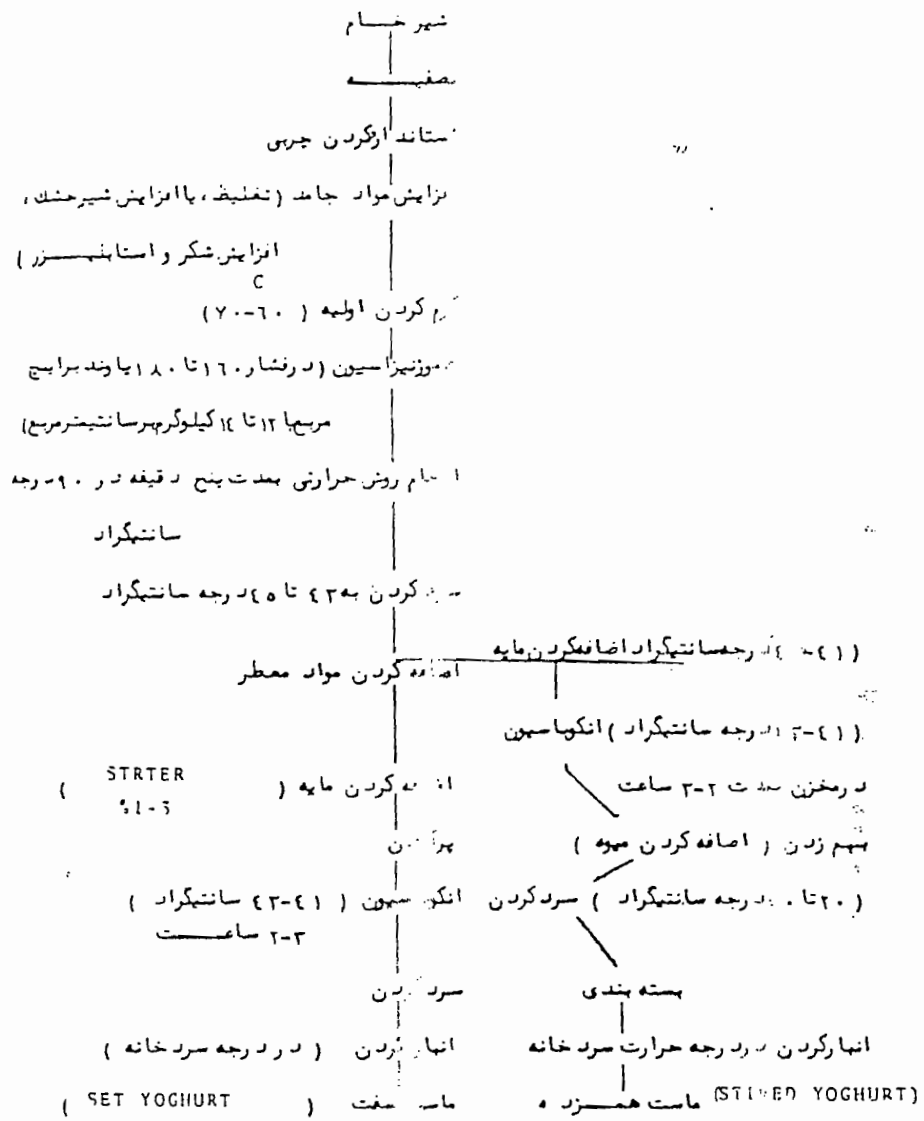
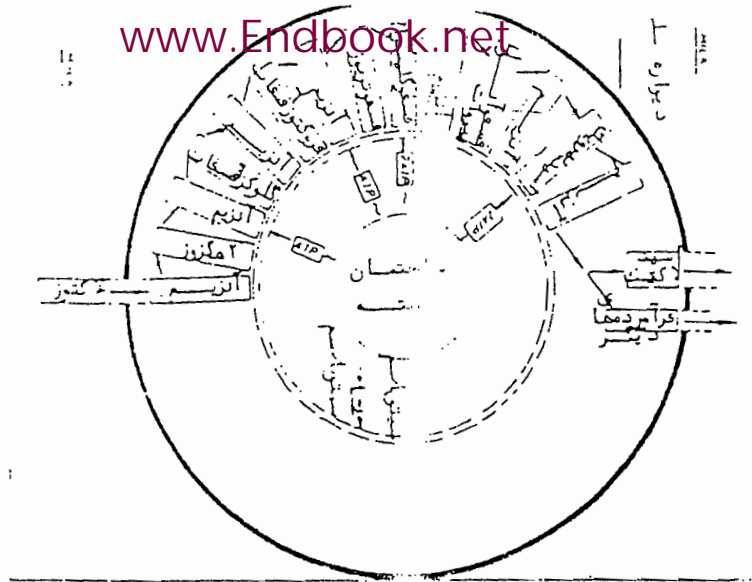
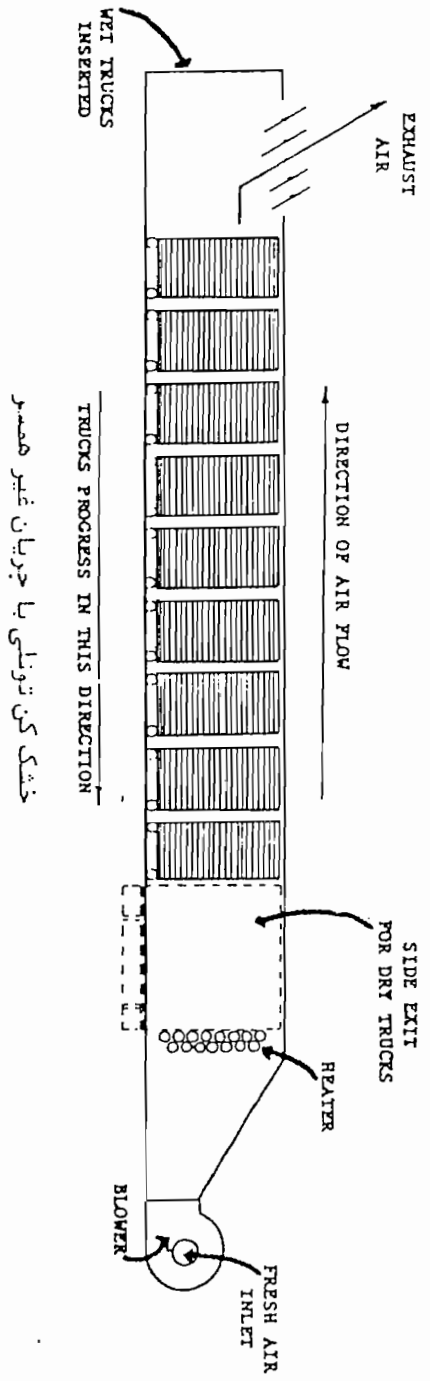
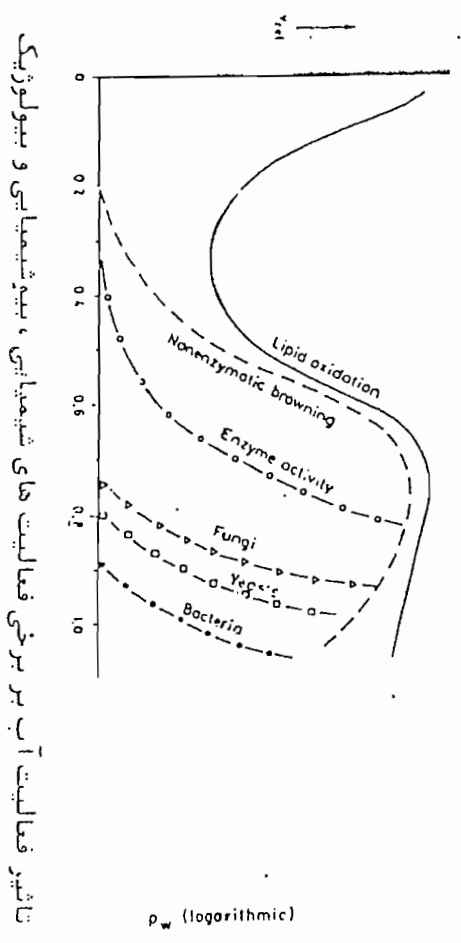


Fig. 12.6 — Climbing-film evaporator.

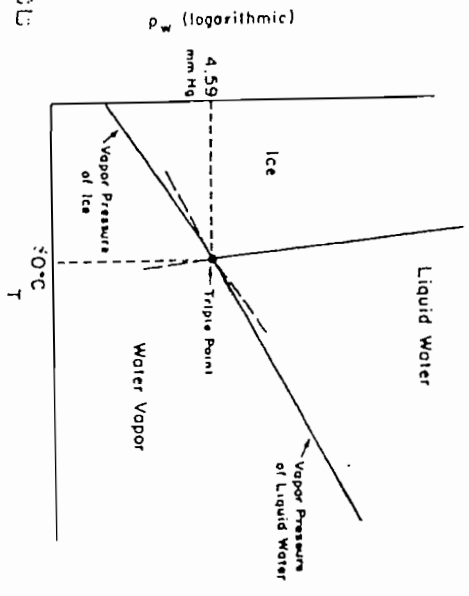




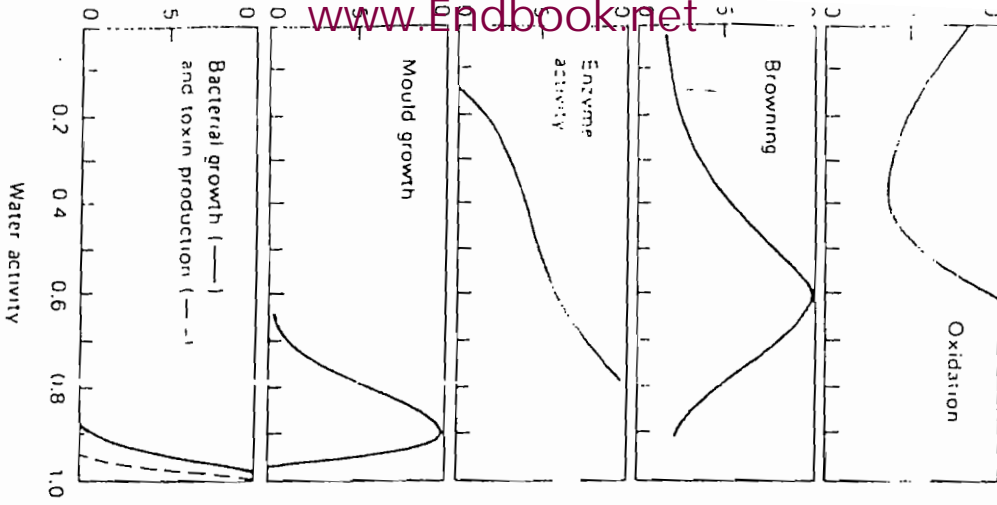
خشک کن تونلی با جریان غیر همسر



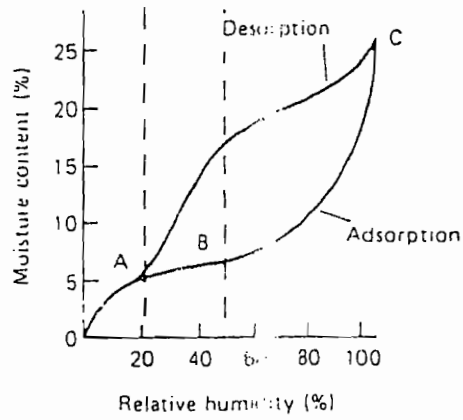
تاثير فعاليت آب بر برخي فعاليت هاي شيميايي ، بيوشيميايي و بيولوژيک



نياگرام فازها



تأثیر فعالیت آب بر برخی فعالیت های شیمیایی، بیوشیمیایی و بیولوژیکی

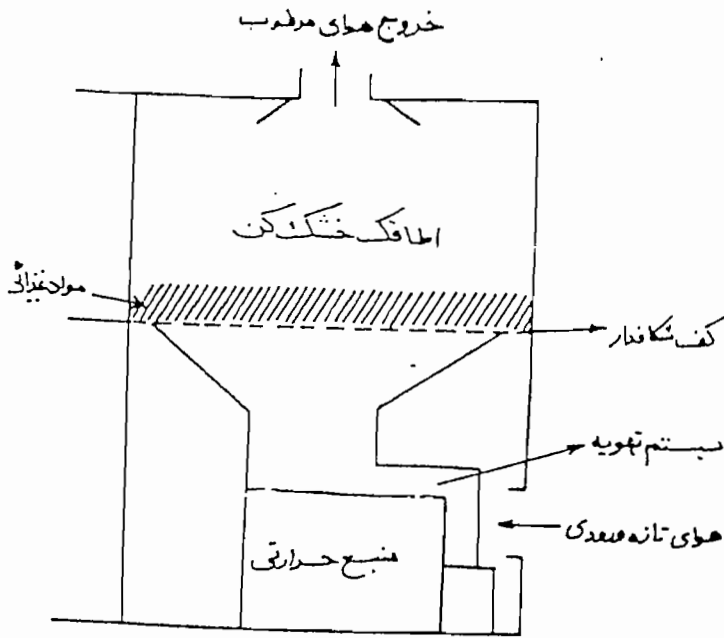


ایزوترم جذب آب

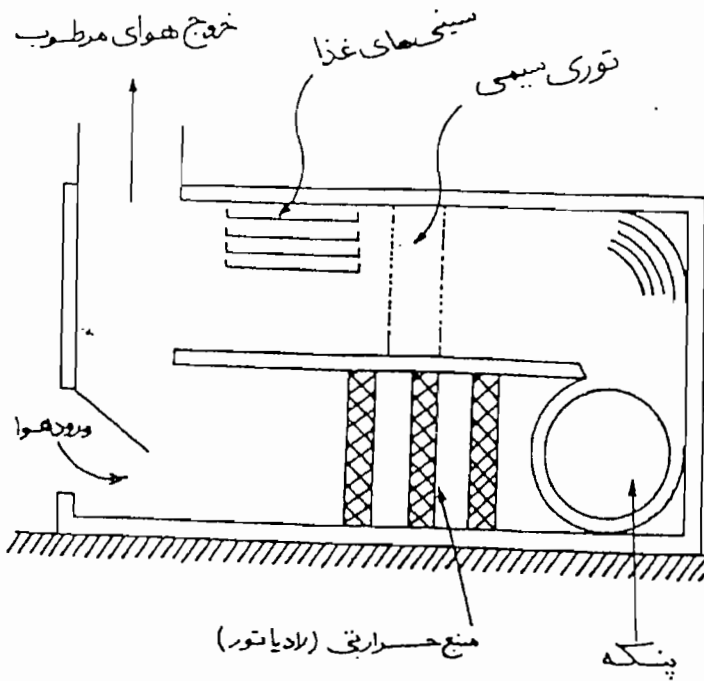


ساختمان متخلخل مواد غذایی که با روش فریزدزایننگ خشک شده اند

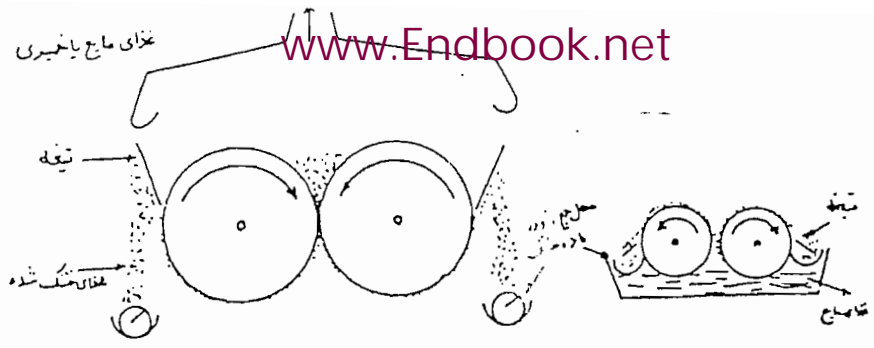




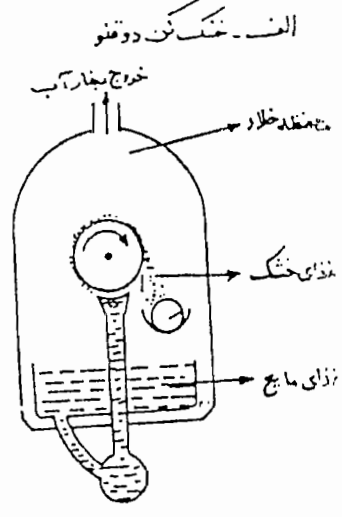
شکل ۳۵ - شامی از خشک کن گیلن ( مأخذ شماره ۱ )



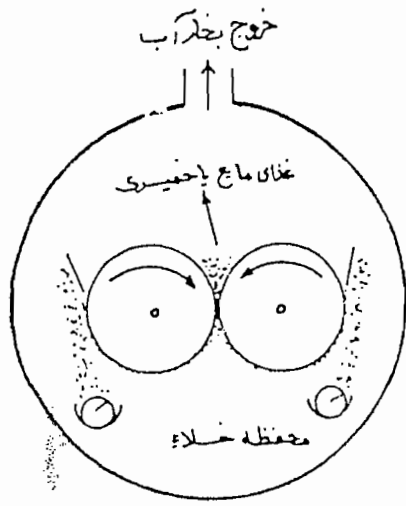
شکل ۳۶ - شامی از یک خشک کن گابینی ( مأخذ شماره ۴ )



ب - خشک کن رونشکنی



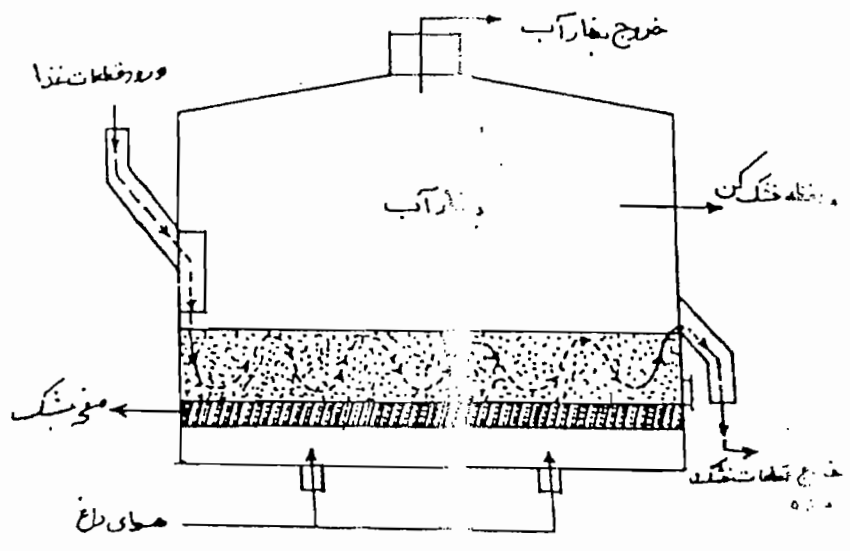
الف - خشک کن دو قلو



ج - خشک کن دو غلطکی خللانی

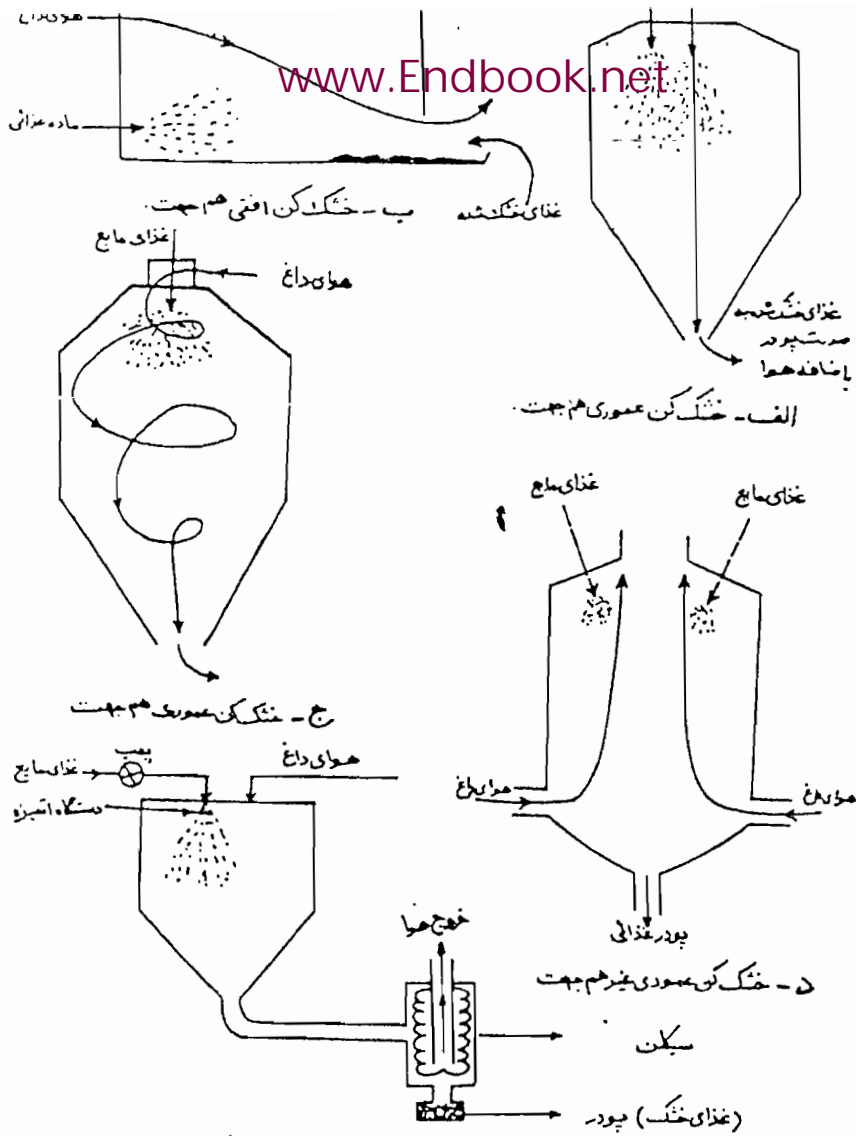
د - خشک کن یک غلطکی خللانی

شکل ۴۲ - شهابانی از چند نمونه خشک کن غلطکی ( مأخذ شماره ۸ )



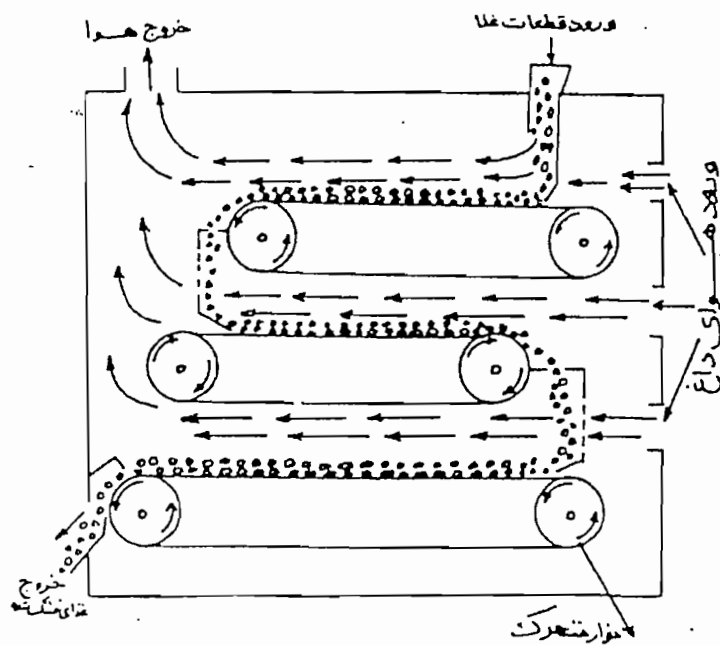
شکل ۲۵ - شمائی از خشک کن فلونیدی ( مأخذ شماره ۸ )

۴۱



هـ - خشک کن عمودی بادشام جداکننده بود و هوای مدورب .

شکل ۲۳ - شاشی از انواع مختلف خشک کن پاشنده ( ماخذ شماره ۴ و ۱۵ )



شکل ۴۰ - شاشی از یک خشک کن نواری مداوم ( ماخذ شماره ۱ )

مقایسه روشهای معمول خشکانیدن با فریزدرائینگ

Conventional Dehydration	Freeze-Dehydration
successful for easily dried foods such as fruits, seeds and vegetables	successful for most foods but usually limited to those not successfully dried by other methods
meat generally not satisfactory	successful on cooked and raw animal products
continuous processing	batch processing
temperatures between 37° and 93°C generally used	temperatures sufficiently low to prevent thawing used
usually at atmospheric pressure	pressures below 4 mm Hg used
drying time may be short, usually less than 12 hr	drying time generally between 12 and 24 hr
evaporation of water from food surface	moisture loss by sublimation from boundary of ever receding ice crystal zone
solid dried particle	porous dried particle
higher density than original food	lower density than original food
odor frequently abnormal	odor usually natural
color usually darker	color usually natural
slow rehydration, usually incomplete	rapid, complete rehydration possible
flavor may be abnormal	flavor generally natural
storage stability good, tendency to darken and become rancid	storage stability excellent
costs generally low, in the order of 2 to 7 cents a pound, water removed	costs generally high, in the order of four times more than conventional dehydration

Drier	Product
Drum drier	Milk, vegetable juices, cranberries, bananas
Vacuum shelf drier	Limited production of certain foods
Continuous vacuum drier	Fruits and vegetables
Continuous belt (atmospheric) drier	Vegetables
Fluidized-bed driers	Vegetables
Foam-mat driers	Juices
Freeze driers	Meats
Spray driers	Whole eggs, egg yolk, blood albumin and milk
Rotary driers	Some meat products, usually not used for food
Cabinet or compartment driers	Fruits and vegetables
Kiln driers	Apples, some vegetables
Tunnel driers	Fruits and vegetables

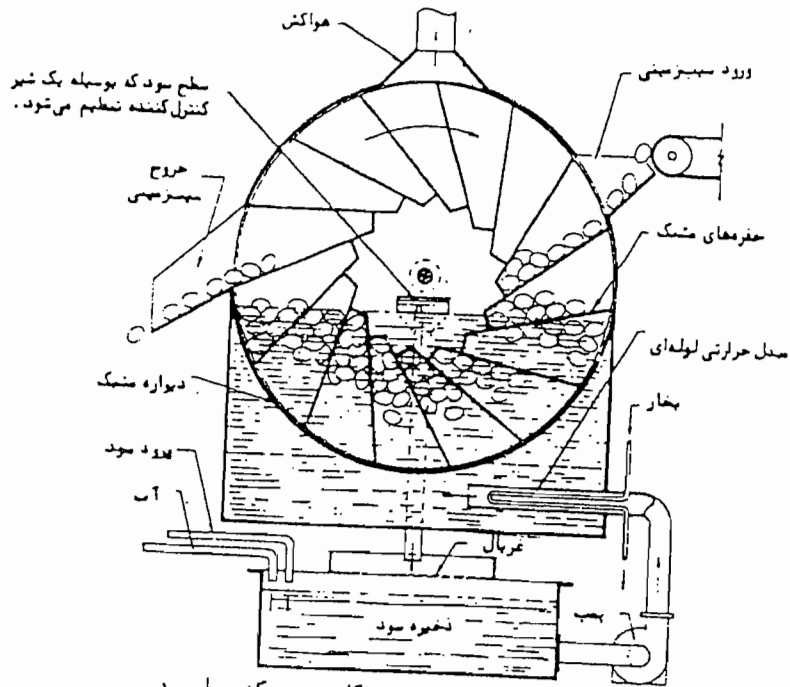
کاربرد انواع مختلف خشک کنها

۴۲

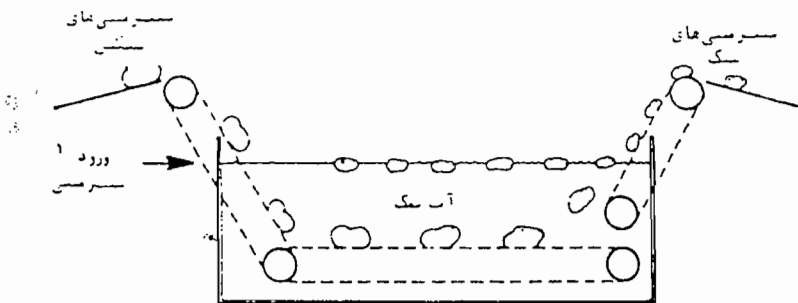


www.Alofefarmer.ir

+۹۱۹ ۱۸۱ ۲۸۱۲

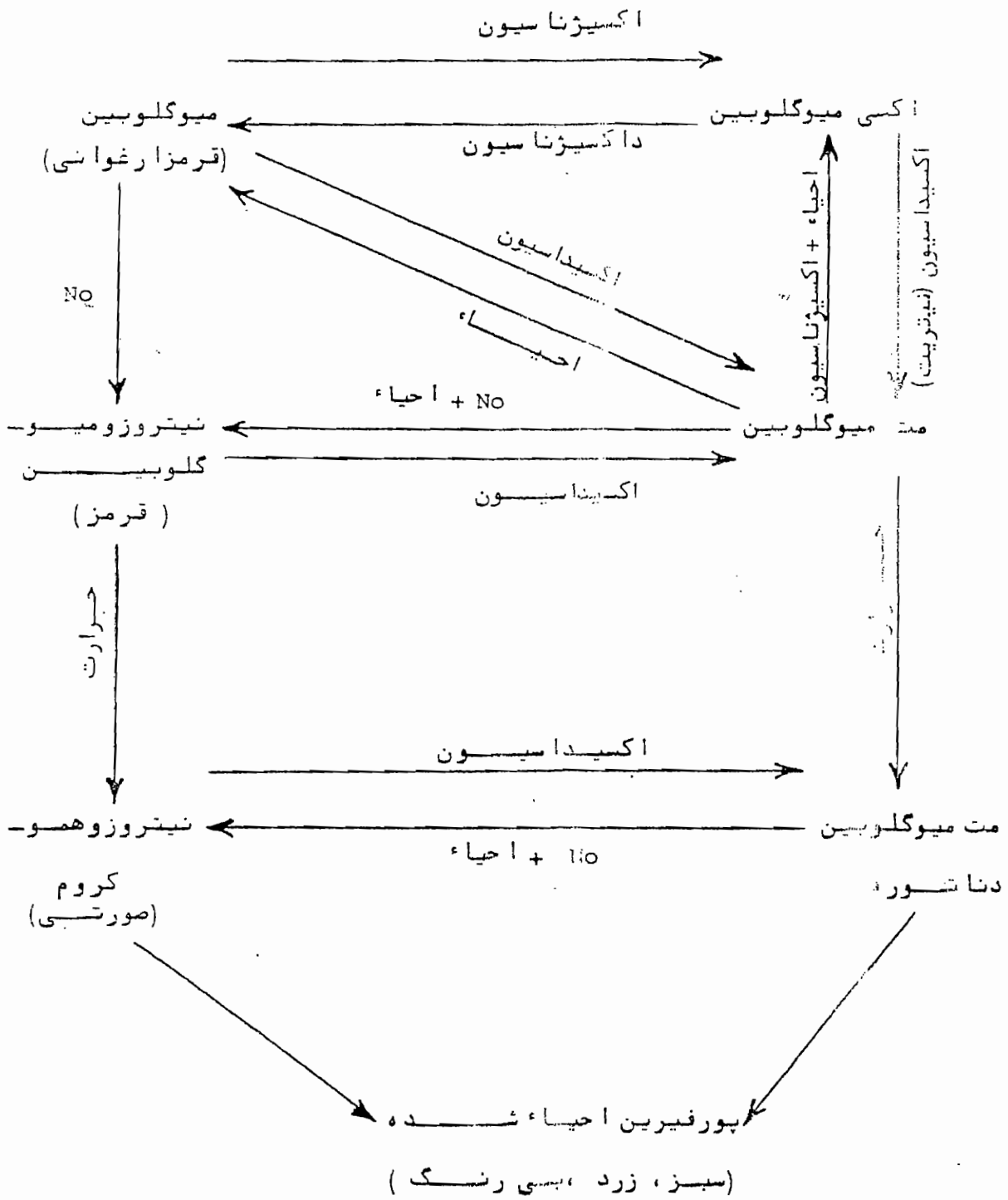


تصویر (۴-۱۸) : نغائی از دستگاه پوست‌کنی با سود.



Adapted from "Food Industries Data" by A. W. Farrall

تصویر (۴-۱) : سیستم جداکننده سبزمینی



شکل (۲-۳) تغییرات رنگ در گوشت های عمل آمده. (۲۵)