اصول تکنولوژی نگهداری مواد غذایی

تألیف

دکتر حسن فاطمی

Scanned by CamScanner

فصل اول

عوامل مؤثر در فساد مواد غذایی

مواد غذایی در هنگام نگهداری ممکن است به اشکال مختلفی دستخوش تغییر و فساد شوند. این فساد می‌تواند بر طعم، رنگ، بافت، کیفیت بهداشتی و ارزش تغذیه‌ای ماده غذایی اثر بگذارد. باید توجه شود که در مواد غذایی ترکیبات و اجزاء حساس و بسیار آماده برای انجام واکنش‌های زیان‌آور وجود دارند که به سادگی ممکن است تحت اثر عواملی محیطی نظیر حرارت، اکسیژن، نور، میکروارگانیسم‌ها[1] و رطوبت گرفتار تغییرات نامناسب و واکنش‌های مخربی شوند. تنوع و تعدد این عوامل زیان‌بار و همچنین وجود ویژگی‌های متفاوت در میان اقلام مواد غذایی باعث گردیده است که روش‌ها یا تکنیک‌های مختلفی برای مقابله با آنها ابداع.و توسعه یابند و امروزه در امر نگهداری مواد غذایی در حد گسترده‌ای مورد استفاده قرار گیرند. البته برخی از روش‌های مقابله با فساد ماده غذایی دارای قدمت تاریخی زیادی هستند اما تبیین علمی یا تکنیکی آنها عمدتاً از اواسط قرن نوزدهم و نیمه اول قرن بیستم صورت گرفته است.

یکی از مشکلات مشخص در امر جلوگیری از فساد مواد غذایی این است که در بسیاری موارد، چند عامل یا شرایط زیان‌بار به طور هم‌زمان بر روی ماده غذایی اثر

---

1 - Microorganisms

Scanned by CamScanner

می‌کنند و مجموعاً شرایط شدیداً مناسبی را برای فساد آن فراهم می‌نمایند. در این میان، برخی از روش‌های نگهداری می‌توانند در مجموع یا حداقل در مواردی نقش حفاظتی بهتری از خود ظاهر سازند. کنسرو کردن ماده غذایی در قوطی می‌تواند یک چنین نقشی را ایفا کند.

۱ ـ ۱ ـ میکروارگانیسم‌ها

در میان هزاران نوع میکروارگانیسم شناخته شده، تعداد بسیار زیادی از آنها با مواد غذایی مرتبط هستند و سبب فساد ماده غذایی یا بیماری مصرف‌کننده آن می‌شوند. البته باید توجه شود که گونه‌های زیادی از این میکروارگانیسم‌ها در تولید یا نگهداری برخی از اقلام غذایی دارای نقش سودمندی هستند و مشخصاً به منظور بهره گیری از چنین نقشی در فرایندهای غذایی از آنها استفاده می‌شود. محصولات لبنی ـ نظیر پنیر و ماست ـ مثال‌های مشخصی در این خصوص می‌باشند.

باکتری‌ها، مخمرها و کپک‌ها میکروارگانیسم‌هائی هستند که سبب تغییراتی در مواد غذایی می‌شوند. باکتری‌ها موجوداتی تک سلولی می‌باشند که بسیاری از آنها را از نظر شکل ظاهری می‌توان به سه گروه کوکسی[۲] یا کروی، باسیل‌های میله‌ای[۳] و باکتری‌های مارپیچی شکل[۴] طبقه‌بندی کرد. حرکت بسیاری از باکتری‌ها توسط تاژک‌ها یا فلاژل‌ها[۵] تأمین می‌شود. بعضی از باکتری‌ها، مخمرها و تمام کپک‌ها تولید اسپر[۶] می‌کنند که تحت شرایط مناسب جوانه زده و به سلول‌هائی با اندازه کامل موسوم به سلول رویشی[۷] تبدیل می‌شوند. اسپرها به شکل بارزی در مقابل حرارت، مواد شیمیائی و سایر شرایط نامناسب مقاوم هستند. اسپر باکتری‌ها به مراتب از اسپر مخمرها و کپک‌ها مقاوم‌تر است و در اکثر فرایندهای نابودکننده میکروارگانیسم‌ها از سلول‌های رویشی مقاومت بیشتری نشان می‌دهد. فرایندهای استریلیزاسیون به گونه‌ای طراحی می‌شوند که مشخصاً اسپرهای مقاوم باکتری‌ها را غیرفعال کنند.

2 - Coci
3 - Rod bacillus
4 - Sprial
5 - Phellagela
6 - Spore
7 - Vegetative cell

Scanned by CamScanner

باکتری‌ها از نظر اندازه بسیار کوچک هستند. اندازه قطر کوچکترین نوع گسترده آنها، ۰/۱۵ میکرون و طول آنها ۰/۳ میکرون می‌باشد. از این نظر است که از منافذ ریزی نظیر منافذ پوسته تخم‌مرغ (بعد از جدا شدن لایه موم مانند موسوم به کاتیکل[8] از روی پوسته) یا منافذ بسیار ریز ایجاد شده روی قوطی‌های کنسرو می‌توانند به درون آنها نفوذ کنند. به طور کلی طول اکثر باکتری‌هائی که از نظر مواد غذایی مهم هستند ۸ـ ۲ میکرون و قطر آنها ۲/۵ ـ ۰/۵ میکرون می‌باشد. سلول‌های مخمرها به مراتب بزرگتر از سلول‌های باکتریها هستند و طول و قطر آنها به ترتیب حدود ۲۰ و ۷ میکرون است. اکثر مخمرها کروی یا بیضی شکل می‌باشند. کپک‌ها به صورت چندسلولی هستند و اجزای سازنده آنها در کپک‌های مختلف متفاوت می‌باشد. امروزه در حد وسیعی از کپک‌ها برای تولید موادی چون آنزیم‌ها استفاده می‌شود؛ اگرچه در فساد بسیاری از اقلام غذایی نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند.

باکتری‌ها، مخمرها و کپک‌ها در واقع می‌توانند تمام اجزاء غذایی را مورد حمله قرار دهند. برخی سبب هیدرولیز کربوهیدرات‌ها و قندها می‌شوند، بعضی چربی را تجزیه یا اکسید می‌کنند و پاره‌ای نیز با تجزیه پروتئین‌ها سبب ایجاد تعفن و گندیدگی در مواد غذایی می‌شوند. بعضی‌ها هم با ایجاد اسید باعث ترش شدن ماده غذایی شده یا سبب تغیر رنگ و حالتی کف مانند در ماده غذایی می‌گردند. فعالیت برخی از اینها نیز همراه با تولید سم است که در این صورت ماده غذایی را سمی می‌کنند.

زمانی که ماده غذایی تحت شرایط طبیعی گرفتار آلودگی شود، چندین نوع میکروارگانیسم توأماً فعالیت می‌کنند و باعث یک سری تغییرات هم‌زمان یا متوالی که به برخی از آنها در بالا اشاره شد در ماده غذایی می‌گردند.

باکتری‌ها، مخمرها و کپک‌ها شرایط گرم مرطوب را دوست دارند. از نظر شرایط مناسب حرارتی، باکتری‌ها به سه گروه سایکروتروف[9] یا سایکروفیل[10]، مزوفیل[11] و ترموفیل[12] تقسیم می‌شوند. جدول ۱ حدود تغییرات حرارتی را برای این سه گروه نشان

8 - Cuticle
9 - Psychrotroph
10 - Psychrophile
11 - Mesophile
12 - Thermophile

Scanned by CamScanner

می‌دهد. همان‌طور که از این جدول استنباط می‌شود، از نظر درجه حرارت رشد، مرز مشخصی را نمی‌توان برای این باکتری‌ها عنوان کرد. مثلاً در حالی که مناسب‌ترین درجه حرارت برای انواعی از مزوفیل‌ها ۳۵°C ـ ۳۰ است، اینها قادرند در حرارت ۵°C و یا کمتر نیز ـ اگرچه به کندی ـ رشد کنند. چنین میکروارگانیسم‌هائی را گاهی مزوفیل‌های سایکروتروف می‌نامند. به طور کلی اکثر باکتری‌ها جزء گروه مزوفیل‌ها می‌باشند. باید توجه شود که اسپرهای بعضی از باکتری‌ها می‌توانند برای مدتی طولانی حرارت آب در حال جوشیدن را تحمل کنند و سپس باکاسته شدن از درجه حرارت شروع به تکثیر نمایند. همچنین مشخص شده بعضی از انواع باکتری‌ها حتی در درجه حرارت هیدروژن مایع (c ۲۵۱°-) نابود نمی‌شوند.

جدول ۱ ـ حدود تغییرات حداقل، حداکثر و مناسب‌ترین درجه حرارت برای گروه‌های مختلف باکتری‌ها

گروه	حداقل درجه حرارت (°C)	مناسب‌ترین درجه حرارت (°C)	حداکثر درجه حرارت (°C)
ترموفیل‌ها	۴۵ ـ ۳۵	۷۰ ـ ۴۵	۸۰ ـ ۶۰
مزوفیل‌ها	۲۰ ـ ۵	۴۵ ـ ۳۰	۵۰ ـ ۴۰
سایکروتروف‌ها	۵ ـ ۰	۳۵ ـ ۲۰	۴۰ ـ ۲۵

بعضی از باکتری‌ها و تمام کپک‌ها برای رشد خود احتیاج به اکسیژن دارند که از این نظر به آنها هوازی گفته می‌شود. بعضی دیگر از باکتری‌ها فقط در صورت عدم حضور اکسیژن قادر به رشد هستند. این گروه بی‌هوازی نام دارند. برخی نیز قادر به رشد تحت هر دو شرایط ذکر شده هستند که اینها راگروه یا انواع اختیاری[13] می‌گویند. تولیدمثل باکتری‌ها از طریق تقسیم سلولی است و حالت نمائی دارد. به عنوان مثال اگر یک باکتری را در نظر بگیریم که زمان تقسیم یا تولیدمثل آن ۳۰ دقیقه باشد، تعداد این باکتری بعد از گذشت ۱۰ ساعت به حدود یک میلیون می‌رسد. در صورتی که زمان تقسیم این باکتری ۶۰ یا ۱۲۰

13 - Facultative

Scanned by CamScanner

دقیقه باشد تعداد باکتری‌های تولید شده به ترتیب برابر ۱۰۰۰ و ۳۲ خواهد بود. چنین وضعی دلالت بر این دارد که کم‌بودن تعداد میکروارگانیسم‌ها در مواد اولیه و نگهداری این مواد در شرایطی که امکان تکثیر برای میکروارگانیسم هیچ و یا کم باشد دارای اهمیت بسیار زیادی است.

۱ ـ ۱ ـ ۱ ـ خطرات ناشی از غذای آلوده به میکروارگانیسم‌ها

به طور کلی میکروارگانیسم‌ها ممکن است به دو صورت ماده غذایی را آلوده کنند و آن را از نظر مصرف نامناسب سازند. گروهی از میکروارگانیسم‌ها با فعالیت‌های متابولیک خود، در ماده غذایی تولید سم می‌کنند که مصرف چنین ماده‌ای طبیعتاً می‌تواند با خطرات خاصی همراه باشد. به این حالت، سمیّت غذایی گفته می‌شود. در حالت دیگر، میکروارگانیسم‌ها در ماده غذایی رشد و تکثیر پیدا می‌کنند اما اینها پس از مصرف ماده مربوطه در درون بدن تولید سم کرده که این سم می‌تواند سبب ایجاد آثار سوء و خطرناکی در بدن بشود. به این وضع، آلودگی غذایی گویند. در جدول۲ویژگی‌های مسمومیت‌ناشی‌ازباکتری‌هائی‌که‌دراین دوگروه قرار دارند مشخص شده است.

سموم قارچی یا مایکوتوکسین[۱۴] در آلودگی و فساد برخی از اقلام غذایی نقش مهمی ایفا می‌کنند. یکی از مهمترین اینها آفلاتوکسین[۱۵] است که توسط آسپرژیلوس فلاووس[۱۶] تولید می‌گردد. این ماده، سمی قوی و بسیار سرطان‌زا است. نوع B_1 آن باعث ایجاد سرطان شدید کبد می‌شود. بادام زمینی، ذرت، گندم، پنبه‌دانه و برنج از جمله مواد مهمی هستند که تحت اثر این قارچ قرار می‌گیرند. تولید سم توسط آسپرژیلوس فلاووس به میزان زیادی بستگی به درجه حرارت و رطوبت دارد.

۱ ـ ۲ ـ حشرات، انگل‌ها و جوندگان

حشرات مشخصاً به دانه‌های غلات، میوه‌ها و سبزی‌ها آسیب‌های جدی و سنگینی

14 - Mycotoxins
15 - Aflatoxin
16 - Aspergilus flavus

Scanned by CamScanner

جدول ۲ ـ ویژگی‌های مسمومیت‌های غذایی ناشی از باکتریها

علائم	شروع علائم بعد از خوردن	نوع مسمومیت	علت: خوردن سم	علت: خوردن میکروارگانیسم	مرگ (درصد)
استفراغ، تهوع، اسهال، دردهای شکمی	۶ ـ ۱ ساعت یا کمتر	استافیلوکوکوس۱	بله	بله	۱ یا کمتر
استفراغ، تهوع، لرز، تب، اسهال	۷۲ ـ ۷ ساعت	سالمونلا۲	خیر	بله	۱ یا کمتر
تهوع، دردهای قولنجی	۱۸ ـ ۵ ساعت	استرپتوکوکوس۳	خیر	بله	۱ یا کمتر
اشکال در بلع دوتائی دیدن، مشکل تنفس، فلج	۲ ـ ۱ روز	بوتولیسم۴	بله	خیر	۷۰ یا بیشتر

1- Staphylococcus
2- Salmonella
3- Streptococcus
4- Botulism

وارد می‌سازند.در بعضی ازنقاط جهان میزان نابودی دانه‌های گیاهی تولید شده در سال ممکن است به بیش از ۵۰ درصد برسد. حشرات نه تنها با حمله و خوردن دانه‌های غذایی بخشی از آنها را از بین می‌برند، با ایجاد منافذی در دانه‌ها شرایط را برای نفوذ باکتری‌ها، مخمرها و کپک‌ها به درون دانه‌ها فراهم می‌کنند که طبیعتاً می‌تواند صدمات و خسارات دیگری را به همراه داشته باشد. یک نکته مهم در مورد اثر حشرات بر دانه‌های غذایی این است که آنها علاوه بر نابودی کمّی ماده غذائی، در اثر فعالیت متابولیکی خود، اثرات سوئی را در ماده غذایی به وجود می‌آورند که از کیفیت ماده غذایی نیز می‌کاهند. این اثرات سوء ممکن است روی پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و ویتامین‌ها صورت

Scanned by CamScanner

گیرد. ایجاد چنین اثرات بد کیفی به این معنی است که مقادیر زیادتری از چنین دانه‌های صدمه دیده‌ای باید مصرف شود تا اثر آن نظیر وقتی باشد که دانه‌های آسیب ندیده مورد مصرف قرار گیرند. نتایج بدست آمده از یک بررسی که طی آن موش‌هائی به مدت ۴ هفته از گندم‌های سالم و گندم‌های آفت‌زده تغذیه شده بودند نشان می‌دهد که رشد موش‌های تغذیه شده با گندم آفت‌زده نسبت به موش‌های تغذیه شده با گندم سالم، به میزان چشم‌گیری کاهش پیدا می‌کند. لازم به ذکر است که در این بررسی PER[17] یا میزان کارآئی پروتئین گندم سالم ۲/۰۹ بوده در حالی که در گندم آفت‌زده این رقم برابر ۱/۵۳ بوده است.

در میان انگل‌ها، تریشینلا اسپیرالیس[18] که یک نماتود[19] است دارای اهمیت خاصی می‌باشد و ماهیچه خوک جایگاه آن است. خوکی که از پس‌مانده‌های غذایی پخته نشده تغذیه نموده نسبت به خوکی که از دانه‌های غذایی تغذیه شده بیشتر در معرض ابتلا به این انگل قرار دارد. خوردن گوشت آلوده خوک توسط انسان سبب آزاد شدن لارو انگل می‌شود که به درون روده نفوذ می‌کند و پس از طی مراحلی تریشین‌های جوان از طریق جریان خون به نقاط مختلف بدن انتقال می‌یابند. برای نابودی این انگل تمام قسمت‌های گوشت خوک آلوده باید درحرارت حداقل ۵۹°c پخته شود.

مشکل ناشی از جوندگان از دو جهت مطرح می‌باشد. یکی خوردن و نابود کردن ماده غذایی است و دیگری آلوده ساختن آن با فضولات و ادرار خود که زمینه را برای رشد و تکثیر باکتری‌های ایجادکننده بیماری در انسان فراهم می‌کند. طاعون و تب تیفوس[20] از جمله چنین بیماری‌هائی هستند که ممکن است توسط موش گسترش یابند. با توجه به تولیدمثل زیاد موش و تداوم حیات این جانور تحت شرایط سخت زیستی، موش یک عامل مهم در ایجاد کمبود مواد غذایی در بعضی از ممالک رو به توسعه محسوب می‌شود؛ جائی که شرایط از بسیاری جهات برای رشد و تولیدمثل این جانور فراهم می‌باشد. در یک بررسی که در حدود دو دهه قبل در مورد شهر بمبئی در هند انجام شد ـ

17 - Protein Efficiency Ratio
18 - Trichinella Spiralis
19 - Nematode
20 - Typhus fever

Scanned by CamScanner

یعنی زمانی که این کشور گرفتار کمبودهای غذایی و تغذیه‌ای گسترده‌ای بود ـ تعداد موش‌ها در این شهر حدود ۲۱ میلیون گزارش گردید.

۱ ـ ۳ ـ آنزیم‌های غذائی

میکروب‌ها عمدتاً با آنزیم‌های خود سبب کاهش کیفیت و فساد ماده غذایی می‌شوند. اما خود ماده غذایی هم دارای آنزیم‌هائی است که اینها نیز می‌توانند سبب فساد و نابودی ماده غذایی بشوند. در گیاه یا حیوان زنده نوعی توازن مثبت از نظر فعالیت آنزیمی در جهت ادامه حیات وجود دارد. اما بعد از ذبح حیوان یا برداشت محصول از مزرعه این توازن تقریباً از بین می‌رود و فعالیت آنزیمی به شکل مخربی بر بافت‌های غذایی اثر می‌گذارد. البته در موارد یا شرایطی این فعالیت آنزیمی می‌تواند نقش مثبتی را ایفا کند؛ مثل رسیدن بعضی میوه‌ها و یا ترد شدن گوشت تحت اثر آنزیم‌های پروتئولیتیک[۲۱]. ولی به طور کلی آنزیم‌ها در ردیف عوامل بسیار مهم فاسد و نابودکننده ماده غذایی محسوب می‌شوند و باید با به کارگیری روش‌های مناسب آنها را بی‌اثر و نابود کرد.

نظر به این که آنزیم‌ها در اصل دارای ماهیتی پروتئینی هستند بنابراین عواملی که بر ویژگی‌های ساختمانی پروتئین اثر می‌گذارند می‌توانند مانع فعالیت آنزیم شوند. حرارت، بعضی از مواد شیمیائی چون اسیدها و بازها و تابش یون‌ساز[۲۲] از جمله این عوامل می‌باشند. اگرچه بعضی از آنزیم‌ها در زیر نقطه انجماد ماده غذایی و یا در حرارت‌های بالا هنوز فعالیت در خور توجهی از خود نشان می‌دهند ولی معمولاً درجه حرارت مناسب برای اکثر آنها ۴۰°C ـ ۳۵ می‌باشد. البته به طور کلی باید توجه داشت که حرارت تا یک حد خاصی سرعت واکنش‌های آنزیمی را تشدید می‌کند. این رابطه درجه حرارت و سرعت واکنش که تحت عنوان ضریب درجه حرارت یا Q_{10} نامیده می‌شود به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{ضریب درجه حرارت} = \frac{\text{سرعت واکنش در } T^\circ C + 10^\circ C}{\text{سرعت واکنش در } T^\circ C}$$

این ضریب معمولاً ۲ ـ ۱/۴ است. بدین معنی که به ازاء افزایش هر ۱۰ درجه

21 - Proteolytic

22 - Ionizing radiation

Scanned by CamScanner

سانتی‌گراد،سرعت واکنش آنزیمی می‌تواند تا دو برابر افزایش یابد. چنانچه درجه حرارت از حد خاصی تجاوز کند، به تدریج از میزان سرعت واکنش کاسته می‌شود تا این که در حرارت‌های بالا به دلیل دناتوره شدن[۲۳] آنزیم اساساً واکنش به طور کامل متوقف می‌گردد.

به طور کلی مهمترین عامل فساد مواد غذایی میکروارگانیسم‌ها هستند و از نظر فساد، آنزیم‌ها بعد از میکروارگانیسم‌ها و در مقام دوم قرار دارند. یک نکته در خور توجه این است که معمولاً شرایطی که باعث نابودی یا توقف رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود تقریباً دارای چنین اثری در مورد بسیاری از آنزیم‌ها می‌باشد.

۱ ـ ۴ ـ رطوبت

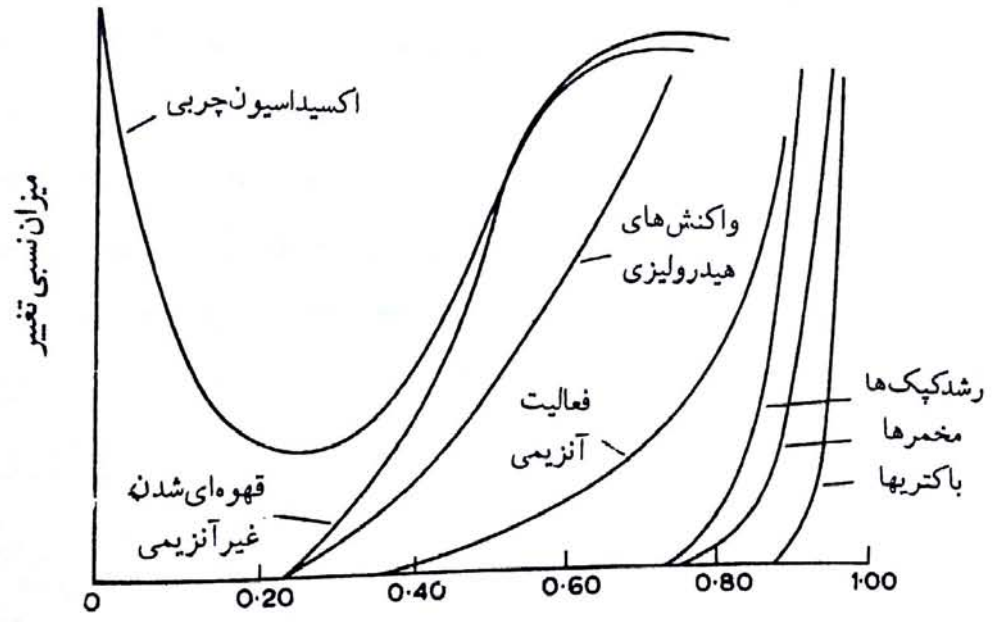
رطوبت به منزله یک حلال یا یک عامل واسطه سبب تسهیل انجام بسیاری از واکنش‌های مخرب و همچنین رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها در ماده غذایی می‌گردد. در این مورد آنچه در اصل مهم است موجودیت یا در دسترس بودن آب برای انجام واکنش‌های ذکر شده و رشد میکروارگانیسم‌ها است که تحت عنوان فعالیت آب[۲۴] مشخص می‌شود. زیرا در برخی از مواد غذایی علیرغم وجود مقدار قابل توجهی آب، به دلیل ترکیب و ویژگی‌های اجزای ماده غذایی، آب در واقع شکل گرفتار یا مهار شده‌ای دارد بنابراین این امکان برای چنین آبی ـ که به آن آب متصل[۲۵] می‌گویند ـ وجود ندارد تا زمینه را برای انجام واکنش‌های مخرب و فساد ماده غذایی فراهم کند.البته عکس این حالت نیز می‌تواند وجود داشته باشد. یعنی علیرغم وجود مقدار کم آب در یک ماده غذایی، به دلیل حالت آزاد بودن آن، این آب می‌تواند منشاء اثرات سوئی در ماده غذایی شود.

به طور کلی پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها به دلیل داشتن گروه‌های قطبی و باردار می‌توانند ملکول‌های آب را که از نظر ساختمانی دارای ویژگی قطبی هستند جذب و گرفتار کنند و آنها را از نظر فساد ماده غذایی بی‌اثر سازند. هر چه میزان این اتصال یا مهار شدن ملکول‌های آب در یک ماده غذایی بیشتر باشد، فشار بخار آب در آن ماده کمتر

23- Denaturation
24 - Water activity
25 - Bound water

Scanned by CamScanner

است. طبق تعریف نسبت فشار بخار آب در یک ماده غذایی به فشار بخار آب خالص، میزان فعالیت آب برای آن ماده می‌باشد و مقدار آن بین صفر تا یک است. شکل ۱ میزان تغییرات در ماده غذایی را در مقادیر مختلف فعالیت آب توسط عوامل و واکنش‌های مهمی که می‌توانند سبب فساد ماده غذایی شوند نشان می‌دهد. در اینجا یک حالت بارز و کاملاً متفاوت با سایر واکنش‌ها، اکسیداسیون چربی‌ها است که در مقادیر بسیار پائین فعالیت آب به میزان زیادی صورت می‌گیرد. علت این وضع، انجام این اکسیداسیون بر مبنای وجود رادیکال آزاد[۲۶] است که در چنین حالتی وقتی مقدار ملکول‌های آب جذب شده آنقدر کم باشد که نتواند سطح ملکول‌های ماده غذایی را کاملاً بپوشاند رادیکال‌های آزاد می‌توانند به شکل آزادتری عمل کنند و با حمله به ملکول‌های سالم، آنها را نیز به صورت رادیکال آزاد در آورند و به این ترتیب یک جریان از اکسیداسیون چربی‌ها همچنان ادامه می‌یابد. در جدول ۳ میزان فعالیت آب در بعضی از مواد غذایی نشان داده شده است.



شکل ۱ ـ اثر فعالیت آب بر پایداری ماده غذایی

26 - Free radicals

Scanned by CamScanner

شکل دیگری از کاهش کیفیت ماده غذایی در ارتباط با آب، از دست رفتن آب به دلایل مختلف است که می‌تواند چنین ماده‌ای را از نظر کیفیت غیرقابل قبول کند. ایجاد ترک در سطح ماده غذایی و کلوخه‌ای یا کریستال شدن[۲۷] آن از جمله صدماتی هستند که در اثر از دست رفتن آب ایجاد می‌شوند.

جدول ۳ ـ میزان فعالیت آب در بعضی از مواد غذایی

مادهٔ غذایی	فعالیت آب
گوشت تازه	۰/۹۹
سوسیس (فراکفورتر)	۰/۹۳
کیک خامه‌ای	۰/۹۱
مربا	۰/۸۶
سوسیس خشک (۲۴ ـ ۲۸ درصد رطوبت)	۰/۸۴
شیر کندانسه شیرین	۰/۸۴
اغذیه منجمد	۰/۸۳
عصاره‌ای میوه کنسانتره	۰/۸۱
کیک میوه‌ای	۰/۷۹
عسل	۰/۷۸
گوشتهای خشک شده (۱۶ ـ ۱۵ درصد رطوبت)	۰/۷۴
غلات	۰/۶۶
میوه‌های خشک شده و بستنی	۰/۶۵
کشمش	۰/۶
ماکارونی	۰/۴۵
بیسکویت	۰/۲
شیر خشک	۰/۱۱
چیپس سیب‌زمینی	۰/۰۸

27 - Crystallization

Scanned by CamScanner

۱ ـ ۵ ـ اکسیژن

اکسیژن به شکل‌های گوناگون با اجزاء غذایی مختلف وارد واکنش می‌شود که عمدتاً به ایجاد و تولید محصولات نامطلوبی می‌انجامد. در ضمن اکسیژن نظیر رطوبت به منزله یک جزء لازم برای فعالیت اکثر میکروارگانیسم‌های مولد فساد محسوب می‌شود که بدون وجود آن انجام چنین فسادی اساساً میسر نمی‌باشد. رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها در یک ماده غذایی بستگی به وجود عوامل اکسیدکننده و احیاءکننده در این ماده غذایی دارد. این عوامل به ترتیب شرایط را برای میکروارگانیسم‌های هوازی و بی‌هوازی مناسب می‌کنند. از وجود چنین حالتی در ماده غذایی تحت عنوان پتانسیل اکسید و احیاءکنندگی آن ماده یاد می‌شود. قرارگرفتن یک ماده غذایی در معرض اکسیژن هوا باعث افزایش این پتانسیل در سطح آن ماده می‌گردد و بر حسب میزان توان این ماده برای مقابله با این اکسیژن ـ یعنی وجود مواد احیاءکننده در آن ـ اکسیژن به درون ماده مزبور نفوذ می‌کند. به عبارتی می‌توان گفت که این پتانسیل تعیین‌کننده نوع میکروارگانیسم و همچنین شدت فسادی است که توسط میکروارگانیسم مربوطه می‌تواند ایجاد شود. البته در مواردی فعالیت یک نوع میکروارگانیسم باعث تغییر این پتانسیل تا آن حد می‌شود که شرایط برای فعالیت انواع دیگری از میکروارگانیسم‌ها نامناسب می‌گردد. مثلاً فعالیت میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی ممکن است این پتانسیل را تا حدی تغییر دهد که دیگر امکان فعالیت برای میکروارگانیسم‌های هوازی وجود نداشته باشد.

گذشته از نقش مهم اکسیژن در رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های هوازی و هوازی اختیاری، شاید آنچه نقش اکسیژن را در واکنش‌های شیمیائی به عنوان یک عامل برجسته در فساد مواد غذایی بیشتر مطرح می‌سازد واکنش آن با بسیاری از ترکیبات غیراشباع و مشخصاً با روغن‌های دارای پیوندهای دوگانه زیاد است که تولید مواد بدطعم و بدبوئی را تا حد غیرقابل مصرف شدن ماده غذایی مربوطه به همراه دارد. واکنش اکسیژن با برخی اجزاء غذایی می‌تواند با ایجاد رنگ نامطلوب در ماده غذایی و همچنین کاهش ارزش تغذیه‌ای آن همراه باشد.

۱ ـ ۶ ـ حرارت

بی‌تردید گرما یا حرارت نقشی اساسی در فساد ماده غذایی می‌تواند ایفا کند. گرما در درجه اول فراهم آورنده زمینه مساعد برای رشد و تکثیر و متعاقباً فعالیت بیشتر

Scanned by CamScanner

میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. از طرفی بسیاری از واکنش‌های شیمیائی تحت تأثیر درجه حرارت محیط بوده و افزایش درجه حرارت سبب تسریع انجام این واکنش‌ها می‌شود - نظیر واکنش‌های آنزیمی که قبلاً به آن اشاره شد - با این تفاوت که برخلاف مورد آنزیم‌ها که افزایش درجه حرارت به تدریج می‌تواند بر روی خود آنزیم اثر سوء داشته و از سرعت واکنش بکاهد، در خصوص بسیاری از واکنش‌های شیمیائی چنین اثر سوئی وجود ندارد و افزایش درجه حرارت همچنان سبب تسریع انجام چنین واکنش‌هائی می‌شود. البته حرارت‌های پائین یا نسبتاً پائین نیز می‌توانند سبب ایجاد صدماتی در بعضی اقلام غذایی بشوند که در مبحث نگهداری مواد غذایی تازه به آن اشاره شده است. جدول ۴ اثر درجه حرارت را بر زمان تولید مثل ئی‌کلای[۲۸] و سودوموناس[۲۹] نشان می‌دهد.

جدول ٤ - زمان تولیدمثل ئی‌کلای (مزوفیل) و سودوموناس (سایکروتروف) در درجه حرارت‌های مختلف

ئی‌کلای		سودوموناس	
درجه‌حرارت C°	زمان تولیدمثل (دقیقه)	درجه حرارت C°	زمان تولیدمثل (دقیقه)
٤٧	عدم رشد	٣٥	عدم رشد
٤٦	٣٢	٣٤	١٨٠
٤٤	٢٢	٣٢	٣٤
٤٠	٢١	٢٨	٤٥
٣٨	٢٢	٢٤	٥١
٣٤	٢٨	٢٠	٧٧
٣٠	٣٣	١٦	١٠٠
٢٦	٥٦	١٢	١٣٠
٢٢	٩٦	٨	٢٤٠
١٨	٢٦٠	٤	٤٤٠
١٤	٤٠٠	٠	١٢٠٠
١٠	١٢٠٠		

28 - E.coli

29 - Pseudomonas

Scanned by CamScanner

۱ ـ ۷ ـ نور

نور سبب نابودی بعضی از ویتامین‌ها به ویژه ویتامین‌های A ، C و B_2 می‌شود. اثر مشخص دیگر نور نابودی بعضی از اجزاء رنگین مطلوب در مواد غذایی می‌باشد. البته باید توجه شود که تمام طول موجها در نور دارای اثر مخرب یکسانی نیستند. به طور کلی در طول موج کوتاه‌تر، به دلیل انرژی بیشتر، نور می‌تواند اثر سوء بیشتری در ماده غذایی ایجاد کند. مثل اکسید شدن چربی‌ها در اثر تابش ماوراء بنفش. برای حفاظت آن دسته از مواد غذایی که به نور حساس هستند بجاست از مواد بسته‌بندی غیرشفاف و تیره استفاده شود؛ یا حداقل موادی که طول موج‌های مخرب را از خود عبور ندهند.

۱ ـ ۸ ـ مدت

غیر از مواردی استثنائی ـ مثل بعضی پنیرها ـ اساساً گذشت زمان سبب کاهش کیفیت و فساد ماده غذایی می‌گردد. در حقیقت تمام عوامل زیان‌بار ذکر شده در فوق اثر خود را در بستر زمان ظاهر می‌سازند. نکته حائز توجه این است که میکروارگانیسم‌ها به دلیل وضعیت تکثیر خاص خود باعث می‌شوند که سرعت فساد با گذشت زمان شکل فزاینده‌ای داشته باشد. چنین حالتی در مورد بعضی از انواع فساد شیمیائی نیز وجود دارد. به عنوان مثال باز می‌توان اکسیداسیون چربی‌ها را ذکر کرد که به صورت اتوکاتالیتیک[۳۰] یا خود پیشرونده و بر مبنای تشکیل رادیکال‌های آزاد انجام می‌گیرد. در اینجا با گذشت زمان میزان رادیکال‌های آزاد پیوسته افزایش می‌یابد و از این طریق بر سرعت فساد افزوده می‌شود.

۱ ـ ۹ ـ pH

pH ماده غذایی نقش مهمی در کنترل فعالیت میکروارگانیسم‌ها، آنزیم‌ها و انجام برخی از واکنش‌های خاص شیمیائی ایفا می‌کند. از این نظر طبقه‌بندی مواد غذایی از نقطه نظر pH حائز اهمیت است، به طوری که به عنوان مثال شدت عملیات حرارتی در کنسرو کردن

30 - Autocatalytic

Scanned by CamScanner

مواد غذایی با توجه به pH آنها تنظیم می‌گردد. به طور کلی مواد غذایی را می‌توان از این نقطه نظر به چهار گروه تقسیم کرد:

۱ ـ **مواد غذایی کم‌اسید:** pH اینها ۶/۸ ـ ۵ است. انواع گوشت‌ها، فراورده‌های لبنی و سبزیها در این گروه قرار دارند.

۲ ـ **مواد غذایی اسیدی:** pH این مواد ۴/۵ ـ ۳/۷ می‌باشد. هلو، گلابی، پرتقال، گوجه‌فرنگی، انجیر و آناناس جزء این گروه هستند.

۳ ـ **مواد غذایی بسیار اسیدی:** این گروه شامل اغذیه با pH کمتر از ۲/۳ می‌باشد. ترشی‌ها، عصاره بعضی مرکبات و ریواس در این گروه قرار دارند.

۴ ـ **مواد غذایی قلیائی:** این گروه تعداد کمی از مواد غذایی را در برمی‌گیرد. مواد غذایی دریایی که برای مدتی نگهداری شده‌اند، تخم‌مرغ‌های کهنه و بدبو و انواعی از کراکر جزء مواد غذایی قلیائی محسوب می‌شوند.

از نقطه نظر pH مناسب برای گروه‌های مختلف میکروارگانیسم‌ها باید گفت که برای اکثر باکتریها مقدار این pH در حدود خنثی یعنی ۷ است. در مورد بیشتر مخمرها این رقم ۴/۵ ـ ۴ می‌باشد. کپک‌ها محیط‌های اسیدی را به خوبی تحمل می‌کنند و بسیاری از آنها در pH کمتر از ۴ نیز قادر به رشد و تولیدمثل هستند. آنزیم‌ها در محدوده وسیعی از pH قادر به فعالیت می‌باشند. مثلاً در حالی که بسیاری از آنها در محیط قلیائی فعالیت می‌کنند، pH مناسب برای پپسین[31] ۲ ـ ۱ است.

به طور کلی pH ۴/۵ دارای اهمیت خاصی می‌باشد. زیرا در کمتر از این pH رشد باکتری خطرناک کلستریدیوم بوتولینوم[32] متوقف می‌شود. از نظر اهمیت این pH می‌توان به عنوان مثال اسفناج با pH ۵/۱ و کدوی قرمز با pH ۴/۲۱ را در نظر گرفت که pH یکی از آنها کمی بیشتر و pH دیگری کمی کمتر از ۴/۵ است. زمان لازم برای نابودی اسپرهای این باکتری در حرارت $100^{\circ}C$ در مورد اسفناج ۲۲۵ دقیقه می‌باشد در صورتی که زمان لازم برای نابودی این اسپرها در کدوی قرمز ۴۵ دقیقه یعنی $\frac{1}{5}$ زمان مربوط به اسفناج است.

31 - Pepsin

32 - Clostridium botulinum

Scanned by CamScanner

در بسیاری از مواد غذایی یک سیستم یا ویژگی بافری[۳۳] وجود دارد. به این معنی که در این مواد به دلیل وجود ترکیبات خاصی از تغییر pH جلوگیری می‌شود. این ویژگی از نظر فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌تواند بر حسب مورد مفید یا غیر سودمند باشد. مثلاً در مورد برخی از فرایندهای تخمیری که عمل تخمیر باید در pH خاصی صورت گیرد تا محصول مورد نظر به بهترین شکل و در حد زیادی تولید شود عدم تغییر pH بسیار ارزشمند و مفید است.

با توجه به بحثی که در این فصل ارائه گردید مشخص می‌شود که فساد ماده غذایی می‌تواند تحت اثر عوامل مختلف و به شکل‌های متفاوتی صورت بگیرد بنابراین باید از راههای گوناگونی از وقوع چنین فسادی جلوگیری شود. جدول ۵ انواع فساد در مواد غذایی و راههای کنترل آنها را به اختصار نشان می‌دهد.

البته همان طور که در فصول بعد اشاره می‌شود، روش‌هائی که برای حفظ و نگهداری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند هر یک دارای محدودیت‌هائی هستند که به کارگیری آنها در اندازه و یا شدتی بیشتر از یک حد خاص می‌تواند با مسائلی همراه باشد. نظیر استفاده از حرارت شدید برای استریل کردن که باعث آسیب به بافت و ارزش تغذیه‌ای ماده غذایی می‌گردد. اما چنانچه از چند روش که به نگهداری ماده غذایی کمک می‌کنند به صورت همراه یا توأم با یکدیگر استفاده شود اثرات سوء ذکر شده به مراتب کمتر است. زیرا شدت یا میزان استفاده از عوامل یا روش‌های جلوگیری کننده از فساد در چنین حالتی کمتر یا خفیف‌تر می‌باشد. امروزه توأم کردن روش‌های مختلفی که می‌تواند به حفظ کیفیت بهتر ماده غذایی بیانجامد و از آن تحت عنوان تکنولوژی ترکیبی[۳۴] یا مجموعه‌ای یاد می‌شود در جوامع صنعتی از اهمیت خاصی برخوردار بوده و جا دارد در جوامع در حال توسعه نیز این موضوع کاملاً مورد توجه قرار گیرد.

33 - Buffer

34. Hurdle technology

Scanned by CamScanner

جدول ۵ ـ انواع فساد در مواد غذایی و راههای کنترل آنها

میکروبی	شیمیائی	فیزیکی
میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا که به عفونت منتهی می‌شوند کنترل توسط: ـ کاهش درجه حرارت برای کند کردن رشد ـ حذف یا مهار کردن آب برای جلوگیری از رشد ـ کاهش pH ـ کنترل O_2 و CO_2 ـ حذف اجزاء غذایی از طریق تغییر ترکیب	۱ ـ واکنش‌های آنزیمی ۲ ـ اکسیداسیون چربی ۳ ـ قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی ٤ ـ نابودی حرارتی ویتامین‌ها کنترل توسط: ـ pH، O_2، CO_2 تغییر فعالیت آب ـ کنترل درجه حرارت ـ مواد افزودنی مثل آنتی‌اکسیدانها	۱ ـ کریستال شدن و درهم فرو ریختن ۲ ـ چروکیدن، سائیده‌شدن کنترل توسط: ـ جابه‌جائی دقیق / درجه حرارت انبار / کنترل رطوبت

Scanned by CamScanner

فصل دوم

نگهداری مواد غذایی تازه

۲ ـ ۱ ـ کلیات

اساساً بخش مهمی از مواد غذایی مورد مصرف انسان به صورت تازه مصرف می‌شود. بسیاری از این اقلام کاملاً فسادپذیرند و در صورت عدم نگهداری آنها تحت شرایط مناسب به سرعت فاسد می‌شوند و از جریان مصرف خارج می‌گردند. یخچال‌ها و انبارهای سرد تجهیزات و اماکنی هستند که می‌توان برای مقابله با این مشکل از آنها استفاده کرد و به همین دلیل است که در دهه‌های اخیر به کارگیری آنها در سطح جهان گسترش فراوان و چشم‌گیری داشته است. استفاده از یخچال‌ها و سردخانه‌ها علاوه بر تامین سلامت ماده غذایی از نظر بهداشتی، باعث می‌شود که یک حالت تعادل میان قیمت مواد غذایی و موجودیت آنها در طول سال فراهم گردد که از نظر اقتصادی مهم است. نگهداری در یخچال یا سردخانه ملایم‌ترین روش نگهداری ماده غذایی محسوب می‌شود. زیرا از نقطه نظر طعم، بافت، ارزش تغذیه‌ای و سایر خصوصیات خوب یک ماده غذایی آسیب کمی به آن وارد می‌شود. جدول ۱ دوره نگهداری مفید برخی اقلام غذایی حیوانی و گیاهی را در چند درجه حرارت مختلف نشان می‌دهد.

انبارهای سرد به‌اماکنی اطلاق می‌شوند که دارای درجه حرارتی بالاتر از نقطه انجماد ماده غذایی باشند. این درجه حرارت از ۱۶°C تا ۲°C- متغیراست. درجه‌حرارت سردخانه ویخچال

Scanned by CamScanner

در تجارت معمولاً ۷°C ـ ۴/۵ می‌باشد. اکثر مواد غذایی در ۲°C- یا پائین‌تر یخ می‌زنند. مثلاً این رقم برای گوشت گاو حدود ۲-، موز ۳/۹- و بادام زمینی ۸/۳- درجه سانتیگراد است.

جدول ۱ ـ دوره نگهداری مفید بافت‌های حیوانی و گیاهی در حرارت‌های مختلف

	متوسط نگهداری مفید در انبار (روز)		
	۰°C	۲۲°C	۳۸°C
گوشت	۱۰ ـ ۶	۱	کمتر از ۱
ماهی	۷ ـ ۲	۱	کمتر از ۱
مرغ	۱۸ ـ ۵	۱	کمتر از ۱
ماهی و گوشت‌های خشک‌شده	۱۰۰۰ و بیشتر	۳۵۰ و بیشتر	۱۰۰ و بیشتر
میوه‌ها	۱۸۰ ـ ۲	۲۰ ـ ۱	۷ ـ ۱
میوه‌های خشک‌شده	۱۰۰۰ و بیشتر	۳۵۰ و بیشتر	۱۰۰ و بیشتر
سبزیهای برگ مانند	۲۰ ـ ۳	۷ ـ ۱	۳ ـ ۱
محصولات ریشه‌ای	۳۰۰ ـ ۹۰	۵۰ ـ ۷	۲۰ ـ ۲
دانه‌های خشک	۱۰۰۰ و بیشتر	۳۵۰ و بیشتر	۱۰۰ و بیشتر

بعضی از میکروارگانیسم‌ها تا زیر صفر یا تا آنجاکه آب منجمد نشده وجود دارد رشد می‌کنند. در گذشته تصور می‌شد که فاسدشدن ماده غذایی در یخچال ـ به دلیل طولانی شدن زمان نگهداری ـ در اصل ناشی از بدطعمی و از بین رفتن بافت مناسب آن است. اما در سالیان اخیر مشخص شده که میکروارگانیسم‌های تولیدکننده سم ـ اگرچه به آرامی ـ حتی تا حدود ۳°C قادر به رشد هستند. این نکته دلالت بر این دارد که در انتخاب مواد برای نگهداری در یخچال یا سردخانه باید دقت شود که ماده غذایی از کیفیت خوب و مناسبی برخوردار بوده و حداقل از برخی آلودگی‌ها مبرا باشد. باید در نظر داشت که یخچال و سردخانه نمی‌تواند از ماده‌ای با کیفیت پائین محصولی با کیفیت مرغوب ارائه

Scanned by CamScanner

دهد یا به عبارتی سبب بهبود کیفیت مواد گردد.

به طور کلی باید توجه شود که سرد کردن علاوه بر نقش نگهدارنده آن، دارای محاسن جنبی و دیگری نیز می‌باشد. مثلاً عمل پوست‌گیری بهتر انجام می‌شود و خرد کردن یا چرخ کردن گوشت هم بهتر صورت می‌گیرد. همچنین برای کهنه[1] یا ترد کردن گوشت از سرما استفاده می‌شود. نظر به اینکه بافت‌های گیاهی و حیوانی دارای رفتار بسیار متفاوتی در هنگام نگهداری تحت سرما هستند، نگهداری این دو گروه از مواد به طور جداگانه مورد بحث قرار می‌گیرد اگرچه برخی از نکات، کلی بوده و می‌تواند هر دو گروه را در بر بگیرد.

۲ ـ ۲ ـ نگهداری مواد گیاهی

اساساً بافت‌های مواد غذایی گیاهی بعد از برداشت دارای آمادگی برای ادامه حیات هستند. از این ویژگی باید استفاده شود و برای حفظ کیفیت این مواد حتی‌الامکان سعی گردد اینها به شکل مناسب و تحت شرایط خاصی به حیات خود ادامه دهند که در غیر این صورت دیر یا زود ارزش یا قابلیت مصرف خود را از دست می‌دهند. ادامه فعالیت بافت گیاهی بعد از برداشت طبیعتاً با تنفس همراه است که تولید حرارت نیز می‌کند. جدول ۲ میزان گرمای ایجاد شده توسط بعضی از اقلام غذایی را نشان می‌دهد.

طبق این جدول در یک درجه حرارت ثابت، میان گیاهان مختلف و یا حتی بین واریته‌های یک گیاه مشخص تفاوت زیادی از نظر شدت تنفس می‌تواند وجود داشته باشد و گرمای ایجاد شده در حدی است که در ساختمان و کار انبار یا سردخانه باید به آن دقیقاً توجه شود. در اینجا سه پارامتر از نظر ایجاد توازن لازم برای سردخانه باید در نظر گرفته شود؛ که یکی گرمای محسوس[2] ماده، دیگری گرمای ناشی از تنفس و سومی از دست رفتن سرما از سردخانه و یا نفوذ گرما به درون آن می‌باشد. در این میان گرمای ناشی از تنفس از پیچیدگی و اهمیت خاصی برخوردار است. انجام عمل تنفس با افزایش درجه حرارت محیطی که ماده غذایی در آن قرار گرفته تشدید می‌شود که به معنی سوختن یا از دست رفتن زیادتر اجزاء غذایی و در درجه اول قندها می‌باشد. از همین جهت است که

1 - Aging
2 - Sensible heat

Scanned by CamScanner

موادی که دارای شدت تنفسی زیادی هستند باید بعد از خارج کردن آنها از سردخانه حتی‌الامکان سریعاً مصرف شوند. جدول ۳ میزان از دست رفتن شیرینی یا از دست رفتن قندها را در دو درجه حرارت سردخانه و محیط برای ذرت‌شیرین نشان می‌دهد.

جدول ۲ ـ میزان گرمای ایجاد شده از یک تن سبزی یا میوه در طی ۲۴ ساعت در ۴۰°F بر مبنای شدت تنفس آنها

سریع (>۱۰۰۰۰Btu)	نسبتاً سریع (۵۰۰۰-۱۰۰۰۰Btu)	نسبتاً آرام (۲۰۰۰-۵۰۰۰Btu)	آرام (< ۲۰۰۰ Btu)
مارچوبه	باقلا	سیب (زرد شفاف)	سیب
لوبیای سبز	کلم دکمه‌ای	چغندر (قسمت بالا)	کلم
براکلی[1]	برگ کاهو	هویج (قسمت بالا)	گریپ فروت
ذرت شیرین	تمشک	کرفس	انگور
نخود سبز	اسفناج	گیلاس (ترش)	لیمو
		سرکاهو	پیاز رسیده
		سیب‌زمینی شیرین	پرتقال
		شلغم	هلو
			آلو
			سیب‌زمینی رسیده
			گوجه‌فرنگی

1- Broccoli

۲ ـ ۲ ـ ۱ ـ وضعیت تنفس بعد از برداشت

آگاهی از ویژگی‌های تنفسی بافت‌های گیاهی بعد از برداشت و در طول نگهداری از

Scanned by CamScanner

جدول ۳ ـ از دست رفتن شیرینی در ذرت شیرین در هنگام نگهداری

مدت نگهداری (ساعت)	ازدست‌رفتن مجموع قندها (درصد)	
	۰°C	۲۰°C
۲۴	۸/۱	۲۵/۶
۴۸	۱۴/۵	۴۵/۷
۷۲	۱۸	۵۵/۵
۹۶	۲۲	۶۲/۱

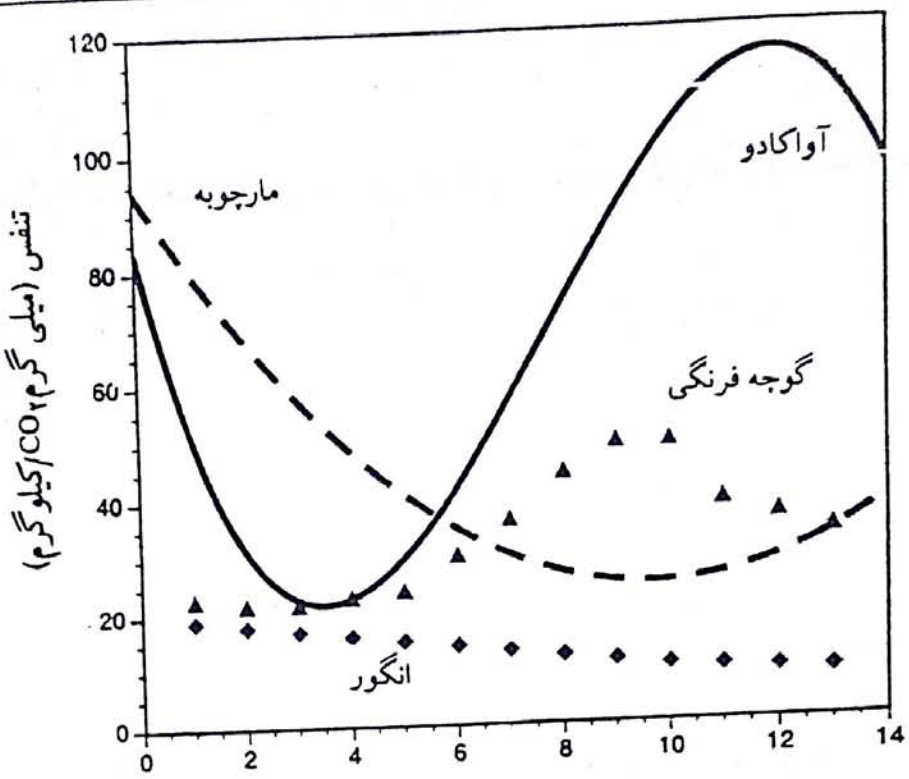
نظر تأمین شرایط لازم‌درسردخانه‌هاحائزاهمیت‌است؛ لذادراینجاشرحی در مورد این ویژگی‌ها ارائه می‌شود.

اکثر میوه‌های گوشتی بعد از برداشت شکل تنفسی خاصی را از خود نشان می‌دهند که کم و بیش با تغییر رنگ، طعم و بافت همراه است و شاخص رسیدگی میوه محسوب می‌شود. در بسیاری از آنها، ابتدا بعد از برداشت شدت تنفس یا جذب اکسیژن کاهش می‌یابد و سپس صعود می‌کند، نظیر آواکادو[3] (شکل ۱). در مواردی مثل گوجه‌فرنگی بدون کاهش جذب اکسیژن، شاهد افزایش تنفس می‌باشیم. به این گروه از میوه‌ها نوع کلایماکتریک[4] گفته می‌شود. در اینها شاید تغییرات رنگ، بافت و طعم هستیم.

در انواع دیگری از میوه‌ها مثل انگور بعد از برداشت فقط یک نوع کاهش آرام در میزان جذب اکسیژن یا شدت تنفس دیده می‌شود. اما هیچ‌گونه تغییری در وضعیت رنگ، طعم و بافت مشاهده نمی‌گردد و میوه طبیعتاً رو به پژمردگی می‌رود. این گروه از میوه‌ها، انواع غیرکلایماتریک[5] نامیده می‌شوند. جدول ۴ تقسیم‌بندی این دو گروه از میوه‌ها را نشان می‌دهد.

3 - Avacado
4 - Climacteric
5 - Nonclimacteric

Scanned by CamScanner



شکل ۱- وضعیت تنفسی بعد از برداشت برای آواکادو، گوجه فرنگی، مارچوبه و انگور

جدول ٤ ـ طبقه‌بندی میوه‌های خوراکی بر طبق نحوه تنفس آنها

کلایماکتریک	غیرکلایماکتریک
سیب	کاکائو
زردآلو	گیلاس
آواکادو	خیار
موز	انگور
انجیر	گریپ فروت
انبه	لیمو
پاپایا	خربزه
طالبی	زیتون
هلو	پرتقال
گلابی	آناناس
گوجه‌فرنگی	توت‌فرنگی
هندوانه	

Scanned by CamScanner

برخی از تفاوت‌های متابولیک[۶] میان میوه‌های کلایماکتریک و غیرکلایماکتریک مشخص شده است. عمل رسیدن در میوه‌های طبقه غیرکلایماکتریک اغلب آهسته‌تر صورت می‌گیرد. در میوه‌های کلایماکتریک یک آستانه غلظتی از اتیلین[۷] (۱ ppm - ۰/۱~) سبب آغاز و ظهور ویژگی کلایماکتریک می‌شود؛ اما اتیلن اثری بر میزان تنفس هنگامی که ویژگی کلایماکتریک آغاز شد ندارد. این برخلاف مورد میوه‌های غیرکلایماکتریک است که میزان تنفس آنها بستگی به غلظت اتیلن دارد. یعنی این میزان، تابعی از مقدار اتیلن است و هنگامی که اتیلن از محیط حذف می‌شود،تنفس کاهش می‌یابد. رابطه میان افزایش حالت کلایماکتریک و شاخص‌های رسیدن، همیشه به صورت کامل و مشخصی نیست. با وجودی که افزایش حالت کلایماکتریک و رسیدن در بسیاری از میوه‌ها ـ تحت شرایط بسیار متفاوت ـ به طور همزمان صورت می‌گیرد، شواهد نشان می‌دهد که این دو رویداد می‌توانند جدا یا مستقل از هم انجام پذیرند.

بافت‌های ساقه، ریشه و برگ جدا شده از گیاه به طور طبیعی به تنفس ادامه می‌دهند یا اینکه با آغاز دوره پژمردگی ـ تحت شرایط محیطی ثابت ـ یک کاهش تدریجی در تنفس را از خود ظاهر می‌سازند. آسیب مکانیکی (مثل ضربه زدن) به گوجه‌فرنگی رشد یافته سبز سبب دو برابر شدن میزان تنفس آن می‌شود. با وجودی که استرس ـ ناشی از آسیب مکانیکی، درجات حرارتی زیاد و کم، مواد شیمیائی، یا عوامل بیولژیکی ـ می‌تواند باعث بروز فعالیت شدید تنفسی شود، ظهور یک حالت کلایماکتریک هم‌آهنگ با رسیدن همیشه مشاهده نمی‌شود.

به دلیل نقشی که اتیلن در رسیدن میوه‌ها دارد به آن هورمون رسیدن نیز گفته می‌شود. در مورد مکانیسم عمل اتیلن، نظر بر این است که این ماده ممکن است باعث تحریک سیستم آنزیمی خاصی بشود و یا این که بر نفوذپذیری غشاء بیولژیک اثر گذاشته و از این طریق دسترسی برخی آنزیم‌ها و سوبستراها[۸] را به یکدیگر تسهیل نماید.

حرارتی راکه در محصول به دلیل تنفس و فعالیت متابولیکی بعد از برداشت از مزرعه ایجاد می‌شود می‌توان با پاشیدن آب سرد[۹] روی ماده مربوطه برطرف نمود. این آب

---

6 - Metabolic
7 - Ethylene
8 - Substrates
9 - Hydro - cooling

Scanned by CamScanner

ممکن است دارای مواد ضد میکروب نیز باشد. از این نظر به نابودی میکروب‌ها در سطح محصول نیز کمک می‌کند. در مورد سبزی‌های برگ مانند ـ که دارای سطح زیادی نسبت به حجم خود هستد(مثل کاهو و اسفناج) ـ می‌توان محیط حاوی آنها را پس از پاشیدن آب سرد تحت‌اثر خلاء نیز قرار داد تا با تبخیر آب عمل حذف حرارت سریع‌تر صورت بگیرد.

۲ـ۲ـ۲ـ آسیب مکانیکی

بافت‌های گیاهی ممکن است به دلایل مختلفی گرفتار آسیب مکانیکی شوند و یا به عبارتی زخمی گردند. این موضوع با توجه به گسترش روزافزون روشهای مکانیکی برداشت محصول مهم است. زیرا وسایل مکانیکی باعث صدمات سایشی گسترده‌ای در سطح مواد می‌شوند.

به طور کلی زخمی شدن ارگانهای گیاهی باعث می‌گردد که به طور موقت، عمل تنفس و تقسیم سلولی شدیدتر شود، گاز اتیلن تشکیل گردد، نو شدن یا ساخت مجدد بعضی از اجزاء سلولی تسریع شود و در بعضی موارد تجمع برخی از مواد و متابولیت‌ها صورت گیرد که به نظر می‌رسد نقش حفاظتی داشته باشند. در قسمت‌های گوشتی مواد گیاهی، سلول‌های زخمی شده شروع به سنتز RNA پیامبر[۱۰] و پروتئین می‌کنند.

عمل و بازتاب بافت‌های گیاهی در مقابل آسیب وارد شده ممکن است به خوب شدن زخم ایجاد شده بیانجامد. به این معنی که یک سد یا حصاری از مواد حفاظت‌کننده تشکیل گردد. مثل تشکیل واکس[۱۱] یا موم یا یک لایه از لیگنین[۱۲] که از هجوم و نفوذ میکروارگانیسم‌های ساپروفیت[۱۳] و فساد توسط آنها جلوگیری می‌کند. از این نظر لازم و مناسب است که بعد از برداشت بعضی از مواد مثل سیب‌زمینی، زخم احتمالی ایجاد شده به شکلی ترمیم شود یا عمل انبارکردن به صورتی انجام گردد که به خوب شدن بافت آسیب دیده بیانجامد. البته چنین شرایط نگهداری ممکن است با شرایطی که حداکثر عمر انباری را بعد از خوب شدن زخم فراهم می‌کند تفاوت داشته باشد. مشخصاً نگهداری بافت‌های صدمه دیده در انبار از نظر حرارتی که ایجاد می‌کنند و مسائلی که این حرارت به همراه

10 - Messenger RNA
11 - Wax
12 - Lignin
13 - Saprophyte

Scanned by CamScanner

دارد در خور توجه و حائز اهمیت می‌باشد.

۲ـ۲ـ۳ـ اثر درجه حرارت

بعضی از واکنش‌هائی که بعد از برداشت صورت می‌گیرند برای حفظ وحدت و یکپارچگی و به طور کلی سلامت بافت دارای نقش اساسی بوده و برخی از نقطه نظر حفظ این وحدت دارای نقش حاشیه‌ای هستند. اما واکنش‌های گروه دوم ممکن است بر کیفیت ماده غذایی اثر مطلوب (مثل تولید طعم) یا اثر نامطلوب (نظیر از دست رفتن قندها) بگذارند. ضرایب درجه حرارت برای تمام این واکنش‌ها ممکن است تنها به میزان اندکی با یکدیگر تفاوت داشته باشند. از این نظر، به اثر تغییر درجه حرارت روی کیفیت کلی محصول یک ماهیت کاملاً پیچیده‌ای می‌دهند، به علاوه سایر خصوصیات بافت که به طور غیرمستقیم بر تغییر و تبدیل‌های شیمیائی اثر می‌گذارند ـ نظیر یک‌پارچگی غشاء و حلالیت و نفوذپذیری برای اکسیژن ـ تحت تأثیر درجه حرارت می‌باشند. به طور کلی پائین آوردن درجه حرارت، واکنش‌های فیزیولژیک نامطلوب و همچنین واکنش‌های ناشی از فعالیت میکروارگانیسم‌ها را کُند می‌کند. اساساً محصولاتی که دارای میزان یا سرعت تنفسی نسبتاً زیاد هستند بهتر از بقیه در مقابل کاهش درجه حرارت پاسخ می‌دهند. دراین محصولات سرد کردن قبل از حمل یا انبار کردن به میزان زیادی می‌تواند به افزایش عمر انباری آنها کمک کند.

قرار دادن یک محصول در خارج از محدوده حرارتی توصیه شده برای بیشتر از یک دوره زمانی کوتاه به بافت صدمه می‌زند و سبب کاهش کیفیت و عمر انباری محصول می‌شود. به چنین وضعی، آسیب ناشی از حرارت پائین یا آسیب سرمائی[۱۴] می‌گویند که در بعضی بافت‌های گیاهی در حرارتی بالاتر از نقطه انجماد بافت و پائین‌تر از درجه حرارت توصیه شده صورت می‌گیرد. بعضی از بافت‌های گیاهی نظیر گلابی و کاهو در بالاتر از نقطه انجماد خود به طور طبیعی گرفتار این نوع آسیب نمی‌شوند. اما در مورد بسیاری از بافت‌ها یک درجه حرارت بحرانی بالاتر از نقطه انجماد آنها وجود دارد که در کمتر از آن آسیب سرمائی اتفاق می‌افتد. (جدول ۵)

14 - Chill injury

Scanned by CamScanner

جدول ۵ ـ آسیب سرمائی در ماده که در زیر درجه حرارت بحرانی و بالاتر از نقطه انجماد خود نگهداری شود

ماده	حداقل درجه حرارت نگهداری (°C)	اثر آسیب سرمائی
سیب (بعضی واریته‌ها)	۳ ـ ۲	قهوه‌ای شدن در درون، تغییر رنگ در سطح، نرم شدن همراه با پوکی
موز (سبز یا رسیده)	۱۳ ـ ۱۲	عدم توانائی در رسیدن، رنگ کدر بعد از رسیدن
زیتون (تازه)	۷	قهوه‌ای شدن در درون
پرتقال	۳	نقاط فرورفته در سطح، لکه‌های قهوه‌ای
گریپ فروت	۱۰	تغییر رنگ در سطح، نقاط فرورفته در سطح، قهوه‌ای شدن درونی
لیموترش	۱۴	تغییر رنگ درونی، نقاط فرورفته در سطح
آناناس	۱۰ ـ ۷	رنگ سبز کدر بعد از رسیدن
خیار	۷	نقاط فرو رفته در سطح، حالت خیس شدگی در آب، پوسیدن
گوجه‌فرنگی رسیده	۱۰ ـ ۷	حالت خیس شدگی در آب، نرمی و پوک شدن، تجزیه درونی
رشد یافته ـ سبز	۱۳	رنگ نامناسب بعد از رسیدن، آمادگی برای پوک شدن
لوبیا سبز	۷	نقاط فرورفته در سطح، رنگ خرمائی
بادمجان	۷	تغییر رنگ در سطح، پوک شدن
سیب‌زمینی	۴	افزایش قندهای احیاءکننده، شیرین شدن، قهوه‌ای شدن
هندوانه	۴	نقاط فرورفته در سطح، طعم نامطلوب
کدو (قرمز و سبز)	۱۰	فساد درونی به خصوص از نوع تجزیه شدن

Scanned by CamScanner

میزان آسیب وارد شده بستگی به درجه حرارت و طول مدت قرارگرفتن ماده در آن درجه حرارت دارد. چنانچه ماده برای مدت کوتاهی در معرض درجه حرارت نامناسب قرار گرفته باشد این امکان وجود دارد که ترمیم و بازگشت آن به حالت اولیه صورت بگیرد.

آثار مرئی آسیب سرمائی شامل نکروزه[۱۵] شدن بافت به طور موضعی (مثل سیب)، عدم توانائی در رسیدن (مثل موز)، ایجاد قسمت‌هائی سفت در بافت که در اثر پختن نرم نمی‌شوند (مثل سیب‌زمینی شیرین) و بافتی با حالت پشمی (مثل هلو) می‌باشند.

به طور کلی آسیب سرمائی را می‌توان مربوط به یک عدم توازن در واکنش‌های متابولیک دانست که ناشی از تولید کم بعضی از مواد اساسی و تولید زیاد متابولیت‌هائی که برای بافت سمی هستند می‌باشد. به عنوان مثال می‌توان از جمع شدن اتانول یا استالدهید[۱۶] همراه با تجزیه بعضی از میوه‌ها در درجه حرارت پائین نام برد. درجه حرارت‌های پائین ممکن است بر فرایندهای متابولیک از طریق تغییر یکپارچگی و خواص نفوذپذیری غشاءهای بیولژیک نیز اثر بگذارد. به نظر می‌رسد که رابطه‌ای میان حساسیت به سرما و حالت سیالیت یا انعطاف غشاء ـ همچنانکه درجه حرارت کاهش پیدا می‌کند ـ وجود داشته باشد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که این تغییرات در غشاء سلولی همراه و هم‌زمان با درجه حرارت‌هائی است که در آنها آسیب ناشی از سرما در یک عضو گیاه سالم صورت می‌گیرد.

همان طور که جدول ۵ نشان می‌دهد درجه حرارت بحرانی که باعث آسیب سرمائی می‌شود برای بعضی مواد کاملاً متفاوت می‌باشد. البته مواردی از تفاوت بیشتر نیز مشاهده شده است.مثلاً درجه حرارت بحرانی برای نوعی موز ۱۴/۴°C و برای بعضی ارقام سیب ۱°C گزارش گردیده است. چنین حالتی حتی میان واریته‌های یک میوه مشخص نیز مشاهده می‌شود. به عنوان مثال در حالی که گریب فروت فلوریدا در صفر درجه سانتیگراد به خوبی حفظ می‌شود، نوعی از گریب فروت تگزاسی در ۱۱°C بهتر حفظ می‌گردد.

قرارگرفتن بافت‌های گیاهی در معرض درجه حرارت بالا نیز ممکن است سبب ایجاد

15 - Necrosis
16 - Acetaldehyde

Scanned by CamScanner

آسیب‌های مشخصی در موادغذایی بشود.به‌عنوان مثال‌نگهداری‌بسیاری از میوه‌ها در بالاتر از ۳۰°C منتهی به ناتوانی آنها در دستیابی به یک رسیدن طبیعی می‌گردد. اثر درجه حرارت بالا بر سیب شکل خاص و بارزی دارد. زیرا چنانچه سیب حتی برای چند دقیقه تحت حرارت ۵۵°C قرار گیرد، ظاهر آن به شکل هنگامی در می‌آید که گرفتار آسیب ناشی از سرما شده باشد.

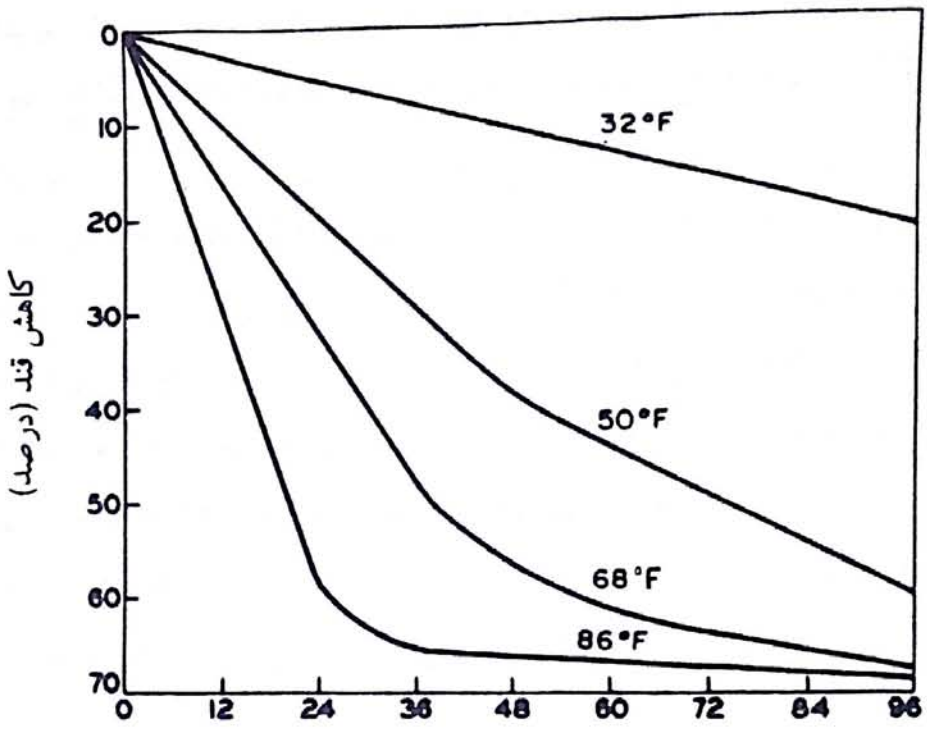
درجه حرارت در نابود کردن بعضی از اجزاء در مواد غذایی می‌تواند نقش مهمی داشته باشد. شکل ۲ اثر درجه حرارت را بر میزان نابودی قند در ذرت شیرین نشان می‌دهد.

در مورد بعضی از اقلام غذائی، حتی یک تغییر کم در درجه حرارت، اثر مشخصی بر زمان ماندگاری آنهادارد. مثلاً درهنگام نگهداری یک‌نوع گلابی،تغییردرجه حرارت‌از ۱°C به ۱/۵°C- سبب می‌شود که زمان ماندگاری آن از ۱۰ هفته به ۱۲ هفته افزایش یابد.

۲ـ۲ـ۴ـ اثر رطوبت

به طور کلی توصیه می‌شود که میوه‌ها و سبزیها در محیطی با رطوبت نسبی کافی انبار و نگهداری می‌شوند تا میزان از دست رفتن آب آنها به حداقل برسد و طراوت و سفتی سلولها حفظ گردد. اما رطوبت در حدی نباشد که به صورت آب در سطح این مواد کندانسه و جمع شود زیرا می‌تواند رشد میکروارگانیسم‌ها را به همراه داشته باشد. آمادگی یک ماده برای از دست دادن رطوبت ـ در یک رطوبت نسبی مشخص ـ مربوط به طبیعت و میزان سلول‌های خاصی است که در سطح بافت قرار گرفته‌اند. روشهائی که طی آنها از رطوبت نسبی اشباع شده استفاده می‌گردد ـ بدون آنکه کندانس شدن رطوبت صورت بگیرد ـ ابداع و توسعه‌یافته و به شکل موفقیت‌آمیزی در کانادا و کشورهای اروپای شمالی برای نگهداری سبزیها به کار گرفته می‌شود. با وجودی که این روشها نسبتاً گران هستند اما می‌توانند به شکل بسیار موثری فساد فیزیولژیک و نابودی ناشی از میکروارگانیسم‌ها را به حداقل برسانند. به کارگیری موفقیت‌آمیز انباری با اتمسفر اشباع از رطوبت نیازمند وجود حداقل اختلاف درجه حرارت در سرتاسر انبار است که به این ترتیب تمام آب موجود در اتمسفر به حالت بخار باقی می‌ماند.

Scanned by CamScanner



شکل ۲ ـ اثر درجه حرارت بر میزان از دست رفتن قند در ذرت شیرین

در مورد موادی که رطوبت از دست می‌دهند باید از طریق بسته‌بندی مناسب از این مشکل جلوگیری کرد. گردش هوا در سردخانه هم باید به گونه‌ای باشد که سبب تبخیر آب از ماده غذایی نشود. زیرا چنین تبخیری علاوه بر لطمه‌زدن احتمالی به کیفیت ماده غذائی، باعث می‌گردد که رطوبت روی کویل‌ها یا صفحات سرمازا کندانسه شده و از کارآئی سردخانه بکاهد. در جدول ۶ مدت ماندگاری تقریبی از نظر درجه حرارت و رطوبت نسبی محیط برای بعضی اقلام غذایی وهمچنین برخی ویژگی‌های فیزیکی آنها مشخص شده است.

۲ ـ ۲ ـ ۵ ـ اثر خلوص هوا و نور

به طور کلی خلوص هوای سردخانه و یخچالها مهم است زیرا عدم خلوص آن

Scanned by CamScanner

می‌تواند مثلاً جذب بو توسط مواد نگهداری شده در آنها را به همراه داشته باشد. از نقطه نظر جذب بو باید توجه شود که اساساً نگهداری مواد غذایی در یک فضای بسته سرد می‌تواند سبب انتقال اجزاء ایجادکننده بو از یک ماده به ماده دیگر شود. مثل کره و شیر که بوی ماهی و میوه را جذب می‌کنند یا تخم‌مرغ که بوی پیاز را به خود می‌گیرد. از نظر جذب بو سیب نباید با کلم، کرفس، پیاز و سیب‌زمینی در یک انبار نگهداری شود.

وضعیت نور نیز در خور اهمیت است. مثلاً کاهش نور و تاریکی، جوانه زدن سیب‌زمینی و پیاز را به تأخیر می‌اندازد و در بعضی از محصولات به‌کندکردن ایجاد رنگ و بوی بد در آنها کمک می‌کند. وجود ترکیبات تولیدکننده بو می‌تواند باعث کاهش مدت ماندگاری مواد موجود در سردخانه بشود. این موضوع به خصوص در مورد سیب و یا آن دسته از موادی که هنگام نگهداری استرهای فرار تولید می‌کنند حائز اهمیت است. استفاده از مواد جذب‌کننده بو مثل کربن فعال سودمند می‌باشد.

۲ ـ ۳ ـ نگهداری مواد حیوانی

در مورد گوشت، حرارت لاشه بعد از ذبح، ۳۹°C ـ ۳۰ است که در قسمت‌های عمقی به دلیل انجام برخی واکنش‌های شیمیائی به حدود ۴۰°C نیز می‌رسد. سردکردن این لاشه باید به صورتی انجام شودکه حرارت عمیق‌ترین قسمت آن تا ۵°C کاهش یابد. به طور کلی سرد کردن لاشه نباید خیلی به کندی انجام شود زیرا به کیفیت و زمان ماندگاری آن لطمه می‌زند. با توجه به حرارت نسبتاً زیاد لاشه بعد از ذبح، ورود آن به تونل‌های سردکننده می‌تواند با افزایش قابل توجه درجه حرارت هوای تونل همراه باشد و از کارآئی عمل سردکردن بکاهد. این موضوع باید به خوبی در محاسبه سرمای لازم در تونل سردکننده مورد توجه قرار بگیرد.

در طول سردکردن، مقداری از رطوبت لاشه که حدود ۲ درصد است از دست می‌رود که به معنی کاسته شدن از وزن آن می‌باشد. با افزایش رطوبت هوای سردکننده می‌توان تا حدودی از این کاهش وزن جلوگیری کرد. البته کنترل دقیق رطوبت هنگام نگهداری گوشت در سردخانه به سادگی میسر نیست و رشد کپک‌ها و ایجاد حالت لزج در سطح

Scanned by CamScanner

ماده غذایی می‌تواند صورت بگیرد. برای جلوگیری از چنین اثری در مواقعی از تابش ماوراء بنفش استفاده می‌شود.

موضوع جلوگیری از رشد کپک‌ها مشخصاً در فرآیند کهنه کردن گوشت که طی آن، تجزیه پروتئین‌های گوشت صورت می‌گیرد و ترد شدن آن را به همراه دارد حائز اهمیت است. برای کهنه کردن گوشت، آن را در حرارت ۲°c و رطوبت نسبی ۸۷ ـ ۸۵ درصد قرار می‌دهند و برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها لامپ‌های ماوراء بنفش در محیط نصب می‌شود. البته وضعیت و تعداد لامپ‌ها باید دقیقاً کنترل شود زیرا به چربی روی لاشه در اثر تابش ماوراء بنفش آسیب وارد می‌گردد.

اگرچه سرد کردن سریع گوشت دارای اثرات مثبت از نظر جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها می‌باشد اما چنین سرد کردنی می‌تواند یک اثر شدید بر یکپارچگی بافت وارد سازد. در این حالت گوشت ممکن است گرفتار یک ویژگی نامناسب ـ که البته چندان متداول نیست ـ یعنی کوتاه شدن در اثر سرما بشود.[17] البته این وضع در صورتی اتفاق می‌افتد که بلافاصله بعد از ذبح و قبل از جمود نعشی[18] عمل سرد کردن بین صفر تا c ۵°- صورت گیرد. در چنین حالتی میزان جذب و نگهداری آب توسط گوشت کاهش می‌یابد که سفت شدن آن را به همراه دارد.

همان طور که قبلاً در مورد اثر تغییر درجه حرارت بر میوه‌ها گفته شد، در مورد بعضی از اقلام یا بافت‌های حیوانی نیز یک تغیر کم درجه حرارت دارای اثر مشخصی بر مدت ماندگاری این مواد می‌باشد. مثلاً نگهداری مرغ در c ۲°-، مدت ماندگاری آن را نسبت به صفر درجه سانتیگراد به میزان ۴۰ درصد افزایش می‌دهد و آن را از ۱۸ روز به ۳۰ روز می‌رساند.

از نظر نگهداری ماهی، باید گفت اگرچه ماهی زنده از لحاظ میکروبی استریل محسوب می‌شود ولی باکتری‌هائی روی قشر لزج بدن و همچنین دستگاه گوارش ماهی زندگی می‌کنند که پس از مرگ آن به سرعت رشد و تکثیر می‌نمایند. یک نکته قابل توجه در اینجا این است که چون این باکتریها روی اندام موجودی خون سرد و در درجه

17 - Cold shortening
18 - Rigor mortis

Scanned by CamScanner

حرارت‌های نسبتاً پائین اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند و به آن شرایط عادت دارند از این نظر در شرایط انبار سرد یا یخچال نیز قادر به رشد خواهند بود. یک موضوع مهم از جهت نگهداری ماهی، روغن آن است که دارای اسیدهای چرب غیر اشباع زیاد (حتی با شش پیوند دوگانه) می‌باشد. چنین روغنی به سرعت اکسید می‌شود. همچنین فسفولیپیدهای[19] ماهی سرشار از تری‌متیل‌آمین[20] است که ماده اخیر توسط باکتریها و آنزیم‌های طبیعی همراه با ماهی از فسفولیپید جدا می‌گردد و ایجاد بوی نامطبوع در ماهی می‌کند.

به دلیل کوچک بودن اندازه مرغ و ماهی در مقایسه با لاشه گاو یا گوسفند می‌توان با قرار دادن مرغ و ماهی در آب سرد؛ حرارت آنها را به میزان زیادی کاهش داد. این عمل علاوه بر جلوگیری یا کند کردن رشد میکروارگانیسم‌ها بر روی این اقلام غذایی، کار سرد کردن بعدی آنها را نیز تسهیل می‌کند.

نگهداری تخم‌مرغ باید در پائین‌ترین درجه حرارت ممکن که عمل انجماد تخم‌مرغ نیز صورت نگیرد انجام شود. برای این منظور ۳۰ درجه فارنهایت مناسب می‌باشد. باید توجه گردد که در صورت منجمد شدن، به خصوص در مورد تخم‌مرغ‌هائی که پوسته نازکی دارند، امکان شکستن پوسته وجود دارد. پوسته دارای منافذی است که در ابتدا توسط لایه کاتیکل پوشیده شده که با شستن تخم‌مرغ از سطح آن جدا می‌شود. در این حالت امکان ورود میکروبها از طریق این منافذ زیاد شده و رطوبت و CO_2 نیز خارج می‌گردد. خروج CO_2 که افزایش حالت قلیائی را در تخم‌مرغ به همراه دارد باعث از دست رفتن حالت تازگی در تخم‌مرغ می‌شود و تخم‌مرغ حالت مانده و کهنگی به خود می‌گیرد. در این حالت سفیده و زرده حالت کم‌قوام و سستی داشته که پس از شکستن تخم‌مرغ گسترده و پهن می‌شوند. با گذشت زمان، هوا از طریق منافذ موجود در پوسته به داخل تخم‌مرغ راه یافته و سبب افزایش فضای اطاقک هوائی می‌گردد. بنابراین اندازه این فضا نشان‌دهنده تازگی یا ماندگی تخم‌مرغ می‌باشد.

برای جلوگیری از حالت فوق که عمدتاً ناشی از جدا شدن لایه کاتیکل است می‌توان تخم‌مرغ را در اتمسفری از گازکربنیک نگهداری کرد. اما روش متداول‌تر، فرو بردن

19 - Phospholipids

20 - Trimethylamine

Scanned by CamScanner

تخم‌مرغ در یک روغن معدنی سبک است که این امر سبب مسدود شدن منافذ موجود در روی پوسته می‌شود و خروج گاز کربنیک و رطوبت را کند می‌کند. برای آنکه از دست رفتن رطوبت به حداقل برسد، ممکن است رطوبت نسبی محیط تا ۹۰ درصد افزایش داده شود. تحت رطوبت مناسب و درجه حرارت ۳۰°F، می‌توان تخم‌مرغ‌هائی را که با درجه A مشخص می‌شوند به مدت ۶ ماه نگهداری کرد.

یکی از مهمترین مواد غذایی حیوانی که به دلیل ترکیب خاص خود در معرض فساد زیادی قرار دارد شیر است که در فصل اول نیز به سرعت تکثیر باکتریها در آن اشاره گردید. از همین نظر است که باید شیر بعد از دوشش همیشه تا زمان انجام فرایند مربوطه در مورد آن در حرارت پائین نگهداری شود تا مدت لازم برای تکثیر میکروبها طولانی گردد. حرارت توصیه شده برای نگهداری شیر در این حالت حدود ۵°C است. البته چنانچه شیر بیشتر از یک مدت مناسب در این حرارت نگهداری شود باکتریهای سرمادوست رشد کرده و مسئله‌ساز می‌شوند.

در اثر فعالیت لیپاز[۲۱] در شیر ـ که منشاء آن می‌تواند خود شیر یا میکروبهای موجود در آن باشد ـ اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه در شیر آزاد شده که ایجاد بوی نامطبوعی را در شیر یا برخی فراورده‌های آن به همراه دارد. البته این نوع فساد لیپولیتیک[۲۲] و قابل ایراد که مشخصاً خاص مواد لبنی است در مورد بعضی از پنیرها مثل پنیر رگه آبی[۲۳] مطلوب تلقی می‌شود. بدین معنی که در هنگامی که این پنیر در سردخانه به منظور انجام عمل رسیدن آن نگهداری می‌شود در اثر فعالیت لیپاز انواعی از کپک‌ها، اسیدهای چربی آزاد می‌شوند که همراه با اجزائی دیگر سبب ایجاد مزه و بوی خاص مطلوبی در پنیر می‌گردند.

نور نیز می‌تواند دارای اثرات سوئی روی مواد لبنی باشد. نور سبب کاهش شدید ریبوفلاوین[۲۴] می‌شود و همچنین نوعی بدطعمی در شیر و فرآورده‌های آن ایجاد می‌کند که ناشی از اثر آن بر اسیدهای آمینه می‌باشد. این نوع بدطعمی اساساً قبل از بدطعمی حاصل از اکسیداسیون چربی ـ که آن هم می‌تواند ناشی از اثر نور باشد ـ در این مواد ظاهر می‌شود.

---

21 - Lipase
22 - Lipolytic
23 - Blue - veined cheese
24 - Riboflavin

Scanned by CamScanner

۲ ـ ۴ ـ برآورد سرمای لازم برای سردخانه

در برآورد میزان سرمای لازم، مقدار و نوع ماده غذایی را باید در نظر گرفت. در اینجا بار حرارتی که باید گرفته شود تا درجه حرارت مورد نظر حاصل گردد برابر است با گرمای ویژه ضرب در وزن ماده ضرب در تعداد درجه حرارتی که باید حرارت ماده کاهش یابد. در جدول ۶ گرمای ویژه اقلامی از مواد غذایی ارائه شده است. چنانچه به هر دلیلی، مثل جدید و تحت امتیاز بودن یک ماده یا محصول غذائی، اطلاعاتی در مورد برخی از خصوصیات این ماده ـ نظیر گرمای ویژه آن ـ در دست نباشد با استفاده از رابطه ساده زیر می‌توان این خصوصیت را برآورد کرد:

گرمای ویژه = ۰/۰۰۸ (درصد آب موجود در ماده غذائی) + ۰/۲

مورد دیگری که باید محاسبه شود گرمای ناشی از تنفس بافت‌های گیاهی است که در انواع مختلف متفاوت می‌باشد و بستگی به فعالیت متابولیک آنها دارد. به عبارت دیگر ابتدا باید بدانیم چه مقدار حرارت باید گرفته شود تا درجه حرارت مورد نظر حاصل گردد سپس چه مقدار حرارت باید حذف گردد تا درجه حرارت مزبور حفظ شود. باید توجه داشت که چون رسیدن به درجه حرارت مورد نظر نیز در طی زمان قابل توجهی صورت می‌گیرد بنابراین گرمای ناشی از تنفس در این مرحله نیز باید در نظر گرفته شود. به طور کلی نگهداری موادی که حرارت زیاد تولید می‌کنند مثل لوبیای سبز و نخود سبز مشکل است.

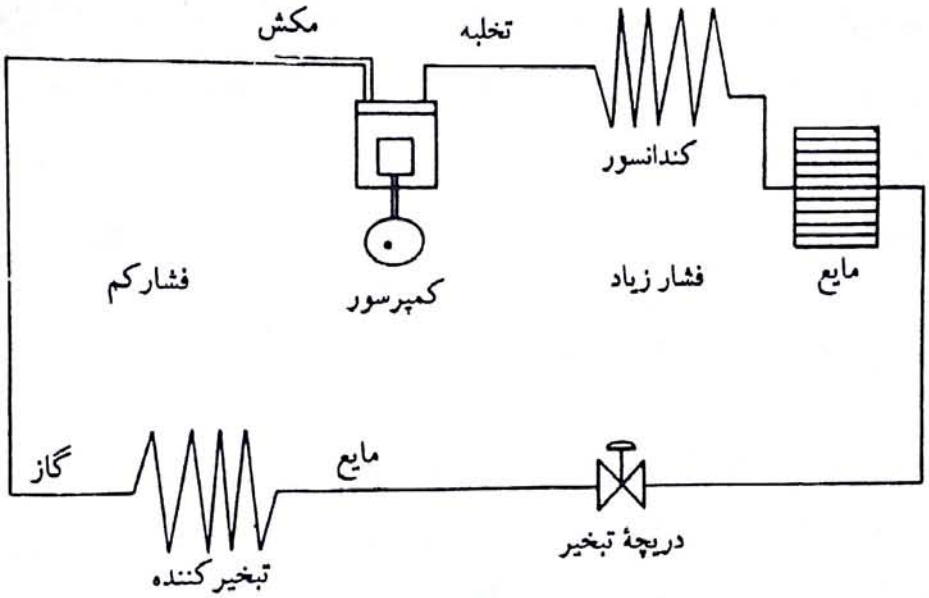
تغییرات درجه حرارت سردخانه‌ها باید در حد $\pm 1^{\circ}C$ باشد. عواملی چون باز و بسته شدن در سردخانه یا تعداد افرادی که در آن کار می‌کنند یا تعداد لامپ‌های روشن در سردخانه نیز باید مورد توجه و محاسبه قرار گیرند.

۲ ـ ۵ ـ سیستم‌های ایجادکننده سرما

۲ ـ ۵ ـ ۱ ـ یخچالهای مکانیکی

اگرچه استفاده از سردخانه‌ها و انجماد دارای سابقه طولانی می‌باشد اما تا سال ۱۸۷۵

یخچالهای مکانیکی که با آمونیاک کار می‌کردند مورد استفاده نبودند. سیستم سرمازا در یخچالهای مکانیکی متشکل از چهار قسمت تبخیرکننده[۲۵]، کمپرسور[۲۶]، کندانسور[۲۷] و دریچه انبساط[۲۸] می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳ ـ طرحی از یک سیستم سرمازا.

در اینجا مایع آمونیاک، از طریق دریچه انبساط به تبخیرکننده وارد و در آنجا با بخار شدن حرارت محیط را می‌گیرد. سپس گاز آمونیاک در کمپرسور فشرده می‌شود که در عین حال گرم می‌گردد. در مرحله بعد در کندانسور گاز مزبور توسط جریان آب یا هوا سرد و تبدیل به مایع می‌شود و به این ترتیب سیکل مربوطه می‌تواند مجدداً تکرار شده و ادامه یابد.

ماده سرمازای مورد استفاده باید فاقد سمیت، غیرقابل اشتعال و کم هزینه باشد.

25 - Evaporator
26 - Compressor
27 - Condenser
28 - Expansion valve

Scanned by CamScanner

همچنین دارای نقطه جوش پائین و گرمای نهان تبخیر بالا بوده و قابلیت اختلاط آن با روغن موجود در کمپرسور کم باشد. آمونیاک اگرچه از ویژگی اخیر برخوردار بوده و خاصیت انتقال حرارت آن بسیار خوب است ولی ماده‌ای سمی و قابل اشتعال می‌باشد و همچنین باعث ایجاد خوردگی در لوله‌های مسی که به دلیل قدرت انتقال حرارت زیاد در سیستم‌های سرمازا کاربرد مشخصی دارند می‌شود. دی‌اکسید کربن ماده سرمازای مورد استفاده دیگری است که غیرقابل اشتعال و غیرسمی می‌باشد اما به فشار عملیاتی بالاتری احتیاج دارد. مواد سرمازای هالوژنه نظیر دی‌کلرودی‌فلورومتان[۲۹] (CCl_2F_2) یا فرئون[۳۰] ۱۲، غیرسمی و غیرقابل اشتعال هستند و هزینه به‌کارگیری آنها پائین است؛ در حالی که از ویژگی انتقال حرارت خوبی نیز برخوردار می‌باشند. از همین جهات است که علیرغم قابلیت اختلاط آنها با روغن، به میزان وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نقطه جوش آمونیاک، دی‌اکسید کربن و فرئون ۱۲ در فشار ۱۰۰ کیلو پاسکال به ترتیب ۳۳/۳-، ۷۸/۵- (تصعید) و ۲۹/۸- درجه سانتیگراد است.

ماده ایجادکننده سرما، ممکن است باعث سردکردن هوا، آب یا یک سطح فلزیِ در تماس با ماده غذایی بشود. در مورد هوا، معمولاً از هوای سرد شده‌ای که دارای حرکت یا به صورت وزش می‌باشد استفاده می‌شود. زیرا در چنین حالتی از ضخامت لایه مرزی[۳۱] کاسته شده و عمل سرد کردن تسریع می‌گردد. لایه مرزی، لایه‌ای از هوا است که در مجاورت ماده غذایی قرار دارد و به صورت ساکن می‌باشد؛ از این نظر کار انتقال حرارت و ایجاد برودت راکند می‌کند. وجود حالت حرکت یا وزش در هوا باعث کاهش ضخامت این لایه می‌شود. درجه حرارت این هوا حدود ۴°C- می‌باشد. از این روش علاوه بر سردخانه‌های ثابت معمولی، در سردخانه‌های متحرک که کار حمل مواد غذایی را انجام می‌دهند (نظیر کامیون‌های سردخانه‌ای) استفاده می‌گردد.

روش دیگر که برای ایجاد سرما در وسایل حمل مواد غذایی به کار گرفته می‌شود استفاده از صفحاتی فلزی است که در بین فضای خالی میان هر دو صفحه، محلول‌های

29 - Dichlorodifluoromethane
30 - Freon
31 - Boundary layer

Scanned by CamScanner

نمکی (مثل کلرید پتاسیم[۳۲]، کلرید سدیم[۳۳] یا کلرید آمونیوم[۳۴]) که تا درجه حرارت اوتکتیک[۳۵] خود منجمد شده‌اند (از ۳- تا ۲۱- درجه سانتیگراد) قرار دارد. با به‌گردش در آوردن هوا در اطراف این صفحات، هوا سرد می‌شود و سپس از این هوا در سرد کردن ماده غذایی استفاده می‌گردد. ماده موجود در میان این صفحات مجدداً توسط یک منبع سرمازای خارجی منجمد و بار دیگر برای سرد کردن هوا در سردخانه وسیله حمل ماده غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در سیستم سرمازای یخچالهای مکانیکی، از نظر حرارتی بنابر قوانین اول و دوم ترمودینامیک، انرژی گرفته شده در تبخیرکننده (Q_2) و انرژی داده شده به کمپرسور (E) برابر انرژی حاصل شده از کندانسور (Q_1) می‌باشد.

$$Q_2 + E = Q_1$$

با توجه به هزینه زیاد تأمین انرژی در اکثر کشورها، از انرژی حاصل شده از عمل کندانسور ممکن است در مواردی استفاده شود و صرفه‌جوئی قابل توجهی در مصرف انرژی به عمل آید. در این مورد می‌توان مشخصاً به گرم کردن فضای سوپرمارکت‌ها که دارای یک سیستم سرمازای مرکزی هستند اشاره کرد.

۲ـ۵ـ۲ـ سردکردن با کریوژن[۳۶]

کریوژن ماده سرمازائی است که از طریق تغییر حالت خود ـ از مایع به گاز و یا جامد به گاز ـ در هنگام تماس با ماده غذائی، گرمای آن را برای تبخیر یا تصعید خود می‌گیرد و به این ترتیب ماده غذایی را سرد می‌کند. نیتروژن مایع و دی‌اکسید کربن (به صورت مایع یا جامد) دو ماده‌ای هستند که مشخصاً برای این منظور از آنها استفاده می‌شود. گاز حاصل از آنها، علاوه بر گرفتن گرمای نهان تبخیر و یا تصعید از ماده غذائی، گرمای محسوس را نیز برای گرم شدن خود از ۷۸°c- (در مورد CO_2) و یا از ۱۹۶°c- (در مورد نیتروژن مایع) جذب می‌کند و به این ترتیب در مجموع هر کیلوگرم دی‌اکسید کربن ۵۶۵ کیلوژول و هر

32 - Potasium choride
33 - Sodium chloride
34 - Ammonium chloride
35 - Eutectic
36 - Cryogen

Scanned by CamScanner

کیلوگرم نیتروژن مایع ۶۹۰ کیلوژول حرارت از ماده غذایی می‌گیرد.

عمل سرد کردن ماده غذایی توسط نیتروژن مایع ممکن است در سیستم غیرمداوم یا مداوم انجام شود. در حالت غیر مداوم از محفظه قفسه مانندی که از فولاد ضدزنگ ساخته شده و کاملاً عایق‌کاری گردیده استفاده می‌شود. در اینجا نیتروژن مایع به داخل محفظه تزریق شده که فوراً به شکل گاز در می‌آید. این گاز توسط پنکه‌ای به شکل یکنواختی در محفظه پخش می‌گردد. در این سیستم درجه حرارت داخل محفظه توسط یک میکروپروسسور[۳۷] کنترل و تنظیم می‌شود و از این نظر درجه حرارت اولیه ماده غذایی تأثیری بر انجام فرایند سرد کردن ندارند.

در سیستم مداوم، ماده غذایی توسط یک نقاله که سرعت آن قابل تنظیم می‌باشد به داخل استوانه‌ای که با زاویه نسبت به افق قرار دارد وارد می‌شود. قطر استوانه حدود یک متر است و طول آن ممکن است به ده متر برسد. این استوانه به آرامی می‌گردد و توسط پره‌هائی که در جدار خود دارد ماده غذایی را از قسمت پائین بر می‌دارد و در قسمت بالا رها می‌کند. به این ترتیب ماده غذایی به خوبی با گاز نیتروژن سردی که درون استوانه وجود دارد در تماس قرار می‌گیرد. ظرفیت این سیستم برای سبزیها و گوشت خرد شده به ۳ تن در ساعت می‌رسد.

امروزه از گاز نیتروژن مایع در کامیونها، واگنها و کشتیهای حامل مواد غذایی استفاده می‌شود که سریعاً سرمای لازم و مورد نظر را در محیط ایجاد می‌کند. این کار همچنین باعث دور شدن هوا از محیط می‌گردد که در مورد بعضی مواد سودمند است.

دی‌اکسید کربن ممکن است به صورتهای مایع یا جامد ـ که حالت جامد آن یخ خشک نیز نامیده می‌شود ـ مورد استفاده قرار گیرد. دی‌اکسید کربن چنانچه در حالت مایع در فضای حاوی ماده غذایی پاشیده شود، به صورت ذرات ریز برف مانندی در سطح ماده غذایی ظاهر می‌گردد که فوراً تصعید می‌شود و از این طریق حرارت ماده غذایی را می‌گیرد. از این ویژگی دی‌اکسید کربن در مصارف خاص و ارزشمندی استفاده می‌شود. مثل آغشتن ماده غذایی به ذرات ریز دی‌اکسید کربن جامد و سپس قرار دادن آن در کارتن برای حمل به نقاط دور دست که در این جریان با تصعید دی‌اکسید کربن سرمای

37 - Microprocessor

Scanned by CamScanner

لازم برای حفظ کیفیت ماده غذایی فراهم می‌شود. برای سرد کردن با استفاده از دی‌اکسید کربن ممکن است از سیستم مداوم نیز استفاده شود. در این حالت، ماده غذایی توسط نقاله مارپیچ مانندی از محفظه‌ای که در آن دی‌اکسید کربن پاشیده می‌گردد عبور داده می‌شود.

گازهای حاصل از تبخیر دی‌اکسید کربن مایع و تصعید دی‌اکسید کربن جامد به ترتیب دارای ۱۳ درصد و ۱۵ درصد آنتالپی[۳۸] یا (ظرفیت منجمدکننده) ماده اولیه خود هستند. اما گاز حاصل از نیتروژن مایع حاوی ۵۲ درصد آنتالپی نیتروژن مایع است. از این نظر در صورت استفاده از نیتروژن مایع، نیاز به سیستمی برای مهار و استفاده از توان سرمازائی زیاد موجود در گاز نیتروژن به وجود آمده می‌باشد؛ در حالی که در مورد گاز دی‌اکسید کربن به دلیل میزان کم آنتالپی آن چنین نیازی مطرح نیست. البته در محیطی که این دو گاز وجود دارند باید عمل تهویه به خصوص در مورد دی‌اکسید کربن صورت بگیرد. زیرا چنانچه میزان دی‌اکسید کربن (از نظر حجم) از ۰/۵ درصد در محیط تجاوز کند، محیط از جهت سلامتی برای کسانی که در آن مشغول کار هستند نامناسب می‌شود. باید توجه شود که به دلیل تفاوت زیاد درجه حرارت دی‌اکسید کربن و نیتروژن، هنگامی که از دی‌اکسید کربن استفاده شود احتمال ایجاد شوک سرمائی در ماده غذایی و همچنین وارد آمدن آسیب‌های سرمائی بر اندامهای کسانی که در ارتباط با این مواد کار می‌کنند کمتر می‌باشد.

۲ ـ ۶ ـ اتمسفر کنترل شده[۳۹] و اتمسفر تغییریافته[۴۰]

یکی از روشهای نگهداری مواد غذائی، نگهداری در انبارهائی است که میزان یا ترکیب گازهای موجود در اتمسفر آنها به شکلی تحت کنترل، نظارت و تنظیم می‌باشد. هدف از به‌کارگیری چنین اتمسفری جلوگیری از تغییرات فیزیولژیک نامطلوبی است که به کیفیت ماده غذایی لطمه وارد می‌سازد. مبداء یا پیدایش روش استفاده از یک اتمسفر تحت‌کنترل مربوط به کشفی درحدودهفتادسال پیش است که طی آن دو محقق‌به‌نام های کید[۴۱] و وست[۴۲] متوجه شدند در اتمسفری که نسبت به هوای معمولی، میزان اکسیژن کمتر و مقدار دی‌اکسید کربن بیشتر می‌باشد نگهداری بعضی از واریته‌های سیب بهتر صورت

38 - Enthalpy
39 - Controlled Atmosphere
40 - Modified Atmosphere
41 - Kid
42 - West

Scanned by CamScanner

می‌گیرد.

اتمسفر مورد بحث به دو صورت می‌تواند باشد. در یک حالت که به طور مشخص اتمسفر کنترل شده نامیده می‌شود، ترکیب گازهای موجود در فضای انبار از طریق خارج کردن و یا اضافه کردن معمولاً یک گاز که اغلب دی‌اکسید کربن است به شکل مناسب و مورد نظر ایجاد و حفظ می‌گردد. در یک حالت دیگر که موسوم به اتمسفر تغییر یافته است، انبار به طور کامل مسدود می‌شود و ارتباط اتمسفر موجود در آن با محیط خارج قطع می‌گردد. در چنین حالتی در اثر فعالیت تنفسی موادی که در انبار قرار دارند، ترکیب گازهای موجود که در جهت کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن است تغییر می‌یابد تا حدی که اتمسفری ایجاد شود که بتوان تحت اثر آن ماده غذایی را به شکل مطلوبی برای مدتی طولانی نگهداری کرد.

به طور کلی تحت شرایط کنترل شده‌ای که با افزایش دی‌اکسید کربن و کاهش اکسیژن همراه است درجه حرارت داخل انبار نیز تا حد خاصی کاهش داده می‌شود تا سرمای ایجاد شده در محیط به حفظ حالت تازگی در سبزیها و میوه‌ها کمک کند.

از نظر تأثیر شرایط کنترل شده در افزایش مدت نگهداری ماده غذایی می‌توان به عنوان مثال توت‌فرنگی را مورد توجه قرار داد. این ماده که در یک سردخانه معمولی ویژگی مطلوب بودن خود را برای حدود ۲ هفته حفظ می‌کند، در یک شرایط کنترل شده، ممکن است حتی بعد از ۴ هفته نیز قابل عرضه به بازار باشد. این مدت برای سیب به ترتیب ۵ و ۱۰ ماه می‌باشد.

در انبارهائی که دارای اتمسفر کنترل شده و اتمسفر تغییریافته هستند، تغییرات دو گاز اصلی ـ یعنی اکسیژن و دی‌اکسید کربن ـ به گونه‌ای است که مجموع غلظت آنها برابر ۲۱ درصد (همان غلظت اکسیژن در هوا) می‌باشد. اما در حالت اتمسفر کنترل شده ممکن است مجموع غلظت این دو گاز تا حدود ۵ درصد کاهش یابد. اساساً در تنظیم غلظت گازها در هر دو نوع اتمسفر باید به دو اصل توجه شود. اول اینکه با کاهش اکسیژن، حساسیت به دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد. و مورد دوم این است که در میزان بسیار پائین اکسیژن در محیط، خطر انجام تخمیر و همراه با آن افزایش مقدار دی‌اکسید کربن زیاد می‌شود.

در اتمسفر کنترل شده، عمل کنترل و تنظیم غلظت گازهای موجود در اتمسفر، از طریق وارد کردن دی‌اکسید کربن به صورت جامد یا مایع به محیط و یا تهویه محیط و عبور

Scanned by CamScanner

گازهای آن از روی هیدروکسید کلسیم [۴۳] یا کربن فعال برای جذب دی‌اکسید کربن اضافی صورت می‌گیرد. در این جریان ممکن است به گونه عمل شود که گاز اتیلن تولید شده و موجود در فضای انبار نیز جدا شود.

در مورد اتمسفرهای تغییر یافته‌ای که ارتباط آنها به طور کامل با محیط قطع نگردیده است جهت تسریع در دستیابی به غلظت لازم از گازهای مورد نظر ـ که باید از طریق فعالیت تنفسی مواد تازه به وجود آید ـ می‌توان با استفاده از سیلندرهای تحت فشار حاوی گاز، مقداری گاز به فضای درون انبار تزریق کرد.

آگاهی دقیق از میزان دی‌اکسید کربن موجود در اتمسفر هر دو نوع انبار بسیار حائز اهمیت است. برای این منظور می‌توان از سنسورها [۴۴] یا وسایل سنجش خاصی که بر مبنای اختلاف هدایت گرمائی گازهای مختلف و یا اختلاف در میزان جذب تابش مادون قرمز توسط آنها عمل می‌کنند استفاده کرد. این سنسورها با سیستمی مرتبط هستند که به طور اتوماتیک کار برداشت یک گاز اضافی را از محیط و یا تزریق یک گاز مورد نیاز را به فضای درون انبار انجام می‌دهد.

در انباری که دارای اتمسفر کنترل شده است در مقایسه با انبارهای سرد معمولی میزان رطوبت نسبی بیشتر بوده و مقدار آن ۹۵ ـ ۹۰ درصد می‌باشد. از این نظر میزان از دست رفتن وزن کاهش می‌یابد و حالت تردی ماده غذایی تازه حفظ می‌شود.

به طور کلی، هر دو نوع انبار مورد بحث علیرغم ویژگی ارزشمندی که در طولانی کردن قابلیت نگهداری ماده غذایی دارند دارای مسائل و محدودیت‌هائی نیز می‌باشند. از جمله این محدودیت‌ها عدم تحمل غلظت بالای دی‌اکسید کربن و پائین بودن میزان اکسیژن توسط بسیاری از اقلام غذایی است. مشکل دیگر این است که با تغییر ترکیب گازها در اتمسفر، فعالیتهای بیوشیمیائی خاصی ممکن است در ماده غذایی صورت گیرد که تولید مواد بدبو و بدطعم را در ماده غذایی به همراه داشته باشد. در همین رابطه ممکن است مقدار قابل توجهی اتیلن تولید شود که باعث تسریع عمل رسیدن و یا به عبارتی کاهش عمر انباری ماده غذایی می‌شود. مشکل دیگر حائز اهمیت، موضوع اقتصادی بودن استفاده از این نوع انبارها است. زیرا هزینه نگهداری ماده غذایی در این انبارها حدود دو

43 - Calcium hydroxide
44 - Sensor

Scanned by CamScanner

برابر هزینه نگهدرای در یک انبار سرد معمولی می‌باشد. با توجه به اینکه امروزه امکان انتقال بسیاری از مواد از مناطق دور دستِ دارای فصل برداشت متفاوت به شکل سریع و با هزینه‌ای نسبتاً کم - به خصوص در جوامع صنعتی - وجود دارد، استفاده از این انبارها ممکن است اقتصادی و مناسب نباشد. در واقع باید گفت که اقتصادی بودن و هزینه عملیات مهمترین عاملی است که ایجاد و استفاده از انبارهای دارای اتمسفر کنترل شده و تغییریافته را موجه می‌سازد. سیب از این نظر یک محصول مناسب محسوب می‌شود و به میزان کمتری نگهداری گلابی و کلم نیز در این انبارها خوب و مناسب می‌باشد.

استفاده از اتمسفر کنترل شده در وسایل انبار مانند متحرک که کار حمل وانتقال ماده غذایی را انجام می‌دهند مثل کامیونها و واگنهای قطار مشکل است اما در مورد کشتیهاانجام این کارساده‌تر می‌باشد.

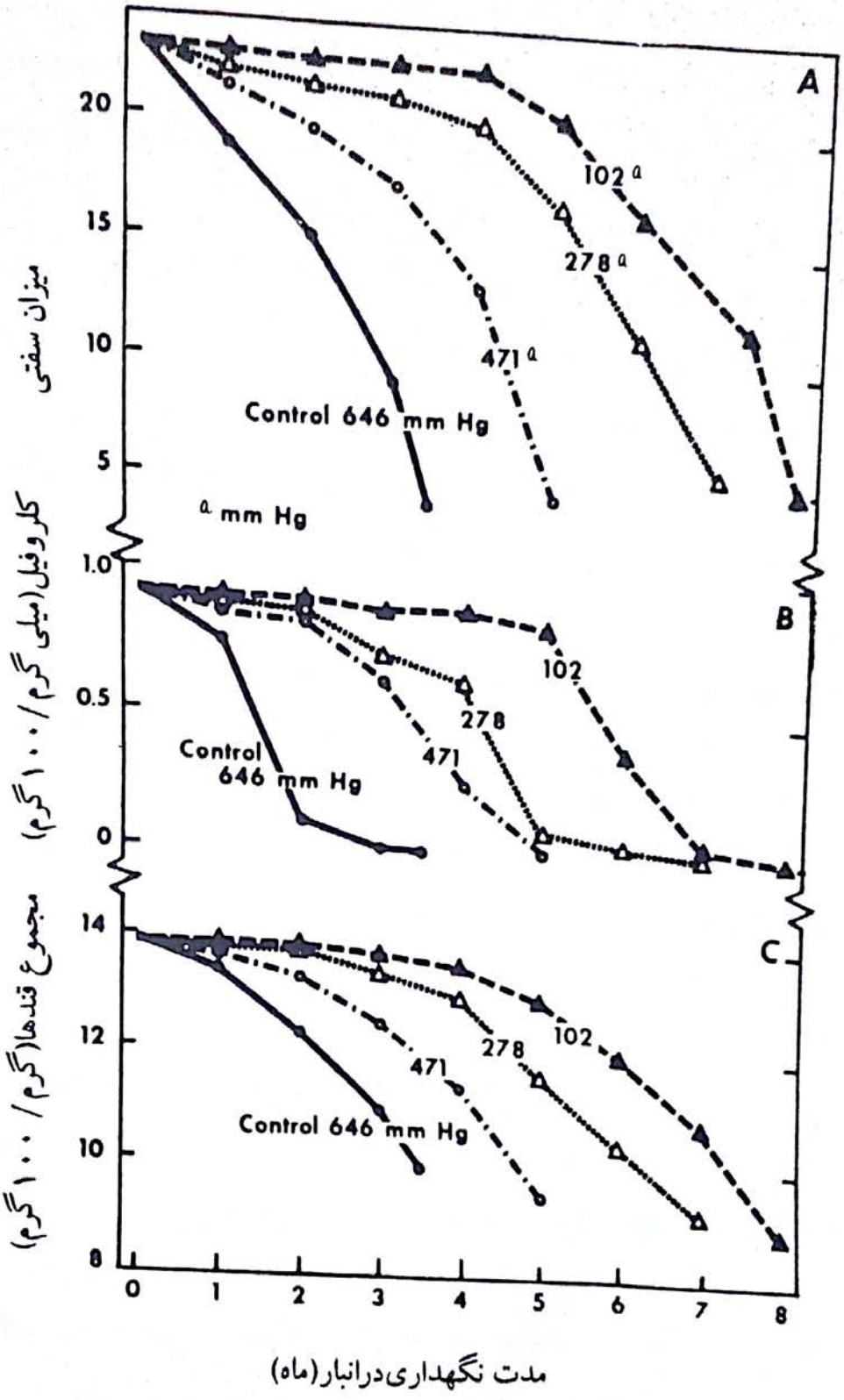
در نوعی از انبار دارای اتمسفر کنترل شده از یک خلاء جزئی در محیط استفاده می‌شود. در اینجا علاوه بر کاهش مقدرا اکسیژن، مزیت مهمی که مطرح می‌شود برداشتن مداوم اتیلن و سایر مواد فرار از اتمسفر مربوطه و کنترل دقیق فشار هوا (۰/۱٪±) است که مجموعاً از رسیدن و کهنه شدن ماده غذایی جلوگیری می‌کنند. شکل ۴ اثر اتمسفری با خلاء جزئی را بر میزان سفتی، کلروفیل و قند در گلابی نشان می‌دهد. البته این روش یا حالت از اتمسفر کنترل شده به دلیل هزینه زیاد آن به طور متداول به کار گرفته نمی‌شود.

۲-۶-۱- مکانیسم اثر اتمسفر کنترل شده و اتمسفر تغییریافته

دی‌اکسید کربن به دو طریق از فعالیت میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند. یکی حل شدن در آب ماده غذایی است که تشکیل اسید کربنیک و کاهش pH را به همراه دارد و دیگری جلوگیری از انجام بسیاری از واکنشهای آنزیمی و بیوشیمیائی هم در سلولهای میکروارگانیسم‌ها و هم در سلولهای ماده غذایی می‌باشد. در حالت اخیر، کنترل ترکیب گازها در اتمسفر در برگیرنده ماده غذایی بسیار ضروری است زیرا هر تغییری می‌تواند باعث بروز آثار جدی و نامطلوبی در ماده غذایی بشود.

به طور کلی شرایط حاد و انتهائی - یعنی حداقل یا حداکثر غلظت گازها در اتمسفر انبار - می‌تواند بی‌نظمی‌های فیزیولژیک خاصی را در پی داشته باشد که مکانیسم ایجاد این

Scanned by CamScanner



شکل ۴ ـ اثرات ایجاد یک خلاء جزئی در انبار بر (A) سفتی، (B) کلروفیل، و (C) مجموع قندهادر گلابی.

Scanned by CamScanner

بی‌نظمی‌ها به طور کامل شناخته شده نیست. اما شواهد موجود نشان می‌دهد که همان اصولی که در مورد بی‌نظمی‌ها و آسیب‌های ناشی از درجه حرارت پائین مطرح می‌باشد در مورد صدمه ناشی از CO_2 و یا محرومیت از اکسیژن صدق می‌کند. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که بعضی از متابولیت‌های سمی نظیر اسید سوکسینیک[45]، اتانول و استالدهید، در برخی از مواد قبل از ظهور علائم آسیب‌دیدگی در ماده غذایی جمع می‌شوند.

در مورد سیب، صدمه ناشی از غلظت کم اکسیژن باید به دلیل غلظت زیاد CO_2 باشد. زیرا سیب را می‌توان به شکل خوب و رضایت‌بخشی در اتمسفری که دارای ۱ درصد اکسیژن و ۹۹ درصد نیتروژن است انبار کرد. از نظر اثر سوء غلظت زیاد CO_2 در انبار، می‌توان سیب‌زمینی را نیز مورد توجه قرار داد. همان طور که قبلاً اشاره شد سیب‌زمینی زخمی شده چنانچه در یک انبار معمولی به شکل مناسبی نگهداری شود، آسیب وارد شده به آن ترمیم و برطرف می‌شود. اما اگر یک سیب‌زمینی زخمی شده در یک اتمسفر کنترل شده انبار شود به سرعت فاسد می‌گردد. زیرا غلظت زیاد CO_2 از خوب شدن آن جلوگیری می‌کند؛ یعنی اجازه ترمیم بافت آسیب دیده را نمی‌دهد. جدول ۷ میزان حداکثر CO_2 و حداقل اکسیژن راکه محتملاً توسط اقلامی از میوه‌ها و سبزیها قابل تحمل می‌باشد نشان می‌دهد. همان طور که در این جدول مشخص است تفاوت قابل توجهی میان برخی از اقلام از نظر میزان تحمل دی‌اکسید کربن وجود دارد. از این نظر نگهداری این گونه مواد همراه با یکدیگر در یک اتمسفر تغییر یافته مشخص، صحیح و مناسب نمی‌باشد.

۲ـ۶ـ۲ـ بسته‌های مواد غذایی با اتمسفر تغییر یافته[46]

ایجاد یک اتمسفر مورد نظر و کنترل شده در داخل یک بسته حاوی ماده غذایی نیز می‌تواند برای افزایش مدت ماندگاری ماده غذایی و حفظ کیفیت آن مورد استفاده قرار بگیرد. در این روش، ترکیب گازهای موجود در بسته بعد از قرار دادن ماده غذایی در آن و قبل از بستن آن به شکل مورد نظر تغییر داده می‌شود. البته چنین اتمسفری در مورد تمام

45 - Succinic acid
46 - Modified Atmosphere Packaging (MAP)

Scanned by CamScanner

جدول ۷ ـ میزان حداکثر دی‌اکسید کربن و حداقل اکسیژن که محتملاً توسط میوه‌ها و سبزیهای تازه قابل تحمل می‌باشد

میوه و سبزی	$\%CO_2$	$\%O_2$	میوه و سبزی	$\%CO_2$	$\%O_2$
سیب (جاناتان)۱	۵	۲	کنگر	۲	۳
زردآلو	۲	۲	مارچوبه (در ۵°C)	۱۰	۱۰
موز	۵	–	مارچوبه (در ۲°C)	۱۵	۱۰
میوه مرکبات	–	۵	لوبیا سبز	۱۰	۲
انجیر	۲۰	–	کلم دکمه‌ای	۵	۲
انبه	۵	–	کلم	۵	۲
شلیل	۵	۲	هویج	۴	۳
زیتون	۱۰	۲	کرفس	۲	۲
پاپایا	۵	۲	خیار	۱۰	۳
گلابی (آنجو)۲	۱	۲	پیاز	۱۰	۱
آناناس	–	۲	گوجه‌فرنگی	۲	۳
آلو (ایتالیائی)	۲۰	–	سیب‌زمینی	۱۰	۱۰
توت فرنگی	۲۰	۲	اسفناج	۲۰	–
گیلاس شیرین	۱۰	۳	نخود سبز	۷	۵

1 - Janathan 2 - Anjou

موادی که به این صورت بسته‌بندی شده‌اند به دلایل نفوذپذیری ماده بسته‌بندی، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تنفس ماده غذایی ثابت نمی‌ماند و دستخوش تغییر می‌شود. به این ترتیب انتخاب ماده مناسب برای بسته‌بندی، استفاده از اتمسفر تغییریافته‌ای که تنفس ماده غذایی را به حداقل برساند و همچنین کاهش تعداد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در درون بسته می‌توانند بیشترین مدت را برای نگهداری ماده غذایی در چنین بسته‌هائی فراهم کنند. جدول ۸ مدت ماندگاری را برای تعدادی از اقلام غذایی که در بسته‌های دارای اتمسفر

Scanned by CamScanner

تغییر یافته و بسته‌های حاوی هوا قرار دارند نشان می‌دهد. همان طور که در جدول مشخص است مدت ماندگاری قهوه در بسته‌های حاوی اتمسفر تغییر یافته به میزان بسیار زیاد افزایش می‌یابد که به دلیل حفظ اجزاء به وجود آورنده عطر خاص قهوه در چنین اتمسفری می‌باشد. در مورد مواد پخته شده آردی، شامل نان معمولی، نان ساندویچی و کیک نیز مدت ماندگاری به میزان زیادی افزایش می‌یابد که با توجه به وجود خطر بیات شدن در این مواد، این افزایش بسیار حائز اهمیت است.

جدول ۸ ـ افزایش مدت ماندگاری با استفاده از بسته دارای اتمسفر تغییر یافته (MAP)

	مدت ماندگاری (روز)	
	هوا	MAP
گوشت گاو*	۴	۱۲
نان**	۷	۲۱
کیک**	۱۴	۱۸۰
مرغ*	۶	۱۸
قهوه**	۳	۵۴۸
گوشت پخته*	۷	۲۸
ماهی*	۲	۱۰
ماکارونی تازه*	۲	۲۸
پیتزا تازه*	۶	۲۱
گوشت خوک*	۴	۹
ساندویچ‌ها (نان)*	۲	۲۱

* نگهداری شده در یخچال
** نگهداری شده در فضای معمولی

ایراد مشخصی که از نظر سلامت مصرف‌کننده در به کارگیری بسته‌های مواد غذایی با اتمسفر تغییر یافته عنوان می‌شود این است که تحت شرایط اتمسفر تغییر یافته و یا خلاء، در حالی که از فعالیت میکروارگانیسم‌هائی که در حالت عادی روی مواد غذایی رشد و تکثیر

Scanned by CamScanner

پیدا می‌کنند و سبب فساد می‌گردند جلوگیری می‌شود، میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی و بی‌هوازی اختیاری بیماری‌زا می‌توانند فعال باشند و مسئله‌ساز شوند. البته برای مقابله با چنین وضعی توصیه می‌شود که از بسته‌های حاوی اتمسفر تغییر یافته در مورد موادی استفاده شود که از نظر میزان فعالیت آب و pH دارای ویژگی خاص و مناسبی باشند و همچنین درجه حرارت نگهداری در حدی باشد که در مجموع اجازه فعالیت به چنین میکروارگانیسم‌های بیماری‌زائی را ندهند.

با توجه به اینکه وجود و حفظ ترکیب خاصی از گازها در بسته‌های دارای اتمسفر تغییر یافته ضروری است، کیفیت ماده بسته‌بندی و نحوه کار بسته‌بندی که در مجموع می‌توان آنها را سیستم بسته‌بندی نامید دارای اهمیت خاصی می‌باشد. در طی مشخصاً دو دهه اخیر در این زمینه پیشرفت‌های قابل توجهی صورت گرفته و سیستم‌هائی که سیستم فعال یا هوشمند گفته می‌شوند ارائه گردیده است. چنین سیستم فعالی را می‌توان به دو صورت به وجود آورد. یک حالت آن تثبیت ترکیبات شیمیائی خاص در سطح داخلی ورقه یا لفاف بسته‌بندی است که می‌توانند وظیفه (یا وظایف) مخصوصی را انجام دهند. در حالت دیگر یک کیسه یا بسته کوچک در درون بسته اصلی حاوی ماده غذایی قرار داده می‌شود که به دلیل وجود مواد خاصی در داخل آن می‌تواند کار مشخص و مورد نظری را انجام دهد. این وظایف شامل مهارکردن اکسیژن یا دی‌اکسیدکربن، جذب رطوبت و مواد بدبو، کنترل درجه حرارت و رطوبت، تزریق دی‌اکسید کربن به محیط و عمل نگهدارندگی می‌باشد.

یک مثال مشخص برای گروه اول، آغشتن سطح داخلی لفاف بسته‌بندی به آنزیم تثبیت شده‌ای نظیر گلوکز اکسیداز[۴۷] است. این آنزیم با به کارگیری اکسیژن موجود در درون بسته ماده غذائی، گلوکز موجود در محیط را اکسید کرده و اسید گلوکونیک[۴۸] تولید می‌کند. با ایجاد این اسید، pH در سطح محصول کاهش می‌یابد و همچنین پراکسید هیدروژن[۴۹] که تشکیل می‌شود می‌تواند نقش ضد میکروبی داشته باشد. به این ترتیب علاوه بر حذف اکسیژن از محیط، در طی این واکنش شرایط مفید یا مثبت دیگری نیز

47 - Glucose oxidase
48 - Gluconic acid
49 - Hydrogen peroxide

Scanned by CamScanner

می‌تواند در درون بسته حاوی ماده غذایی به وجود آید و از این طریق مدت ماندگاری ماده مربوطه افزایش یابد. البته چنانچه ماده غذایی حاوی گلوکز نباشد، گلوکز نیز باید همراه با آنزیم در سطح داخلی لفاف بسته‌بندی تثبیت شود. آغشتن سطح داخلی این لفاف به انتی اکسیدان‌ها[۵۰] و یا رادیکال‌های آزادی که بتوانند اکسیژن را مهار کنند از موارد دیگری هستند که می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

البته همان طور که قبلاً اشاره شد، چنانچه کاهش میزان اکسیژن در محیط حاوی ماده غذایی بیشتر از یک حد خاصی صورت گیرد، نه تنها سودمند نیست بلکه می‌تواند رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی بیماری‌زا را به همراه داشته باشد. از همین جهت است که در نوعی از لفاف بسته‌بندی عرضه شده، تحت شرایط حرارتی خاصی که هم‌آهنگ بامیزان تنفس ماده غذایی می‌باشد، میزان نفوذپذیری لفاف نسبت به اکسیژن افزایش می‌یابد و به این ترتیب مشکل ذکر شده به وجود نمی‌آید. بدیهی است که چنین لفافی می‌تواند از ورود اکسیژن به میزانی بیشتر از یک حد مناسب و لازم به درون بسته جلوگیری کند. در مورد رطوبت نیز لفاف‌های مشابهی وجود دارد که میزان نفوذپذیری آنها نسبت به رطوبت تغییر پیدا می‌کند و از این طریق مقدار رطوبت در اتمسفر درون بسته در حد مناسبی حفظ می‌شود.

در روشی که با به کارگیری کیسه کوچک در درون بسته حاوی ماده غذایی عمل مهار اکسیژن صورت می‌گیرد از آهن استفاده می‌شود. در اینجا در حضور بخار آب، آهن اکسید می‌شود و به هیدروکسید فریک[۵۱] تبدیل می‌گردد. از چنین کیسه‌ای ممکن است برای جذب رطوبت نیز استفاده شود. در این حالت از تشکیل قطرات آب در سطح ماده غذایی که می‌تواند رشد میکروارگانیسم‌ها را به همراه داشته باشد جلوگیری می‌گردد. در حال حاضر بسته‌بندی‌هائی که قادر به مهار اکسیژن هستند بیشترین کاربرد را دارند و در مورد موادی چون محصولات آردی، گوشت‌های عمل‌آوری و دودی شده، پنیر و قهوه به کار گرفته می‌شوند. باید توجه شود که هزینه زیادتر استفاده از سیستم‌های فعال پیشرفته بسته‌بندی نسبت به هزینه سیستم یا روش معمولی بسته‌بندی یک عامل مهم و محدودکننده

50 - Antioxidants
51 - Ferric hydroxide

Scanned by CamScanner

برای به کارگیری سیستم‌های فعال می‌باشد.

۲ـ۶ـ۲ـ۱ـ مواد مورد استفاده برای بسته‌بندی

برای بسته‌بندی مواد تحت یک اتمسفر تغییر یافته به میزان زیادی از مواد پلاستیکی استفاده می‌گردد. پلاستیک‌ها در مقابل گازها نفوذپذیر هستند. مقدار گازی که از یک ورقه پلاستیکی عبور می‌کند تابع این عوامل و شرایط است: ۱) اختلاف فشار جزئی گاز در داخل و خارج بسته، ۲) نوع پلاستیک، ۳) ضخامت پلاستیک، ۴) درجه حرارت پلاستیک. از این گذشته، خاصیت انتقال گاز بعضی از پلاستیک‌ها به طور مشخصی تحت تأثیر رطوبت قرار داشته و همچنین ممکن است آغشته شدن آنها به موادی نظیر چربی بر این خاصیت اثر بگذارد. در عمل، مناسب بودن خواص انتقال گاز یک ورقه پلاستیکی، معمولاً بر حسب میزان عبور اکسیژن تحت شرایط مشخص رطوبتی و حرارتی مورد بررسی و سنجش قرار می‌گیرد. میزان عبور دی‌اکسید کربن از لفاف پلاستیکی معمول ۸ـ۲ برابر بیشتر از میزان عبور اکسیژن است. چنانچه قرار باشد ماده بسته‌بندی به کار رفته در مورد بسته‌های حاوی اتمسفر تغییر یافته باعث کند کردن فساد ماده درون خودگردد، باید میزان نفوذپذیری ماده بسته‌بندی مزبور به اکسیژن کمتر از ۲ میلی لیتر اکسیژن / مترمربع / ۲۴ ساعت / اتمسفر باشد. جدول ۹ میزان نفوذپذیری مواد مختلف بسته‌بندی برای گوشت را به اکسیژن و دی‌اکسید کربن نشان می‌دهد.

البته برای ایجاد یک بسته با اتمسفر کنترل شده حقیقی باید از ورقه‌های غیرقابل نفوذ به گاز استفاده شود. اما ممکن است برای برخی مقاصد، ورقه‌هائی با نفوذپذیری بسیار کم به گاز به کار گرفته شوند که تقریباً به وجود آورنده چنین اتمسفری می‌باشند (سیستم فعال). برای غیر قابل نفوذ کردن ورقه بسته‌بندی به گاز، ورقه باید با لایه‌ای از یک ماده غیرپلاستیکی نظیر فویل آلومینیمی یکی یا همراه گردد.

بسته‌های حاوی اتمسفر تغییر یافته ممکن است به دو صورت یعنی حاوی اکسیژن زیاد و یا دارای اکسیژن کم باشند. اتمسفر موجود در بسته‌های دارای اکسیژن زیاد، حاوی تا ۷۰ درصد اکسیژن، حدود ۳۰ درصد دی‌اکسید کربن و صفر تا ۲۰ درصد نیتروژن هستند. از بسته‌های دارای اکسیژن زیاد اساساً در مورد گوشت‌های قرمز استفاده می‌شود. زیرا وجود

Scanned by CamScanner

مقدار زیاد اکسیژن در اتمسفر درون بسته باعث تشکیل لایه قابل توجهی از اکسی‌میوگلوبین [۵۲] در سطح گوشت می‌گردد که یک رنگ قرمز روشن و مطلوبی را در سطح گوشت ایجاد می‌کند. در صورت عدم وجود مقدار زیاد اکسیژن دردرون بسته حاوی گوشت، میوگلوبین اکسید می‌شود و تبدیل به مت میوگلوبین [۵۳] می‌گردد که قهوه‌ای رنگ و نامطلوب است. میزان تشکیل مت‌میوگلوبین بستگی به کاهش فشار اکسیژن در محیط بسته دارد.

جدول ۹ ـ نفوذپذیری مواد بسته‌بندی گوشت به اکسیژن و دی‌اکسید کربن

ماده	نفوذپذیری [۱] به	
	اکسیژن	دی‌اکسید کربن
پلی‌اتیلن [۲] (با دانسیته کم)	۸۵۰۰	۴۴۰۰۰
پلی اتیلن (با دانسیته زیاد)	۱۸۴۰	۷۹۰۰
پلی پروپیلن [۳]	۳۰۰۰	۷۹۰۰
پلی وینیل کلرید [۴] (PVC)	۴۲۰۰	۱۷۰۰۰
پلی استر [۵] (PET)	۷۹	۲۴۰
پلی وینیلیدن کلرید [۶] (PVDC)	۱۰	۵۳
اتیل وینیل استات [۷] (EVA)	۱۲۰۰۰	۳۸۰۰۰
کریوواک [۸] BBI (۵۰ میکرون)	۲۰	۸۰
نایلون / پلی‌اتیلن (۱۵/۳۷ میکرون)	۹۰	۶۰۰

۱ - نتایج بر حسب میلی‌لیتر / مترمربع / ۲۴ ساعت / اتمسفر است.

2 - Polyethylene
3 - Polypropylene
4 - Polyvinyl chloride
5 - Polyester
6 - Polyvinylidene chloride
7 - Ethylvinyl acetate
8 - Cryovac

وجود اکسیژن در فضای بسته در مورد مرغ و گوشت‌های پخته فاقد اثر مثبت است، زیرا در این مواد موضوع حفظ رنگ خاص گوشت تازه مطرح نمی‌باشد. در چنین حالتی

52 - Oxymyoglobin
53 - Metmyoglobin

Scanned by CamScanner

می‌توان میزان دی‌اکسید کربن را تا حد زیادی افزایش داد که این افزایش از فساد ماده گوشتی توسط میکروارگانیسم‌ها شامل کپک‌ها و سودوناموس‌ها به طور موثری جلوگیری می‌کند و مدت ماندگاری ماده مزبور را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. در مواردی که از غلظت نسبتاً زیاد CO_2 در اتمسفر درون بسته استفاده می‌شود (مثلاً ۳۰ درصد)، نیتروژن به عنوان گاز پرکننده مورد استفاده قرار می‌گیرد تا علیرغم کاهش فشار جزئی سایر گازها به حفظ شکل ظاهری بسته کمک شود و بسته شکل درهم فرو رفته‌ای به خود نگیرد.

ترکیب اتمسفر درون بسته در طی مدت نگهداری به دلیل حلالیت زیاد CO_2 در گوشت و تفاوت در قابلیت عبور گازها از لفاف بسته‌بندی تغییر می‌کند. میزان چنین تغییری با کاهش نسبت حجم بسته به توده ماده غذایی درون آن افزایش می‌یابد. باید توجه شود که جذب CO_2 توسط گوشت باعث کاهش pH آن می‌شود که می‌تواند سبب افزایش میزان تراوش (مایع) از گوشت گردد و مقداری از اجزای محلول در این مایع از این طریق از دست برود.

۲ ـ ۷ ـ نگهداری دانه‌های غذایی

اساساً نگهداری دانه‌های غذایی به دلیل داشتن رطوبت پائین و بافتی سخت ساده‌تر از دیگر اقلام غذایی می‌باشد. اما از جهت آنکه این مواد باید برای مدتی طولانی ـ یعنی از یک فصل برداشت تا فصل برداشت بعد ـ ذخیره شوند، مسائلی در مورد نگهداری آنها مطرح می‌گردد. به طور کلی در مورد دانه‌ها، برخلاف میوه‌ها و سبزیها، نگهداری واریته‌های مختلف یک محصول در یک انبار مشکلی به همراه ندارد. اما سالم بودن دانه‌ها از نقطه نظر آسیب‌های مکانیکی مهم است. زیرا در دانه‌های آسیب‌دیده ـ نظیر میوه‌ها و سبزیهائی که گرفتار آسیب‌های مکانیکی شده‌اند ـ تنفس با شدت بیشتری صورت می‌گیرد و ازاین رو حرارت زیادتری در محیط انبار ایجاد می‌شود. میزان ضریب یا بازده تنفسی (نسبت CO_2 متصاعد شده به O_2 جذب شده) در یک دانه روغنی آسیب دیده ممکن است نسبت به همین ضریب در یک دانه آسیب ندیده تا ۷ برابر بیشتر باشد.

Scanned by CamScanner

رطوبت بالا نقش مهمی در فساد دانه‌ها در هنگام نگهداری ایفا می‌کند. از همین نظر لازم است قبل از انبار کردن دانه‌ها رطوبت آنها تا حد مجاز کاهش داده شود. برای این منظور از هوای گرم استفاده می‌شود؛ اما ضروریست که درجه حرارت هوا و در نتیجه حرارت دانه از حد خاصی تجاوز ننماید. زیرا بر برخی خصوصیات مهم دانه آسیب وارد می‌گردد. یک مثال مشخص در این مورد آسیب دیدن گلوتن[۵۴] گندم است که در فرایند پختن نان نقش اساسی را به عهده دارد. برای خشک کردن گندم درجه حرارت هوا نباید از ۶۶°c تجاوز کند که در این صورت درجه حرارت گندم مربوطه از ۶۰°c بیشتر نخواهد شد. افزایش رطوبت دانه‌ها بعد از برداشت سبب افزایش میزان آلفا ـ آمیلاز[۵۵] در دانه می‌شود. این آنزیم تغییراتی را در دانه به وجود می‌آورد که باعث جوانه‌زدن دانه می‌گردد.

میزان حرارت ایجاد شده توسط دانه خشک حدود ۱×۱۰^{-۷} کالری در ثانیه به ازاء هر سانتی مکعب دانه است. در صورتی که در مورد دانه مرطوب تقریباً این رقم $۱/۳ \times ۱۰^{-۵}$ کالری در ثانیه به ازاء هر سانتی مکعب دانه می‌باشد. باید توجه شود که بالا رفتن حرارت در یک نقطه از انبار یا سیلو سبب به حرکت در آمدن هوا در داخل آن می‌شود. یک چنین جریان هوائی رطوبت را با خود حمل می‌کند و از این طریق رطوبت در نقطه یا نقاط خاصی از انبار بیشتر متمرکز شده و مقدار آن از حد مجاز بیشتر می‌گردد. این بالا رفتن رطوبت در این نقاط به رشد میکروارگانیسم‌ها و مشخصاً کپک‌ها کمک می‌کند که آنها نیز با تنفس خود به حرارت درون انبار می‌افزایند. در چنین مواردی با هوا دادن به سیلو می‌توان وضعیت آن را اصلاح نمود. هوائی که برای این منظور به کار می‌رود باید از نظر حرارتی و رطوبتی ویژگی‌های لازم را داشته باشد. مثلاً اگر هدف کاهش رطوبت در سیلو است باید هوائی خشک به سیلو دمیده شود که بتواند رطوبت اضافی را گرفته و با خود خارج سازد. همچنین با توجه به تغییرات حرارتی درون سیلوها که می‌تواند باعث جابه‌جائی رطوبت و تمرکز بیشتر آن در قسمت خاصی از سیلو بشود، در هوادهی لزوماً نباید از هوای سرد به منظور کاهش درجه حرارت استفاده گردد. برعکس در شرایطی باید به قسمت خاصی از سیلو که درجه حرارت آن کمتر از حرارت قسمت‌های دیگر است

54 - Gluten
55 - Alpha - amylase

Scanned by CamScanner

هوای گرم دمیده شود تا با گرم شدن قسمت مزبور از ایجاد جریان یا گردش هوا در سیلو و اثر سوء ذکر شده برای آن جلوگیری به عمل آید. رابطه کاربردی در مورد هوادهی در فصل خشک کردن ارائه شده است.

اساساً رابطه مشخصی میان رطوبت، مدت نگهداری و عمل هوادهی در انبار وجود دارد. مثلاً در انگلستان در مورد دانه‌های گندم عاری از آسیب‌های مکانیکی در ۱۸ درجه سانتیگراد حداکثر رطوبت توصیه شده ۱۷ درصد برای نگهداری به مدت ۴ هفته است. در صورتی که میزان رطوبت ۱۵ درصد باشد مدت نگهداری می‌تواند تا ۶ ماه افزایش یابد و چنانچه عمل نگهداری با هوادهی همراه باشد ارقام فوق در مورد رطوبت می‌تواند یک درصد افزایش پیدا کند.

نگهداری دانه‌ها در انبار ممکن است با تغییر ترکیب شیمیائی آنها همراه باشد. مثلاً در گندم‌های کانادائی که به مدت ۸ سال در انگلستان انبار شده بودند، افزایش کمی در میزان کل چربی و افزایش قابل توجهی در میزان اسید چرب مشاهده شده است. در مورد دانه‌های سویائی که رطوبت محیط نگهداری آنها زیاد بوده کاهش قندهای غیر احیاءکننده و افزایش قندهای احیاءکننده و همچنین دناتوره شدن پروتئین اتفاق افتاده است.

دانه‌های غذایی در معرض آسیب توسط میکروارگانیسم‌ها و حشرات قرار دارند. بهترین راه مقابله با این عوامل مخرب عمل دود دادن بوسیله ترکیبات شیمیائی مناسب است؛ زیرا دود به تمام نقاط در انبار و درون توده دانه‌ها نفوذ می‌کند در حالی که حشره کش‌های مایع یا جامد قادر به چنین کاری نیستند. در مورد گندم از اتیلن دی‌کلرید[۵۶] و کربن تتراکلرید[۵۷] برای این منظور استفاده می‌شود. نظر به اینکه کربن تتراکلرید غیرقابل اشتعال است، معمولاً ترکیبات دیگری که قابل اشتعال هستند ـ مثل اتیلن دی‌کلرید ـ همراه با این ماده به کار گرفته می‌شوند.

56 - Ethylene dichloride

57 - Carbon tetrachloride

Scanned by CamScanner

فصل سوم

آنزیم‌زدائی[1]

۳ـ۱ ـ ضرورت و فواید آنزیم‌زدائی

آنزیم‌زدائی یک فرایند حرارتی است که قبل از انجماد، خشک کردن و یا کنسرو کردن سبزیها و میوه‌ها به منظور نابود کردن آنزیم‌های آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد. دلیل به کارگیری این فرایند حرارتی قبل از انجام عمل انجماد یا خشک کردن این گونه مواد این است که چنین فرایندهائی ـ حداقل به طور نسبی ـ قادر به نابود کردن یا غیر فعال نمودن بسیاری از آنزیم‌ها نیستند؛ در نتیجه در هنگام نگهداری سبزیها و میوه‌های منجمد یا خشک شده برخی از آنزیم‌ها به صورت فعال عمل می‌کنند و باعث ایجاد تغییرات نامطلوبی از جهات رنگ، طعم، بافت و یا کاهش ارزش تغذیه‌ای در این مواد می‌شوند. به عنوان مثال در مورد لوبیای سبز منجمد که به مدت یک سال در $-۲۰^{\circ}C$ نگهداری شده در صورتی که آنزیم‌زدائی روی آن انجام نشده باشد میزان کاهش ویتامین‌های C، B_1 و B_2 به ترتیب برابر ۹۱، ۷۴ و ۳۹ درصد می‌باشد اما هنگامی که این ماده آنزیم‌زدائی شده باشد ارقام فوق به ترتیب برابر ۴۷، ۲۲ و ۳ درصد است.

نظر به اینکه در تولید کنسرو میوه‌ها و سبزیها از فرایند حرارتی نسبتاً شدیدی استفاده می‌شود که سبب نابودی آنزیم‌ها می‌گردد، از این جهت در مورد این مواد هدف ازاعمال

---

1 - Blanching

یک فرایند حرارتی - یا همان عمل به اصطلاح آنزیم‌زدائی - قبل از انجام فرایند حرارتی اصلی کنسرو سازی اساساً نابود کردن آنزیم‌ها نیست بلکه دستیابی به اهداف و مزایای دیگری است. در اینجا انجام یک چنین فرایند حرارتی باعث خروج هوا و برخی گازها که در درون بافت‌های گیاهی قرار دارند می‌شود که در نتیجه به ایجاد خلاء در قوطی که برای حفظ کیفیت خوب و مناسب ماده غذایی درون آن ضروری می‌باشد کمک می‌کند. از طرفی حرارت اعمال شده در عمل آنزیم‌زدائی باعث ایجاد نوعی نرمی یا حالتی به اصطلاح چروکیده در ماده غذایی می‌شود که در این حالت کار قرار دادن این مواد در درون قوطی با سهولت بیشتری صورت می‌گیرد.

باید توجه شود که شرایط و میزان حرارتی که در فرایند کنسرو کردن به کار گرفته می‌شود بر مبنای یک برآورد از میزان آلودگی یا تعداد میکروارگانیسم‌های موجود در ماده غذایی محاسبه و اعمال می‌گردد. یعنی هر چه میزان آلودگی میکروبی اولیه ماده غذایی بیشتر باشد باید از یک فرایند حرارتی شدیدتر یا طولانی‌تر استفاده شود که چنین حرارتی ممکن است اثرات سوء و نامطلوبی در ماده غذایی به وجود آورد. از این نظر اگرچه هدف اصلی از انجام عمل آنزیم‌زدائی غیرفعال یا نابود کردن آنزیم‌ها می‌باشد اما این فرایند به شکل مشخص و بارزی کاهش تعداد میکروارگانیسم‌های موجود در ماده غذایی را نیز به همراه دارد که طبیعتاً از ایجاد چنین اثراتی جلوگیری خواهد کرد. همچنین در مورد استریل کردن مواد غذایی - به خصوص در قوطی‌های بزرگ - این امکان وجود دارد که به دلیل طولانی بودن زمان و فراهم شدن شرایط برای فعالیت آنزیمی در بخشی از این زمان، چنانچه عمل آنزیم‌زدائی قبلاً صورت نگرفته باشد واکنش‌های زیان‌آور آنزیمی انجام بگیرد.

علاوه بر کنسروها، کاهش میزان آلودگی میکروبی در فرایند آنزیم‌زدائی در مورد مواد غذایی منجمد و خشک شده نیز حائز اهمیت است. زیرا در جریان چنین فرایندهائی مقدار در خور توجهی از میکروبها همچنان باقی می‌مانند. این میکروبها در هنگام آب کردن یخ ماده منجمد یا مآبدار کردن مجدد توسط ماده خشک شده، به دلیل مناسب بودن شرایط، به سرعت تکثیر می‌نمایند که می‌تواند باعث کاهش کیفیت و ارزش ماده غذایی بشود.

باید توجه شود که علاوه برکاهش میزان آلودگی میکروبی ماده غذایی، بعضی از سموم

Scanned by CamScanner

طبیعی موجود در گیاه نیز طی این فرایند نابود شده و یا شسته و از ماده غذایی جدا می‌شوند؛ مثل نیترات در اسفناج.

به طور کلی، بعضی از سبزیها مثل فلفل‌های سبز و قرمز، گوجه‌فرنگی، کلم، پیاز خرد شده، کرفس خرد شده و هویج خرد شده را می‌توان بدون انجام عمل آنزیم‌زدائی در حرارت $18^{\circ}C$- به‌مدت ۱۲ ماه بدون ایجاد هیچ‌گونه تغییر نامطلوبی ـ که ناشی از فعالیت آنزیمی باشد ـ نگهداری کرد. علت چنین وضعی دقیقاً مشخص نیست اما در هنگام برداشت در مزرعه، مواد مذکور در مقایسه با نخود سبز، لوبیای سبز، گل کلم و اسفناج ویژگیهای متابولیک آرام و کندتری را از خود نشان می‌دهند.

انجام عمل آنزیم‌زدائی به صورت کامل و مناسب بسیار حائز اهمیت است. یک آنزیم‌زدائی ناقص و ناکافی می‌تواند حتی دارای اثرات زیان‌بارتری نسبت به زمانی باشد که اساساً هیچ‌گونه آنزیم‌زدائی صورت نگرفته است. زیرا اعمال حرارت در فرآیند آنزیم‌زدائی باعث ایجاد تغییراتی ساختمانی در ماده غذایی می‌شود که می‌تواند تماس بیشتر و آسان‌تر آنزیم و سوبسترا[2] را به همراه داشته باشد. حال چنانچه آنزیم در چنین حالتی غیرفعال نشود طبیعتاً باید ایجاد تغییرات نامطلوبی را در ماده مزبور انتظار داشت.

۳ـ۲ - سنجش کارآئی فرایند آنزیم‌زدائی

برای پی بردن به کارآئی فرایند آنزیم‌زدائی معمولاً وجود دو آنزیم پراکسیداز[3] و کاتالاز[4] مورد سنجش قرار می‌گیرد. این دو آنزیم که در حد گسترده‌ای در بافت‌های گیاهی وجود دارند دارای مقاومت حرارتی زیادی هستند از این نظر نابود شدن آنها می‌تواند نشانه از بین رفتن سایر آنزیم‌ها باشد. در این مورد پراکسیداز از کاتالاز هم مقاوم‌تر است.

یک نکته در خور توجه در مورد غیر فعال شدن آنزیم این است که در مواردی ممکن است علیرغم آن‌که بعد از انجام عمل آنزیم‌زدائی آزمایشهای مربوطه نشان‌دهنده نابودی

2 - Substrate
3 - Peroxidase
4 - Catalase

Scanned by CamScanner

کامل آنزیم‌ها می‌باشد اما در جریان نگهداری ماده غذایی بعد از انجام فرایندهای مورد نظر تغییرات نامطلوب پیش‌بینی نشده‌ای در آن ظاهر می‌شود که ناشی از وجود فعالیت آنزیمی در ماده مزبور می‌باشد. در اینجا علت چنین وضعی این است که حرارت اعمال شده در حدی نبوده که ساختمان آنزیم را که یک ماده پروتئینی است ـ مشخصاً در محل فعال[5] آن ـ به طور اساسی تغییر دهد و آن را به شکل غیر قابل برگشتی دناتوره کند. از همین نظراست که در هنگام نگهداری ماده غذایی، آنزیم رفته‌رفته ساختمان اولیه یا طبیعی خود را باز می‌یابد و به این ترتیب قادر می‌گردد که اثرات سوئی را ایجاد نماید.

۳ـ۳ـ روش‌های آنزیم‌زدائی

۳ـ۳ـ۱ـ آنزیم‌زدائی با آب داغ

در این روش از آب داغ با حرارت ۱۰۰°c - ۸۰ استفاده می‌شود و این عمل در سیستم‌های متفاوتی ممکن است انجام گیرد. در یک روش متداول، سیستم از یک استوانه افقی تشکیل شده که بخش اعظم آن از آب پر گردیده است. درون استوانه وسیله مارپیچی وجود دارد که با حرکت خود ماده مورد نظر را از داخل استوانه عبور می‌دهد. با تنظیم سرعت حرکت این مارپیچ می‌توان به زمان توقف لازم برای ماده در استوانه جهت غیرفعال شدن کامل آنزیم‌ها دست یافت. حرارت لازم برای گرم کردن آب ممکن است از طریق تزریق مستقیم بخار به درون آب تأمین گردد که در چنین حالتی بازده حرارتی به دلیل نفوذ یا رخنه بخش مهمی از بخار به اتمسفر کم است و در بسیاری از این گونه سیستم‌های آنزیم‌زدائی بازده حرارتی از ۳۵ ـ ۳۰ درصد تجاوز نمی‌کند. در سیستم‌های جدیدتر به جای تزریق مستقیم بخار، از سیستم تبادل حرارتی غیرمستقیم استفاده می‌شود که در این حالت کارآئی حرارتی سیستم آنزیم‌زدا به بیش از ۶۷ درصد می‌رسد.

در روشی دیگر از آنزیم‌زدائی با آب داغ، از سیستمی لوله‌ای با قطر ۶ ـ ۴ اینچ استفاده می‌شود. در اینجا جریان آب داغ موجود در لوله ماده مورد نظر در لوله را با خود حمل می‌کند که در اکثر موارد در نقاط خاصی در طول لوله بخار به درون آن تزریق می‌شود. با تنظیم سرعت جریان آب و طول لوله می‌توان زمان تماس لازم میان آب داغ و ماده

5 - Active site

Scanned by CamScanner

غذایی را برقرار کرد. عمل سرد کردن بعد از حرارت دادن نیز در سیستم لوله‌ای مشابهی صورت می‌گیرد این سیستم آنزیم‌زدا در حالی که فضای کمی را اشغال می‌کند دارای بازده زیادی می‌باشد.

از نظر صرفه‌جوئی در مصرف انرژی در سیستم‌های آنزیم‌زدای آبی، آب حاصل از قسمت سردکننده برای گرم کردن آب در قسمت گرم‌کننده مقدماتی از طریق یک سیستم تبادل حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آب استفاده شده در قسمت ذکر شده نیز چون حرارت خود را از دست داده برای سرد کردن در قسمت سردکننده به کار گرفته می‌شود. هر دو جریان آب ذکر شده قبل از ورود به سیستم تبادل حرارتی از فیلتر خاصی عبور داده می‌شوند تا ذرات جامد معلق در آنها گرفته شوند. به طور کلی باید توجه شود که در سیستم‌های آنزیم‌زدای آبی، مواد محلول در آب که در ماده غذایی وجود دارند به میزان قابل توجهی به درون آب وارد می‌شوند که از این طریق ممکن است آسیب‌های مشخصاً کیفی در ماده غذایی ایجاد شود و همچنین آلودگی‌ها و مسائل فاضلابی قابل توجهی را به وجود آورد که در قسمتی دیگر از این فصل توضیح بیشتری در این مورد ارائه می‌شود.

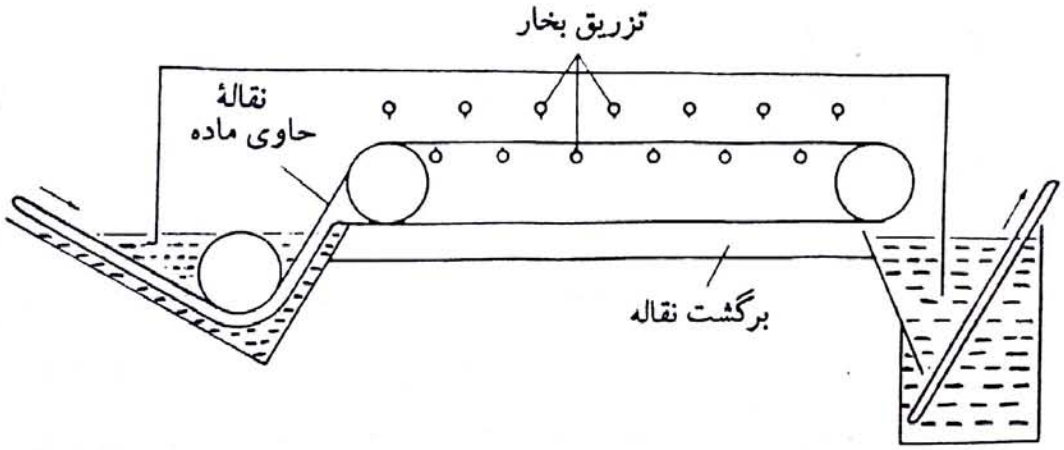
۳-۳-۲-آنزیم‌زدائی با بخار

آنزیم‌زدائی با بخار ممکن است در سیستم‌های غیر مداوم یا مداوم انجام شود. در روش مداوم که بیشتر متداول می‌باشد، ماده غذایی توسط نقاله مشبکی از یک تونل بخار عبور داده می‌شود که در آن جریان بخار هم از قسمت بالا و هم از زیر نقاله بر ماده غذایی وارد می‌گردد. با تنظیم سرعت نقاله می‌توان ماده غذایی را برای مدت زمان لازم جهت غیر فعال شدن آنزیم‌ها تحت اثر بخار در تونل قرار داد. به طور کلی در چنین سیستمی، انرژی به میزان زیادی تلف می‌شود که اساساً مربوط به محلهای ورود و خروج مواد از تونل می‌باشد. از همین جهت است که طرحهای مختلفی ارائه شده تا این محلها حتی‌الامکان شکل مسدود شده و بسته‌ای داشته باشد و از این طریق از میزان اتلاف انرژی کاسته شود. البته در چنین سیستم‌هائی کار نظافت تا حدودی مشکل می‌گردد. شکل ۱ یک نمونه از چنین سیستم‌های آنزیم‌زدائی را نشان می‌دهد که قطع ارتباط بخار با خارج یا مسدود کردن سیستم از طریق دو مخزن ورودی و خروجی آب در ابتدا و انتهای سیستم

Scanned by CamScanner

صورت می‌گیرد. گفته می‌شود مقدار مصرف انرژی در این سیستم نسبت به سیستم‌های آنزیم‌زدای متداول ۵۰ درصد کمتر می‌باشد. در نوع دیگری از این سیستم‌ها، با استفاده از دریچه‌های مخصوصی در ابتدا و انتهای تونل، مقدار از دست رفتن انرژی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

اگرچه از نقطه نظر مصرف انرژی سیستم آنزیم‌زدای بخاری نسبت به سیستمی که در آن از آب داغ استفاده می‌شود کارآئی کمتری دارد ولی استفاده از سیستم بخاری مشخصاً در مورد آن دسته از مواد و قطعات ماده غذایی که در آنها نسبت سطح به حجمشان زیاد است و در روش آنزیم‌زدائی با آب گرم مقدار زیادی از اجزاء محلول در آب آنها به دلیل سطح تماس زیاد با آب به درون آب نشت کرده و از دست می‌رود و با ضایعات فاضلابی نسبتاً زیادی همراه می‌باشد بسیار مناسب و ارزشمند است.



شکل ۱ - سیستم آنزیم‌زدای بخاری مسدود شده با آب.

اساساً به دلیل این که در روشهای متداول آنزیم‌زدائی با بخار، حجم یا توده زیادی از ماده روی نقاله قرار دارد این امکان یا خطر به وجود می‌آید که قسمت‌ها یا تکه‌هائی از ماده که در درون این توده غذایی قرار گرفته‌اند در حد لازم حرارت نبینند و چنانچه برای رفع این مشکل مدت زمان حرارت دادن افزایش داده شود قسمت‌های سطحی گرفتار آسیب‌های حرارتی شوند. برای مقابله با این مسئله روش یا فرایندی موسوم به آنزیم‌زدائی

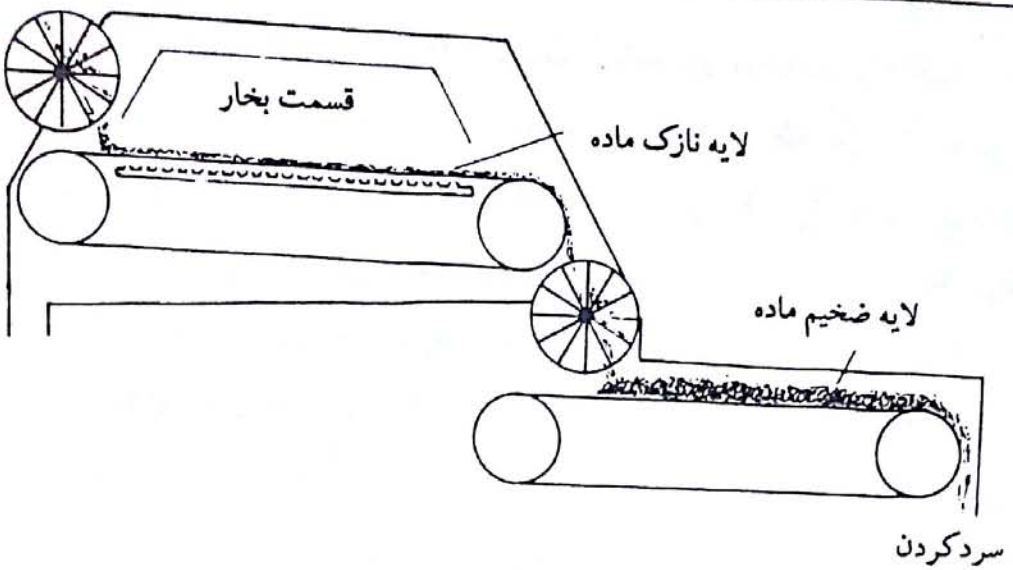
Scanned by CamScanner

سریع انفرادی[6] (IQB) که در سال ۱۹۷۱ توسط گروهی از محققین ارائه گردید مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فرایند شامل دو مرحله است. در مرحله اول، تکه‌های ماده غذایی به صورت یک لایه تا درجه حرارتی که آنزیم‌ها غیرفعال می‌گردند حرارت داده می‌شوند. در مرحله بعد این مواد در محفظه‌ای که با محیط اطراف خود فاقد تبادل حرارتی می‌باشد به شکل لایه‌های انباشته بر روی یکدیگر برای مدت خاصی در همان درجه حرارت ـ یعنی بدون تبادل حرارت با محیط خارج ـ نگهداشته می‌شوند تا مرکز هر تکه به درجه حرارت لازم برای نابودی آنزیم برسد. شکل ۲ یک سیستم IQB را که به صورت مداوم عمل می‌کند نشان می‌دهد. نظر به اینکه زمان لازم برای دومین مرحله بیشتر از زمان مرحله اول است، سرعت حرکت نقاله حمل‌کننده مواد در مرحله دوم کمتر از سرعت مربوطه در مرحله اول می‌باشد. در یک بررسی انجام شده در مورد نخود سبز با استفاده از یک سیستم مشابه، ابتدا این ماده به مدت ۳۵ ثانیه تحت اثر بخار ـ که حالت سیلان نیز به نخود می‌دهد ـ قرار داده شده و سپس در مرحله دوم به مدت ۵۵ ثانیه قبل از سرد کردن به شکل انباشته شده نگهداری گردیده تا نابودی آنزیم‌ها به طور کامل صورت گیرد. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد در حالی که زمان لازم برای آنزیم‌زدائی در چنین سیستمی نسبت به زمان لازم در سیستم آنزیم‌زدای بخاری متداول به مراتب کمتر است، میزان بخار مورد نیاز آن ۹۰ درصد کمتر از بخار لازم برای سیستم آنزیم‌زدای بخاری متداول می‌باشد. همچنین مقدار ضایعات فاضلابی روش مورد بحث نیز ۹۰ درصد کمتر از ضایعات فاضلابی ایجاد شده در سیستم آنزیم‌زدائی با آب است.

در نوع دیگری از سسیتم IQB، ماده غذایی توسط یک نقاله مارپیچ دارای لرزش وارد فضائی که در آن بخار تزریق می‌شود می‌گردد و سپس برای مدت لازم در محفظه خاصی که فاقد تبادل حرارتی با خارج است به صورت انباشته شده نگهداری می‌شود تا عمل آنزیم‌زدائی به طور کامل انجام شود. بعد از سپری شدن این مدت، ماده مزبور توسط نقاله مشابه دیگری از این محفظه خارج شده تا تحت اثر هوا سرد گردد. ویژگی خاص این سیستم آنزیم‌زدا در این است که در قسمت سرد کردن با جریان هوا، آب حاصل از

6 - Individual Quick Blanching

Scanned by CamScanner



شکل ۲ ـ سیستم آنزیم‌زدای مداوم IQB.

کندانسه شدن بخار در مرحله اول، در قسمت سردکننده بر روی ماده پاشیده می‌شود. این عمل باعث می‌گردد که در واقع هیچ نوع از دست رفتن مواد یا ضایعه فاضلابی در این سیستم وجود نداشته باشد.

۳ـ۳ـ۳ـ آنزیم‌زدائی توسط بخار در خلاء

در این روش معمولاً آنزیم‌زدائی در یک محفظه یا دیگ دو جداره مخروطی شکل (در دو انتها) انجام می‌گیرد. در اینجا، دیگ پس از قرار دادن ماده غذایی در آن به آرامی به حرکت در می‌آید که همراه باکاهش فشار تا ۱۰ کیلو پاسکال می‌باشد. به دنبال آن اجازه داده می‌شود که بخار اشباع وارد دیگ شده تا حدی که فشار درآن برابر فشار اتمسفر گردد. در این حالت ماده برای حدود یک دقیقه تحت اثر بخار قرار می‌گیرد و سپس عمل سردکردن آن با ایجاد مجدد خلاء انجام می‌شود. در جریان برقرار بودن این خلاء، مایع موجود در دیگ ـ که ناشی از کندانسه شدن بخار است ـ به حالت جوشیدن در می‌آید که این عمل حرارت ماده درون دیگ راگرفته و باعث سرد شدن آن می‌گردد.

در این روش، عمل آنزیم‌زدائی باکندانسه شدن بخار و انتقال گرمای نهان آن به ماده به سرعت صورت می‌گیرد. بنابراین به دلیل کوتاه بودن زمان و بالا بودن درجه حرارت، ماده آنزیم‌زدائی شده دارای بافت سفت‌تری می‌باشد که در نتیجه چنین ماده‌ای اگر منجمد

Scanned by CamScanner

شود، محصول نهائی حاصل از آن دارای کیفیت بهتری خواهد بود. این سیستم همچنین از نظر مصرف انرژی دارای کارآئی خوبی است و از جهت ضایعات فاضلابی از وضعیت مناسبی برخوردار می‌باشد. البته باید توجه شود که این روش غیر مداوم بوده و توانائی آن از جهت مقدار ماده آنزیم‌زدائی شده کمتر و محدودتر از سیستم‌های آنزیم‌زدای مداوم است.

۳-۳-۴-آنزیم‌زدائی در قوطی

در این روش پس از قرار دادن سبزیها در قوطی، مقدار کمی آب نمک به آن اضافه شده و درِ قوطی روی آن گذاشته می‌شود. قوطی در حالی که به صورت عمودی یا حالت ایستاده روی نقاله‌ای نواری قرار دارد از روی شعله مشعل‌هائی که در زیر نقاله هستند می‌گذرد. در اینجا آب نمک درون قوطی به حالت جوشان در می‌آید و بخار حاصل از آن در حالی که هوای موجود در قوطی را به خارج می‌راند باعث آنزیم‌زدائی نیز می‌شود. پس از انجام این عمل، درِ قرار گرفته روی قوطی توسط ماشین دربندی به بدنه قفل یا دوخته می‌گردد و فرایند حرارتی بعدی انجام می‌گیرد. میزان خلائی که طبق این روش در قوطی ایجاد می‌شود در حد مناسب و مطلوبی است و کار آنزیم‌زدائی متناسب و هم‌آهنگ با سرعت حرکت عادی قوطی‌ها در فرایند کنسرو کردن می‌باشد. از این نظر هیچ وقفه‌ای در کار که می‌تواند با کاهش میزان تولید همراه باشد به وجود نمی‌آید و این روش را می‌توان به سادگی در کارخانه‌های تولید کنسرو به کار گرفت. از مزایای دیگر در این روش از آنزیم‌زدائی این است که هیچ ضایعه فاضلابی وجود ندارد و به میزان قابل توجهی خروج اجزاء غذایی از ماده مربوطه و ورود آنها به آب نمک موجود در محیط کاهش می‌یابد.

۳-۳-۵-آنزیم‌زدائی با میکروویو[7]

از میکروویو ممکن است برای غیر فعال کردن آنزیم‌ها استفاده شود. نظر به اینکه امکان به کارگیری میکروویو - به طوری که بعداً اشاره خواهد شد - در فرایندهای دیگر

7 - Microwave

Scanned by CamScanner

غذایی نیز وجود دارد، در مورد مکانیسم اثر و مزایا و محدودیت‌های کلی این روش در ارتباط با نگهداری مواد غذایی در فصل تکنولوژی‌های جدیدتر بحث جداگانه‌ای ارائه می‌گردد.

۳ ـ ۴ ـ اثر بر ماده غذایی

۳ ـ ۴ ـ ۱ ـ از دست رفتن اجزاء غذایی

به طور کلی بیشترین مقدار از دست رفتن مواد در روش استفاده از آب صورت می‌گیرد که ناشی از حلالیت مواد در آب است. نظر به این که از دست رفتن مواد جامد از طریق دیفوزیون[8] انجام می‌شود، میزان مواد موجود در آب بر مقدار این از دست رفتن اثر می‌گذارد. از این نظر به گردش در آوردن و استفاده مجدد از آب مصرف شده در سیستم آنزیم‌زدائی می‌تواند سبب کاهش میزان نفوذ مواد جامد به درون این آب شود. در یک بررسی انجام شده در مورد اسفناج مشخص گردیده که چنانچه آب به کار رفته برای آنزیم‌زدائی حاوی ۱/۵ درصد ماده جامد باشد، مقدار ماده جامد اسفناج آنزیم‌زدائی شده ۱/۵ درصد نسبت به زمانی که عمل آنزیم‌زدائی در آب خالص صورت گرفته باشد بیشتر است. اما بررسیها همچنین نشان می‌دهد در صورتی که میزان مواد جامد در آب به ۳ ـ ۲ درصد برسد، علاوه بر ایجاد مشکل جدی فاضلابی و زیست محیطی، باعث به وجود آمدن نوعی بدطعمی در ماده آنزیم‌زدائی شده می‌شود. اساساً در مورد به گردش در آوردن مجدد آب گرم آنزیم‌زدا (یا تعداد دفعات انجام این کار) باید سه موضوعِ مسئله زیست محیطی، ارزش و وضعیت کمی و کیفی ماده آنزیم‌زدائی شده و همچنین وضعیت این فرایند از نقطه نظر اقتصادی مورد توجه قرار بگیرد.

چنانچه در عمل آنزیم‌زدائی به جای آب داغ از هوای داغ استفاده شود حجم پساب حاصله ۹۹ درصد و مقدار COD[9] به میزان ۹۶ درصد کاهش می‌یابد. در صورتی که ماده غذایی قبل از آنزیم‌زدائی با آب، تحت یک فرایند به اصطلاح مشروط یا واجد شرایط کردن از طریق استفاده از هوای گرم قرار گیرد و به میزان ۱۰ ـ ۵ درصد خشک شود به طور

8 - Diffusion

9 - Chemical Oxygen Demand

Scanned by CamScanner

کاملاً مشخصی از مقدار از دست رفتن اجزاء آن کاسته می‌گردد. البته در این مورد قبلاً باید میزان هزینه مربوط به واجد شرایط کردن برآورد شود و با هزینه مربوط به برطرف کردن مشکل پساب به وجود آمده مقایسه گردد.

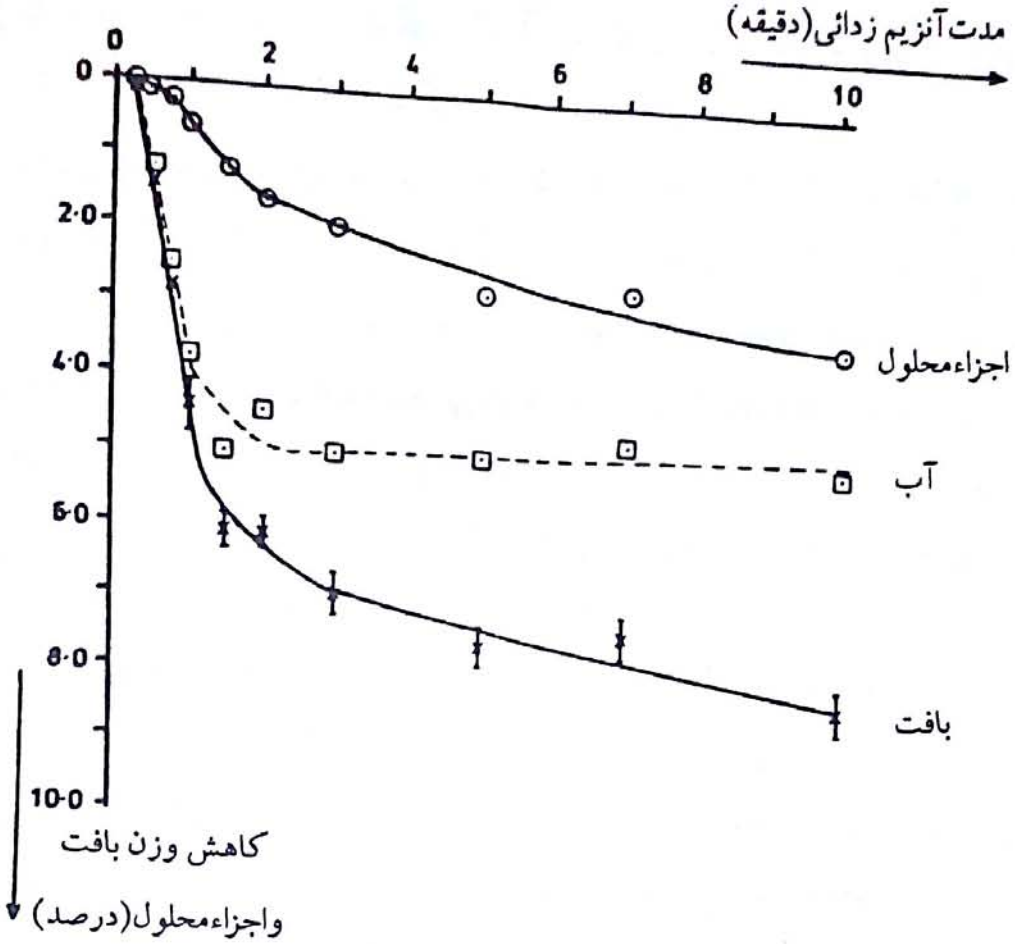
در آنزیم‌زدائی ماده غذایی با آب از دست رفتن اجزاء یا بافت و به عبارتی افت وزنی ناشی از دو منبع است که یکی آب و دیگری اجزاء محلول در آن می‌باشد. شکل ۳ این وضعیت را در مورد هویج نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است از دست رفتن آب فقط در حدود ۲ دقیقه اول صورت می‌گیرد در حالی که از دست رفتن مواد محلول تا دقیقه دهم همچنان ادامه دارد. باید توجه شود که در مواردی میزان از دست رفتن بافت یا کاهش وزن ماده مربوطه زیاد است. مثلاً در مورد قارچ، کاهش وزن به بیش از ۱۹ درصد می‌رسد و کاهش حجم آن ۱۵ ـ ۱۱ درصد می‌باشد.

اگرسطح تکه‌های هویج خرد شده‌برای مدت ۸ ـ ۵دقیقه تحت اثر هوائی با درجه حرارت c °۶۶ قرار بگیرد، مقداری از آب سطح آن تبخیر می‌گردد که به دنبال آن میزان حجم ضایعه فاضلابی برابر ۵ درصد زمانی می‌شود که از بخار برای آنزیم‌زدائی از همین هویج ـ اما با سطح مرطوب ـ استفاده گردد. دلیل این وضع، جذب بخار مایع شده در سطح تکه‌های هویج است؛ و زمانی که میزان از دست رفتن آب برابر ۱۰/۵ درصد وزن ماده باشد در این صورت بازده محصول بعد از آنزیم‌زدائی ۱۰۰ درصد خواهد بود. یعنی هیچ‌گونه ضایعه‌ای وجود نخواهد داشت.

در مورد کنسروها معمولاً بعد از آنزیم‌زدائی عمل سرد کردن ماده غذایی صورت نمی‌گیرد. اما طبیعتاً برای موادی که مثلاً باید منجمد شوند، عمل سرد کردن ضروری می‌باشد. باید توجه شود که فرایند سرد کردن نیز می‌تواند یک منشاء مهم از دست رفتن اجزاء غذایی و افزایش ضایعات فاضلابی باشد. هنگامی که سرد کردن با جریان آب سرد انجام شود، مقدار قابل توجهی از ماده غذایی ممکن است شسته شده و از دست برود. پاشش یا اسپری کردن[10] آب از این جهت به مراتب بهتر است. به‌کارگیری هوای سرد نیز برای این منظور روشی خوب است اما تبخیر آب از سطح ماده غذایی و کاهش وزن آن می‌تواند به منزله مسئله‌ای مطرح باشد.

10 - Spray

Scanned by CamScanner



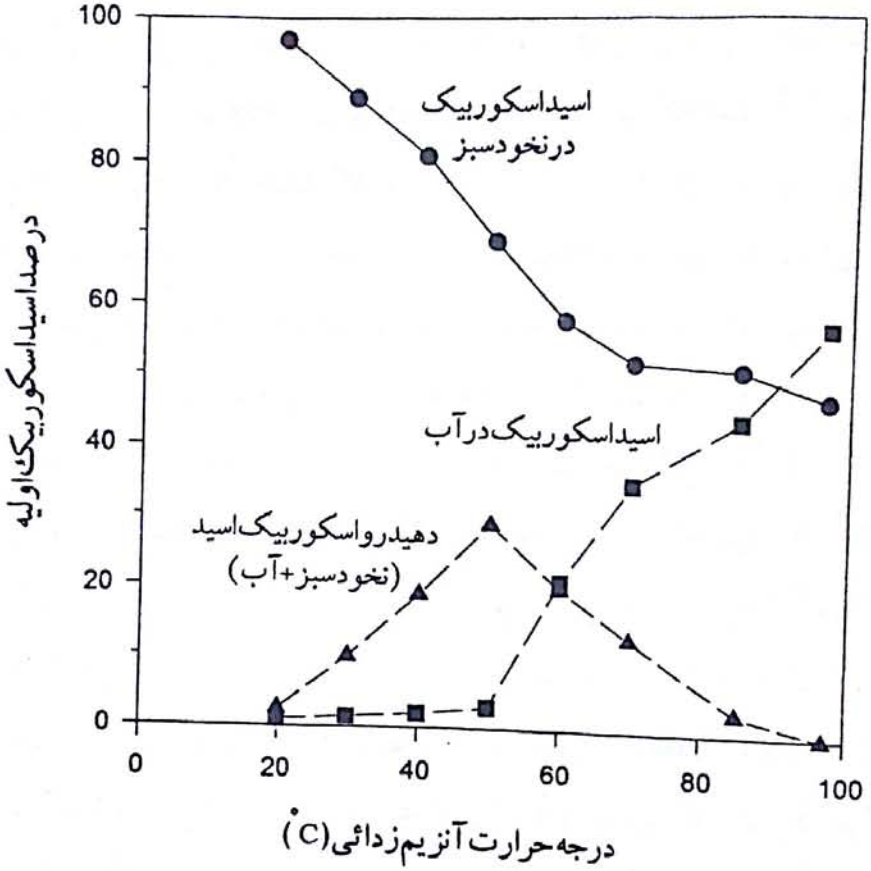
شکل ۳ ـ درصد کاهش وزن بافت، اجزاء محلول و آب (برحسب اختلاف وزن)، درمورد نمونه‌هائی از هویج که آنزیم زدائی آنها در ۷۰ °c صورت گرفته است.

به طور کلی در تمام روش‌های آنزیم‌زدائی مقداری از اجزاء غذایی از دست می‌روند. اما در روش آنزیم‌زدائی با آب میزان اجزاء از دست رفته به شکل قابل توجهی بیشتر است. مقدار این کاهش برای مواد معدنی و بعضی ویتامین‌ها ممکن است تا ۴۰ درصد، برای قندها تا ۳۵ درصد و برای پروتئین‌ها تا ۲۰ درصد باشد. برای پی بردن به میزان از دست رفتن اجزاء غذایی در روشها و فرایندهای مختلف آنزیم‌زدائی می‌توان مقدار اسید اسکوربیک[11] را در قبل و بعد از انجام این فرایند مورد سنجش قرار داد. زیرا این ماده بسیار محلول در آب است و در مقابل حرارت و اکسیداسیون نیز بسیار حساس می‌باشد. از

11 - Ascorbic acid

Scanned by CamScanner

این نظر شاخص خوبی برای پی بردن به شدت فرایند آنزیم‌زدائی به کار گرفته شده و در نتیجه میزان آسیب وارد شده به بسیاری از اجزاء محسوب می‌شود. مقدار نابود شدن اسید اسکوربیک در روش آنزیم‌زدائی با میکروویو نسبت به روشهائی که از آب یا بخار استفاده می‌شود کمتر می‌باشد. شکل ۴ میزان خارج شدن اسید اسکوربیک را از نخود سبز و همچنین نابودی بخشی از آن را (بعد از تبدیل شدن به دهیدرواسکوربیک اسید[۱۲]) در



شکل ۴ ـ حفظ اسید اسکوربیک در نخود سبز در فرایندهای آنزیم‌زدائی آزمایشی به مدت ۱۰ دقیقه در درجه حرارتهای مختلف.

یک فرایند آنزیم‌زدائی توسط آب با درجه حرارت‌های مختلف برای مدت ۱۰ دقیقه نشان می‌دهد.

12 - Dehydroascorbic acid

Scanned by CamScanner

۳ـ۴ـ۲ـ بافت

در جریان فرایند آنزیم‌زدائی، پکتین[۱۳] موجود در دیواره سلولها ـ که به منزله یک جزء اساسی در ایجاد بافت در سبزیها و میوه‌ها عمل می‌کند ـ به صورت محلول در آمده و از دیواره سلول جدا می‌شود. چنین وضعی باعث نرم شدن بافت ماده غذایی مربوطه می‌گردد. اگرچه این نرم شدن در مورد برخی از اقلام کنسرو شده غذایی ـ از نظر تسهیل در کار پر کردن آنها در قوطی ـ مطلوب است اما به طور کلی در مورد اکثر موارد نامطلوب تلقی می‌شود. در اینجا با اضافه کردن نمک‌های کلسیم به آبی که عمل آنزیم‌زدائی را انجام می‌دهد می‌توان پکتین را به پکتات کلسیم[۱۴] نامحلول تبدیل کرد و از این طریق سختی مورد نظر در بافت ماده غذایی را حفظ نمود. چنانچه علاوه بر نمک‌های کلسیم مقدار کمی نیز اسید سیتریک به آب اضافه شود میزان سختی بافت باز هم بیشتر می‌گردد.

روش دیگر برای حفظ سختی بافت، انجام فرایند آنزیم‌زدائی در دو مرحله است که مرحله اول به صورت استفاده از حرارت پائین برای مدت طولانی (۷۰°C برای ۱۰ دقیقه) و مرحله دوم به شکل استفاده از حرارت بالا برای مدت کوتاه (حدود ۱۰۰°C برابی ۳ ـ ۲ دقیقه) می‌باشد. در مرحله اول، در واقع آنزیم پکتین متیل‌استراز[۱۵] فعال می‌شود و گروههای متوکسیل[۱۶] را از رشته‌های پکتین جدا می‌کند. در این حالت یونهای کلسیم موجود در ماده به منزله پلی میان گروههای کربوکسیل[۱۷] ایجاد شده (بعد از جدا شدن گروههای متوکسیل) عمل کرده و باعث اتصال رشته‌های پکتین به یکدیگر می‌شوند. چنین وضعی از حلالیت پکتین می‌کاهد و اجازه نمی‌دهد در جریان آنزیم‌زدائی از دیواره سلول جدا شود و باعث نرمی بافت گردد. اضافه کردن املاح کلسیم به محیط، انجام این واکنش سودمند را تسهیل می‌نماید. در مرحله دوم، با به کارگیری درجه حرارت بالاتر، آنزیم ذکر شده غیرفعال و از اثرات سوء آن جلوگیری می‌گردد.

---

13 - Pectin
14 - Calcium pectate
15 - Pectin methylestrase
16 - Methoxyl
17 - Carboxyl

Scanned by CamScanner

۳-۴-۳-رنگ

فرایند آنزیم‌زدائی سبب تجزیه حرارتی کلروفیل[۱۸] به فئوفیتین[۱۹] می‌شود که دارای رنگ زیتونی مایل به قهوه‌ای بوده و از این نظر مطلوب نمی‌باشد. در مورد نخود سبز مشخص شده است که اضافه کردن کربنات سدیم[۲۰]، اکسید کلسیم[۲۱] یا قلیائی کردن محیط با هیدروکسید سدیم[۲۲] در جریان یک عمل آنزیم‌زدائی به مدت ۳ دقیقه در ۹۰°c سبب پایداری و حفظ رنگ کلروفیل می‌شود. در مورد لوبیای سبز نیز به کارگیری کربنات سدیم (به میزان ۲ درصد) اثر خوبی را از جهت حفظ رنگ کلروفیل نشان می‌دهد. در جریان آنزیم‌زدائی همچنین به دلیل خروج هوا از بافت ماده غذایی وضعیت انکسار و تفرق نور در آن تغییر می‌کند که می‌تواند ویژگی رنگی جدیدی را در ماده مزبور به وجود آورد.

۴-۴-۳-طعم

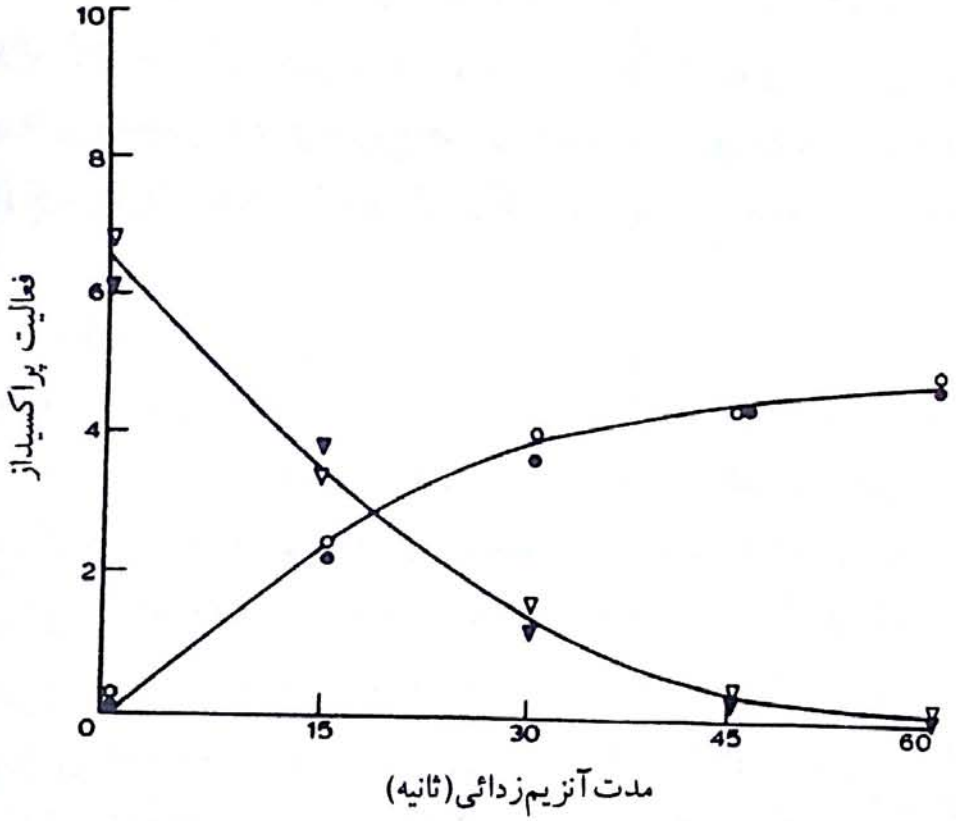
اجزاء فرار طعم‌زا نیز در جریان آنزیم‌زدائی ممکن است از دست بروند. اما در این رابطه باید توجه شود که غیرفعال شدن آنزیم‌ها و حذف اکسیژن از نظر حفظ طعم (در حالت نگهداری ماده غذایی به صورت منجمد) نقش مؤثرتری ایفا می‌کنند. البته در چنین حالتی شواهد متضادی نیز مشاهده می‌شود. مثلاً حفظ عطر، رنگ و بافت در جعفری و کرفس به شکل آنزیم‌زدائی نشده هنگام نگهداری در ۱۸°c- نسبت به زمانی که آنزیم‌زدائی شده باشند بهتر صورت می‌گیرد. از طرفی ایجاد بوی بد در کلم و هویج آنزیم‌زدائی نشده به ترتیب بعد از ۳ و ۹ ماه نگهداری تحت حرارت ۳۰°c-گزارش شده است که همراه با یک کاهش چشم‌گیر در میزان چربی موجود در آنها بوده است.

در مورد نخود سبز اساساً غیر فعال شدن پراکسیداز به خوبی هم‌آهنگ یا مرتبط بادستیابی به بهترین کیفیت از نظر طعم در این ماده است. شکل ۵ چنین حالتی را در دو واریته نخود سبز موسوم به بنف[۲۳] و پرفکشن[۲۴] نشان می‌دهد. اما در مورد لوبیای سبز،

18 - Chlorophyll
19 - Pheophytin
20 - Sodium carbonate
21 - Calcium oxide
22 - Sodium hydroxide
23 - Banff

Scanned by CamScanner

بهترین کیفیت طعمی قبل از غیرفعال شدن کامل پراکسیداز حاصل می‌شود. این وضع را می‌توان در واریته کسکید[۲۵] لوبیای سبز در شکل ۶ مشاهده کرد. طبق این شکل بعد از یک دقیقه که هنوز ۱۲/۵ درصد از فعالیت این آنزیم باقی مانده است بهترین حالت حفظ طعم به دست می‌آید. از این وضع ممکن است چنین نتیجه گیری شود که حداقل در مورد

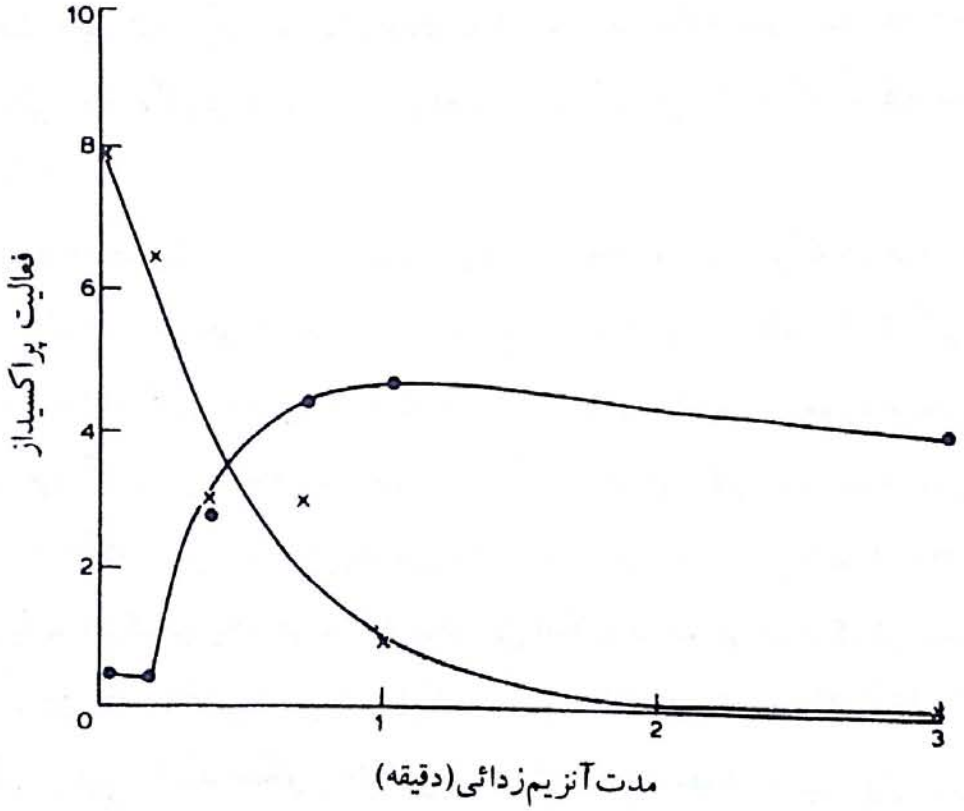


شکل ۵ ـ اثر مدت آنزیم زدائی در $97^{\circ}c$ بر میزان فعالیت پراکسیداز و طعم در نخود سبز که برای ۹ ماه در $-20^{\circ}c$ نگهداری شده است. مثلث‌های توخالی و توپر به ترتیب نشان دهنده فعالیت پراکسیداز در واریته بنف و پرفکشین هستند و دایره‌های توخالی و توپر نیز وضعیت طعم را به ترتیب دراین دو واریته نشان می‌دهند.

24 - Perfection
25 - Cascade

Scanned by CamScanner

بعضی از واریته‌های لوبیای سبز، نابودی کامل پراکسیداز نمی‌تواند به عنوان شاخصی که نمایانگر انجام آنزیم‌زدائی به بهترین شکل خود باشد مورد نظر و قضاوت قرار گیرد. زیرا فرایندی که باعث نابودی پراکسیداز می‌شود ممکن است اثرات سوء و نامطلوبی را در ماده مربوطه ایجاد کند.



شکل ٦ ـ اثرمدت آنزیم زدائی در $97^{\circ}c$ بر میزان فعالیت پراکسیداز و طعم در تکه‌های لوبیای‌سبز (واریته کسکید) که برای ۱۲ ماه در $20^{\circ}c$ ـ نگهداری شده‌است. علائم ضرب و دایره توپر به ترتیب مربوط به فعالیت پراکسیداز و وضعیت طعم هستند.

۳ ـ ۴ ـ ۵ ـ انتخاب فرایند آنزیم‌زدائی مناسب

کارآئی و سودمندی فرایند آنزیم‌زدائی، نظیر سایر فرایندهای غذایی بستگی به روش یا چگونگی انجام آنزیم‌زدائی و خصوصیات ماده غذایی مربوطه دارد. در قسمتهای قبل

Scanned by CamScanner

در مورد مزایا و محدودیت‌های چند روش قابل استفاده توضیحاتی ارائه شد. از نظر خصوصیات ماده غذایی، جنس، واریته، میزان رسیدگی، شرایط کشت و شرایط رشد گیاه ـ که همگی در ایجاد نوع و میزان آنزیم‌ها نیز موثر هستند ـ حائز اهمیت می‌باشند. بررسیها نشان داده که میزان فعالیت آنزیمی ـ تحت شرایط ظاهراً یکسان ـ ممکن است حتی در دو سال پی در پی متفاوت باشد. از همین نظر لازم است وقتی که آنزیم‌زدائی در مقیاس وسیع در صنعت صورت می‌گیرد، میزان فعالیت آنزیمی در ماده مورد نظر در قبل و بعد از آنزیم‌زدائی اندازه‌گیری و بررسی شود؛ تا از کارآئی فرایند به کار گرفته شده اطمینان حاصل گردد.

با توجه به وضعیت نابودی پراکسیداز و کیفیت طعم لوبیای سبز که در فوق به آن اشاره شد، شاید اساساً ـ حداقل در مواردی ـ صحیح نباشد که برای آگاهی از کارآئی و مناسب بودن یک فرایند آنزیم‌زدائی، فعالیت یا وجود آنزیم پراکسیداز مورد سنجش و معیار قضاوت قرار گیرد. زیرا چه بسا مقاوم‌ترین آنزیم موجود در یک ماده غذایی نیازمند فرایندی باشد که به مراتب از فرایند مورد استفاده برای نابودی پراکسیداز ملایم‌تر است. بنابراین با به کارگیری یک فرایند ملایم‌تر این امکان فراهم می‌شود که از ایجاد تغییرات نامطلوب در ماده غذایی مربوطه جلوگیری شود. البته همان طور که قبلاً ذکر گردید، اندازه‌گیری میزان اسید اسکوربیک می‌تواند نشان‌دهنده مقدار آسیب وارد شده به ماده غذایی باشد؛ اما صرفاً با سنجش میزان اسید اسکوربیک نمی‌توان به یک شرایط جامع و مناسب آنزیم‌زدائی در مورد یک ماده غذایی مشخص دست یافت. باید توجه شود تغییرات بد و نامطلوبی که تحت یک شرایط حرارتی شدید یا طولانی آنزیم‌زدائی به وجود می‌آیند، می‌توانند در مرحله بعدی فرایند مورد نظر ـ مثل انجماد ـ گسترش یافته و یا منشاء اثرات سوء دیگری بشوند.

به طور کلی شرایط آنزیم‌زدائی ـ مشخصاً از نظر مدت و درجه حرارت ـ باید به گونه‌ای انتخاب شود که در عین تأمین هدف مورد نظر، به خصوصیات مطلوب ماده غذایی

Scanned by CamScanner

کمترین آسیب وارد گردد. چنین شرایط ایده‌آلی در صورت به کارگیری بخار با حرارت بالا و زمان کوتاه[۲۶] (HTST) و با توجه به خصوصیات ماده مورد نظر معمولاً قابل حصول است.

26 - High Temperature Short Time

Scanned by CamScanner

۹۰/۹/۱۴
۱۲۹۶

فاطمی، حسن
اصول تکنولوژی نگهداری مواد غذایی / تألیف حسن فاطمی . ـ تهران : شرکت سهامی انتشار، ۱۳۸۲.
۴۶۴ ص . : مصور.
فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
کتابنامه : ص ۴۵۷ .
ISBN 964-325-138-1
چاپ دوم : ۱۳۸۵.
۱. مواد غذایی ـ نگهداری. الف. عنوان.
۶ الف ۲ ف / ۴۰۱ TX ۶۴۱ / ۴
کتابخانه ملی ایران ۸۲ -۱۸۶۸۸ م

اصول تکنولوژی نگهداری مواد غذایی
مؤلف : دکترحسن فاطمی
ناشر : شرکت سهامی انتشار
چاپ دوم : ۱۳۸۵
حروفچینی : شرکت سهامی انتشار
چاپخانه حیدری ـ ۲۲۰۰ نسخه

شرکت سهامی انتشار
WWW.ENTESHARCO.COM
E- mail: info@entesharco.com

دفتر مرکزی: خیابان جمهوری اسلامی، نرسیده به میدان بهارستان، جنب خیابان ملت، شماره ۲۰
کدپستی: ۱۱۴۳۹۶۵۱۱۸ ـ تلفن: ۳۳۱۱۴۰۴۴ ـ ۳۳۹۰۴۵۹۲ ـ فاکس ۳۳۹۴۸۸۶۲
○ فروشگاه : تهران، میدان انقلاب، بازارچه کتاب ـ تلفن ۶۶۴۱۳۶۸۴

۴۵۰۰ تومان

Scanned by CamScanner