

اصول تکنولوژی نگهداری مواد غذایی

تألیف

دکتر حسن فاطمی



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^۱ 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

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.

۱-۱- میکروارگانیزم‌ها

در میان هزاران نوع میکروارگانیزم 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 میکروارگانیزم‌ها در تولید یا نگهداری برخی از اقلام غذایی دارای نقش سودمندی هستند و مشخصاً به منظور بهره‌گیری از چنین نقشی در فرایندهای غذایی از آنها استفاده می‌شود. محصولات لبنی - نظیر پنیر و ماست - مثال‌های مشخصی در این خصوص می‌باشند.

باکتری‌ها، مخمرها و کپک‌ها میکروارگانیزم‌هایی 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 تازک‌ها یا فلاژل‌ها^۵ تأمین می‌شود. بعضی از باکتری‌ها، مخمرها و تمام کپک‌ها تولید اسپر^۶ می‌کنند که تحت شرایط مناسب جوانه زده و به سلول‌هایی با اندازه کامل موسوم به سلول رویشی^۷ تبدیل می‌شوند. اسپرها به شکل بارزی در مقابل حرارت، مواد شیمیایی و سایر شرایط نامناسب مقاوم هستند. اسپر باکتری‌ها به مراتب از اسپر مخمرها و کپک‌ها مقاوم‌تر است و در اکثر فرایندهای نابودکننده میکروارگانیزم‌ها از سلول‌های رویشی مقاومت بیشتری نشان می‌دهد. فرایندهای استریلیزاسیون به گونه‌ای طراحی می‌شوند که مشخصاً اسپرهای مقاوم باکتری‌ها را غیرفعال کنند.

- 2 - Coci
- 4 - Sprial
- 6 - Spore

- 3 - Rod bacillus
- 5 - Phellagela
- 7 - Vegetative cell

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 تخم مرغ (بعد از جدا شدن لایه موم مانند موسوم به کاتیکل^۸ از روی پوسته) یا منافذ بسیار ریز ایجاد شده روی قوطی‌های کنسرو می‌توانند به درون آنها نفوذ کنند. به طور کلی طول اکثر باکتری‌هایی که از نظر مواد غذایی مهم هستند ۸-۲ میکرون و قطر آنها ۲/۵ - 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 تغییر 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 توأمآً 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^۹ یا سایکروفیل^{۱۰}، مزوفیل^{۱۱} و ترموفیل^{۱۲} تقسیم می‌شوند. جدول ۱ حدود تغییرات حرارتی را برای این سه گروه نشان

8 - Cuticle

9 - Psychrotroph

10 - Psychrophile

11 - Mesophile

12 - Thermophile

می دهد. همان طور که از این جدول استنباط می شود، از نظر درجه حرارت رشد، مرز مشخصی را نمی توان برای این باکتری ها عنوان کرد. مثلاً در حالی که مناسب ترین درجه حرارت برای انواعی از مزوفیل ها 35°C - 30°C است، اینها قادرند در حرارت 5°C و یا کمتر نیز - اگرچه به کندی - رشد کنند. چنین میکروارگانیسم هائی را گاهی مزوفیل های سایکروتروف می نامند. به طور کلی اکثر باکتری ها جزء گروه مزوفیل ها می باشند. باید توجه شود که اسپرهای بعضی از باکتری ها می توانند برای مدتی طولانی حرارت آب در حال جوشیدن را تحمل کنند و سپس با کاسته شدن از درجه حرارت شروع به تکثیر نمایند. همچنین مشخص شده بعضی از انواع باکتری ها حتی در درجه حرارت هیدروژن مایع (251°C) - ناپود نمی شوند.

جدول ۱ - حدود تغییرات حداقل، حداکثر و مناسب ترین درجه حرارت برای

گروه های مختلف باکتری ها

گروه	حداقل درجه حرارت ($^{\circ}\text{C}$)	مناسب ترین درجه حرارت ($^{\circ}\text{C}$)	حداکثر درجه حرارت ($^{\circ}\text{C}$)
ترموفیل ها	۳۵ - ۴۵	۴۵ - ۷۰	۶۰ - ۸۰
مزوفیل ها	۵ - ۲۰	۳۰ - ۴۵	۴۰ - ۵۰
سایکروتروف ها	۰ - ۵	۲۰ - ۳۵	۲۵ - ۴۰

بعضی از باکتری ها و تمام کپک ها برای رشد خود احتیاج به اکسیژن دارند که از این نظر به آنها هوازی گفته می شود. بعضی دیگر از باکتری ها فقط در صورت عدم حضور اکسیژن قادر به رشد هستند. این گروه بی هوازی نام دارند. برخی نیز قادر به رشد تحت هر دو شرایط ذکر شده هستند که اینها را گروه یا انواع اختیاری^{۱۳} می گویند. تولید مثل باکتری ها از طریق تقسیم سلولی است و حالت نمائی دارد. به عنوان مثال اگر یک باکتری را در نظر بگیریم که زمان تقسیم یا تولید مثل آن ۳۰ دقیقه باشد، تعداد این باکتری بعد از گذشت ۱۰ ساعت به حدود یک میلیون می رسد. در صورتی که زمان تقسیم این باکتری ۶۰ یا ۱۲۰

دقیقه باشد تعداد باکتری‌های تولید شده به ترتیب برابر ۱۰۰۰ و ۳۲ خواهد بود. چنین وضعی دلالت بر این دارد که کم بودن 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.

۱-۱-۱- 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، سمیت 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 جدول ۲ ویژگی‌های مسمومیت ناشی از باکتری‌هایی که در این دو گروه 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_۱ 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.

۱-۲- حشرات، انگل‌ها و جوندگان

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

14 - Mycotoxins

15 - Aflatoxin

16 - Aspergillus flavus

جدول ۲ - ویژگی‌های مسمومیت‌های غذایی ناشی از باکتریها

مرگ (درصد)	علت		نوع مسمومیت	شروع علائم بعد از خوردن	علائم
	خوردن میکروارگانسیم	خوردن سم			
۱ یا کمتر	بله	بله	استافیلوکوکوس ۱	۱-۶ ساعت یا کمتر	استفراغ، تهوع، اسهال، دردهای شکمی
۱ یا کمتر	بله	خیر	سالمونلا ۲	۷-۷۲ ساعت	استفراغ، تهوع، لرز، تب، اسهال
۱ یا کمتر	بله	خیر	استرپتوکوکوس ۳	۵-۱۸ ساعت	تهوع، دردهای قولنجی
۷۰ یا بیشتر	خیر	بله	بوتولیسم ۴	۱-۲ روز	اشکال در بلع دوتائی دیدن، مشکل تنفس، فلج

1- Staphylococcus
3- Streptococcus

2- Salmonella
4- Botulism

وارد می‌سازند. در بعضی از نقاط 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 کمی ماده غذایی، 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

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 موش‌هایی 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 ^{17}PER 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^{۱۸} که یک نماتود^{۱۹} است دارای اهمیت خاصی می‌باشد و ماهیچه خوک جایگاه آن است. خوکی که از پس مانده‌های 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 مراحل تریشین‌های جوان از طریق جریان خون به نقاط مختلف بدن انتقال می‌یابند. برای نابودی این انگل تمام قسمت‌های گوشت خوک آلوده باید در حرارت حداقل $59^{\circ}C$ 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^{۲۰} از جمله چنین بیماری‌هایی 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؛ جایی 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 -

17 - Protein Efficiency Ratio

19 - Nematode

18 - Trichinella Spiralis

20 - Typhus fever

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

۱ - ۳ - آنزیم‌های غذائی

میکروب‌ها عمدتاً با آنزیم‌های خود سبب کاهش کیفیت و فساد ماده غذایی می‌شوند. اما خود ماده غذایی هم دارای آنزیم‌هایی 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 فساد 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 $35-40^{\circ}\text{C}$ 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:

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

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

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 دناتورده 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.

۱-۴- 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 - که به آن آب متصل^{۲۵} می‌گویند - 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.

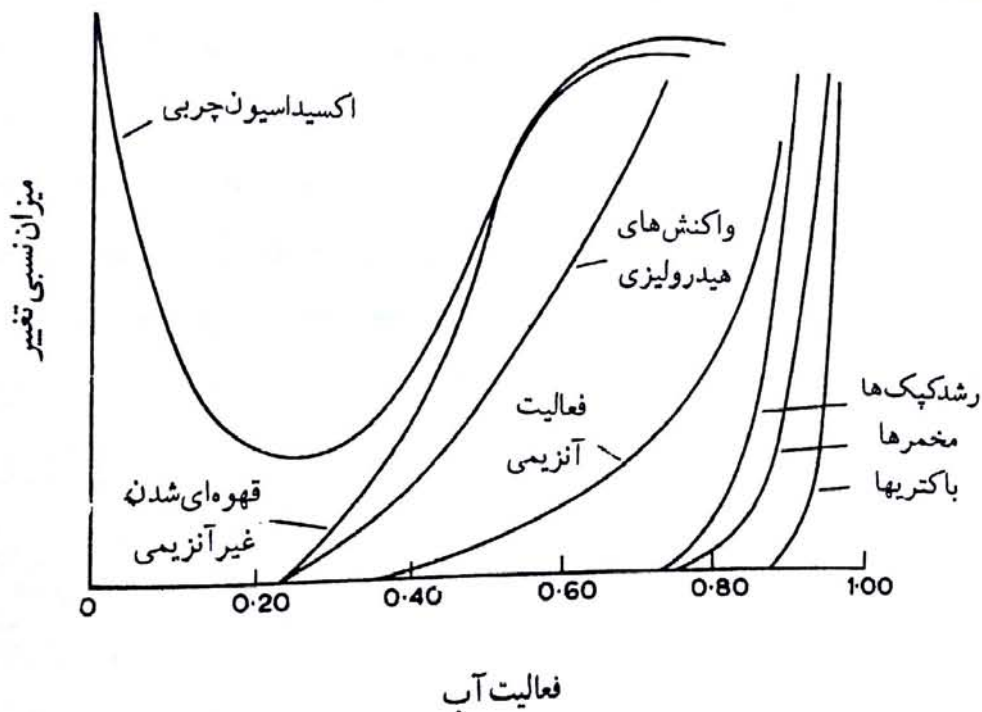
به طور کلی پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها به دلیل داشتن گروه‌های قطبی و باردار می‌توانند ملکول‌های آب را که از نظر ساختمانی دارای ویژگی قطبی هستند جذب و گرفتار کنند و آنها را از نظر فساد ماده غذایی بی‌اثر سازند. هر چه میزان این اتصال یا مهار شدن ملکول‌های آب در یک ماده غذایی بیشتر باشد، فشار بخار آب در آن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

23- Denaturation

24 - Water activity

25 - Bound water

است. طبق تعریف نسبت فشار بخار آب در یک ماده غذایی به فشار بخار آب خالص، میزان فعالیت آب برای آن ماده می باشد و مقدار آن بین صفر تا یک است. شکل ۱ میزان تغییرات در ماده غذایی را در مقادیر مختلف فعالیت آب توسط عوامل و واکنش های مهمی که می توانند سبب فساد ماده غذایی شوند نشان می دهد. در اینجا یک حالت بارز و کاملاً متفاوت با سایر واکنش ها، اکسیداسیون چربی ها است که در مقادیر بسیار پائین فعالیت آب به میزان زیادی صورت می گیرد. علت این وضع، انجام این اکسیداسیون بر مبنای وجود رادیکال آزاد^{۲۶} است که در چنین حالتی وقتی مقدار ملکول های آب جذب شده آنقدر کم باشد که نتواند سطح ملکول های ماده غذایی را کاملاً بپوشاند رادیکال های آزاد می توانند به شکل آزادتری عمل کنند و با حمله به ملکول های سالم، آنها را نیز به صورت رادیکال آزاد در آورند و به این ترتیب یک جریان از اکسیداسیون چربی ها همچنان ادامه می یابد. در جدول ۳ میزان فعالیت آب در بعضی از مواد غذایی نشان داده شده است.



شکل ۱- اثر فعالیت آب بر پایداری ماده غذایی

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 - میزان فعالیت آب در بعضی از مواد غذایی

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

۱- ۵- 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 فساد 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. قرار گرفتن 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 - یعنی وجود مواد احیاءکننده در آن - اکسیژن به درون ماده مزبور نفوذ می‌کند. به عبارتی می‌توان گفت که این پتانسیل تعیین‌کننده نوع میکروارگانیسم و همچنین شدت فساد 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 شیمیایی 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- ۶- 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

میکروارگانسیم‌ها می‌باشد. از طرفی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی 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 شیمیایی چنین اثر سوئی وجود ندارد و افزایش درجه حرارت همچنان سبب تسریع انجام چنین واکنش‌هایی می‌شود. البته حرارت‌های پائین یا نسبتاً پائین نیز می‌توانند سبب ایجاد صدماتی در بعضی اقسام غذایی بشوند که در مبحث نگهداری مواد غذایی تازه به آن اشاره شده است. جدول ۴ اثر درجه حرارت را بر زمان تولید مثل مثلی کلای^{۲۸} و سودوموناس^{۲۹} نشان می‌دهد.

جدول ۴ - زمان تولید مثل مثلی کلای (مزوفیل) و سودوموناس (سایکروتروف)

در درجه حرارت‌های مختلف

سودوموناس		مثلی کلای	
زمان تولید مثل (دقیقه)	درجه حرارت °C	زمان تولید مثل (دقیقه)	درجه حرارت °C
عدم رشد	۳۵	عدم رشد	۴۷
۱۸۰	۳۴	۳۲	۴۶
۳۴	۳۲	۲۲	۴۴
۴۵	۲۸	۲۱	۴۰
۵۱	۲۴	۲۲	۳۸
۷۷	۲۰	۲۸	۳۴
۱۰۰	۱۶	۳۳	۳۰
۱۳۰	۱۲	۵۶	۲۶
۲۴۰	۸	۹۶	۲۲
۴۴۰	۴	۲۶۰	۱۸
۱۲۰۰	۰	۴۰۰	۱۴
		۱۲۰۰	۱۰

۱-۷- نور

نور سبب نابودی بعضی از ویتامین‌ها به ویژه ویتامین‌های A، C و B_۲ 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 غیر شفاف و تیره استفاده شود؛ یا حداقل موادی که طول موج‌های مخرب را از خود عبور ندهند.

۱-۸- مدت

غیر از مواردی استثنائی - مثل بعضی پنیرها - 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.

۱-۹- 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

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- مواد غذایی کم اسید: pH اینها ۶/۸ - ۵ است. انواع گوشت‌ها، فراورده‌های لبنی و سبزیها در این گروه قرار دارند.

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

۳- 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- 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 - 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^{۳۱} ۲ - ۱ است.

به طور کلی pH ۴/۵ دارای اهمیت خاصی می‌باشد. زیرا در کمتر از این pH رشد باکتری خطرناک کلستریدیوم بوتولینوم^{۳۲} 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 ۱۰۰°C در مورد اسفناج ۲۲۵ دقیقه می‌باشد در صورتی که زمان لازم برای نابودی این اسپرها در کدوی قرمز ۴۵ دقیقه یعنی ۱/۸ زمان مربوط به اسفناج است.

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، روش‌هایی که برای حفظ و نگهداری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند هر یک دارای محدودیت‌هایی 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.

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

فیزیکی	شیمیائی	میکروبی
۱- کریستال شدن و درهم فرو ریختن	۱- واکنش های آنزیمی	میکروارگانیزم های بیماری زا
۲- چروکیدن، سائیده شدن	۲- اکسیداسیون چربی	که به عفونت منتهی می شوند
	۳- قهوه ای شدن غیر آنزیمی	کنترل توسط:
	۴- نابودی حرارتی ویتامین ها	- کاهش درجه حرارت برای کند کردن رشد
کنترل توسط:	کنترل توسط:	- حذف یا مهار کردن آب برای جلوگیری از رشد
- جابه جایی دقیق / درجه حرارت انبار / کنترل رطوبت	- CO_2 ، O_2 ، pH	- کاهش pH
	تغییر فعالیت آب	- کنترل O_2 و CO_2
	- کنترل درجه حرارت	- حذف اجزاء غذایی از طریق تغییر ترکیب
	- مواد افزودنی مثل آنتی اکسیدانها	

فصل دوم

نگهداری مواد غذایی تازه

۲-۱- 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 به اماکنی اطلاق می‌شوند که دارای درجه حرارتی بالاتر از نقطه انجماد ماده غذایی باشند. این درجه حرارت از 16°C تا -2°C متغیر است. درجه حرارت سردخانه و یخچال

در تجارت معمولاً $4/5-7^{\circ}\text{C}$ می باشد. اکثر مواد غذایی در 2°C یا پایین تر یخ می زنند. مثلاً این رقم برای گوشت گاو حدود ۲-، موز ۳/۹- و بادام زمینی ۸/۳- درجه سانتیگراد است.

جدول ۱ - دوره نگهداری مفید بافت های حیوانی و گیاهی در حرارت های مختلف

متوسط نگهداری مفید در انبار (روز)			
38°C	22°C	0°C	
کمتر از ۱	۱	۶-۱۰	گوشت
کمتر از ۱	۱	۲-۷	ماهی
کمتر از ۱	۱	۵-۱۸	مرغ
۱۰۰ و بیشتر	۳۵۰ و بیشتر	۱۰۰۰ و بیشتر	ماهی و گوشت های خشک شده
۱-۷	۱-۲۰	۲-۱۸۰	میوه ها
۱۰۰ و بیشتر	۳۵۰ و بیشتر	۱۰۰۰ و بیشتر	میوه های خشک شده
۱-۳	۱-۷	۳-۲۰	سبزیهای برگ مانند
۲-۲۰	۷-۵۰	۹۰-۳۰۰	محصولات ریشه ای
۱۰۰ و بیشتر	۳۵۰ و بیشتر	۱۰۰۰ و بیشتر	دانه های خشک

بعضی از میکروارگانیسم ها تا زیر صفر یا تا آنجا که آب منجمد نشده وجود دارد رشد می کنند. در گذشته تصور می شد که فاسد شدن ماده غذایی در یخچال - به دلیل طولانی شدن زمان نگهداری - در اصل ناشی از بدطعمی و از بین رفتن بافت مناسب آن است. اما در سالیان اخیر مشخص شده که میکروارگانیسم های تولیدکننده سم - اگرچه به آرامی - حتی تا حدود 3°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 آلودگی ها مبرا باشد. باید در نظر داشت که یخچال و سردخانه نمی تواند از ماده ای با کیفیت پایین محصولی با کیفیت مرغوب ارائه

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 می باشد. مثلاً عمل پوست گیری بهتر انجام می شود و خرد کردن یا چرخ کردن گوشت هم بهتر صورت می گیرد. همچنین برای کهنه^۱ یا ترد کردن گوشت از سرما استفاده می شود. نظر به اینکه بافت های 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 می گیرد اگرچه برخی از نکات، کلی بوده و می تواند هر دو گروه را در بر بگیرد.

۲-۲- نگهداری مواد گیاهی

اساساً بافت های مواد غذایی گیاهی بعد از برداشت دارای آمادگی برای ادامه حیات هستند. از این ویژگی باید استفاده شود و برای حفظ کیفیت این مواد حتی الامکان 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 می دهند. ادامه فعالیت بافت گیاهی بعد از برداشت طبیعتاً با تنفس همراه است که تولید حرارت نیز می کند. جدول ۲ میزان گرمای ایجاد شده توسط بعضی از اقلام غذایی را نشان می دهد.

طبق این جدول در یک درجه حرارت ثابت، میان گیاهان مختلف و یا حتی بین واریته های یک گیاه مشخص تفاوت زیادی از نظر شدت تنفس می تواند 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^۲ ماده، دیگری گرمای ناشی از تنفس و سومی از دست رفتن سرما از سردخانه و یا نفوذ گرما به درون آن می باشد. 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 می شود که به معنی سوختن یا از دست رفتن زیادتر اجزاء غذایی و در درجه اول قندها می باشد. از همین جهت است که

1 - Aging

2 - Sensible heat

موادی که دارای شدت تنفسی زیادی هستند باید بعد از خارج کردن آنها از سردخانه حتی الامکان سریعاً مصرف شوند. جدول ۳ میزان از دست رفتن شیرینی یا از دست رفتن قندها را در دو درجه حرارت سردخانه و محیط برای ذرت شیرین نشان می دهد.

جدول ۲ - میزان گرمای ایجاد شده از یک تن سبزی یا میوه در طی ۲۴ ساعت در 40°F بر مبنای شدت تنفس آنها

سریع ($> 10000 \text{ Btu}$)	نسبتاً سریع ($5000 - 10000 \text{ Btu}$)	نسبتاً آرام ($2000 - 5000 \text{ Btu}$)	آرام ($< 2000 \text{ Btu}$)
مارچوبه	باقلا	سیب (زرد شفاف)	سیب
لوبیای سبز	کلم دکمه‌ای	چغندر (قسمت بالا)	کلم
براکلی ۱	برگ کاهو	هویج (قسمت بالا)	گریپ فروت
ذرت شیرین	تمشک	کرفس	انگور
نخود سبز	اسفناج	گیلاس (ترش)	لیمو
		سر کاهو	پیاز رسیده
		سیب زمینی شیرین	پرتقال
		شلغم	هلو
			آلو
			سیب زمینی رسیده
			گوجه فرنگی

1- Broccoli

۲-۲-۱- وضعیت تنفس بعد از برداشت

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

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

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

نظر تأمین شرایط لازم در سردخانه‌ها حائز اهمیت است؛ لذا در این جا شرحی در مورد این ویژگی‌ها ارائه می‌شود.

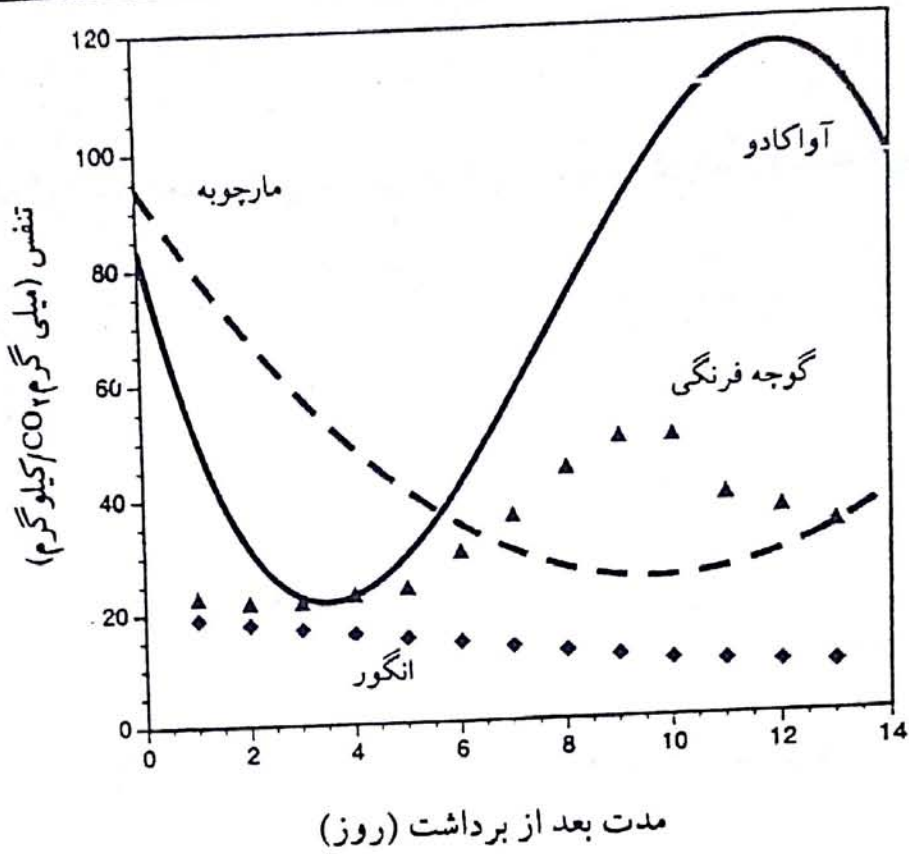
اکثر میوه‌های گوشتی بعد از برداشت شکل تنفسی خاصی را از خود نشان می‌دهند که کم و بیش با تغییر رنگ، طعم و بافت همراه است و شاخص رسیدگی میوه محسوب می‌شود. در بسیاری از آنها، ابتدا بعد از برداشت شدت تنفس یا جذب اکسیژن کاهش می‌یابد و سپس صعود می‌کند، نظیر آواکادو^۳ (شکل ۱). در مواردی مثل گوجه‌فرنگی بدون کاهش جذب اکسیژن، شاهد افزایش تنفس می‌باشیم. به این گروه از میوه‌ها نوع کلاهماکتریک^۴ 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 غیرکلاهماکتریک^۵ نامیده می‌شوند. جدول ۴ تقسیم‌بندی این دو گروه از میوه‌ها را نشان می‌دهد.

3 - Avacado

4 - Climacteric

5 - Nonclimacteric



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

جدول ۴ - طبقه بندی میوه های خوراکی بر طبق نحوه تنفس آنها

کلاهماکتریک	غیرکلاهماکتریک
سیب	کاکائو
زردآلو	گیلاس
آواکادو	خیار
موز	انگور
انجیر	گریپ فروت
انبه	لیمو
پاپایا	خربزہ
طالبی	زیتون
هلو	پرتقال
گلابی	آناناس
گوجه فرنگی	توت فرنگی
هندوانه	

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 اتیلین اثری بر میزان تنفس هنگامی که ویژگی کلایماکتریک آغاز شد ندارد. این برخلاف مورد میوه‌های غیرکلایماکتریک است که میزان تنفس آنها بستگی به غلظت اتیلین دارد. یعنی این میزان، تابعی از مقدار اتیلین است و هنگامی که اتیلین 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 - تحت شرایط بسیار متفاوت - 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 - تحت شرایط محیطی ثابت - 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 - ناشی از آسیب مکانیکی، درجات حرارتی زیاد و کم، مواد شیمیایی، یا عوامل بیولوژیکی - می‌تواند باعث بروز فعالیت شدید تنفسی شود، ظهور یک حالت کلایماکتریک هم‌آهنگ با رسیدن همیشه مشاهده نمی‌شود.

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

حرارتی را که 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

8 - Substrates

7 - Ethylene

9 - Hydro - cooling

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

۲-۲-۲- 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 سیب زمینی، زخم احتمالی ایجاد شده به شکلی ترمیم شود یا عمل انبار کردن 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

12 - Lignin

11 - Wax

13 - Saprophyte

دارد در خور توجه و حائز اهمیت می باشد.

۲-۲-۳- اثر درجه حرارت

بعضی از واکنش‌هایی 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 شیمیایی اثر می‌گذارند - نظیر یک پارچگی غشاء و حلالیت و نفوذپذیری برای اکسیژن - تحت تأثیر درجه حرارت می‌باشند. به طور کلی پائین آوردن درجه حرارت، واکنش‌های فیزیولوژیک نامطلوب و همچنین واکنش‌های ناشی از فعالیت میکروارگانیسم‌ها را کند می‌کند. اساساً محصولاتی که دارای میزان یا سرعت تنفسی نسبتاً زیاد هستند بهتر از بقیه در مقابل کاهش درجه حرارت پاسخ می‌دهند. در این 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)

جدول ۵ - 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)	۲ - ۳	قهوه‌ای شدن در درون، تغییر رنگ در سطح، نرم شدن همراه با پوکی
موز (سبز یا رسیده)	۱۲ - ۱۳	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	۷ - ۱۰	رنگ سبز کدر بعد از رسیدن
خیار	۷	نقاط فرو رفته در سطح، حالت خیس شدگی در آب، پوسیدن
گوجه‌فرنگی رسیده	۷ - ۱۰	حالت خیس شدگی در آب، نرمی و پوک شدن، تجزیه درونی
رشد یافته - 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 احیاء کننده، 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

میزان آسیب وارد شده بستگی به درجه حرارت و طول مدت قرار گرفتن 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 قسمت‌هایی سفت در بافت که در اثر پختن نرم نمی‌شوند (مثل سیب زمینی 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 متابولیت‌هایی 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 - همچنانکه درجه حرارت کاهش پیدا می‌کند - وجود داشته باشد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که این تغییرات در غشاء سلولی همراه و هم‌زمان با درجه حرارت‌هایی 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 $14/4^{\circ}\text{C}$ و برای بعضی ارقام سیب 1°C گزارش گردیده است. چنین حالتی حتی میان وارسته‌های 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 11°C بهتر حفظ می‌گردد. قرار گرفتن بافت‌های گیاهی در معرض درجه حرارت بالا نیز ممکن است سبب ایجاد

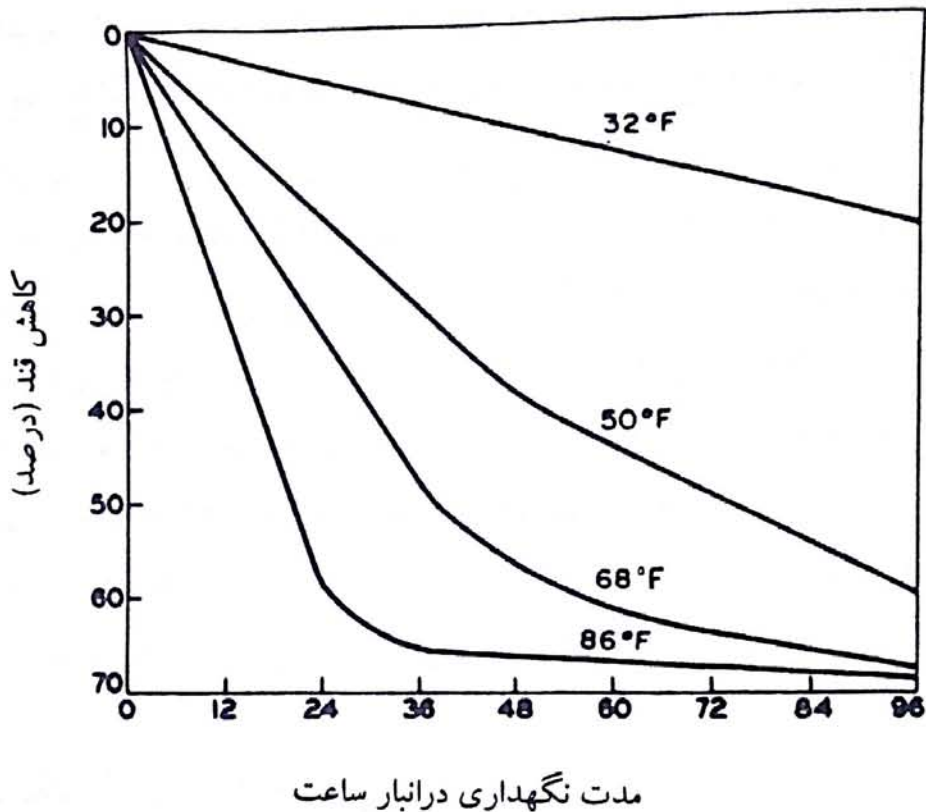
آسیب‌های مشخصی در مواد غذایی بشود. به عنوان مثال نگهداری بسیاری از میوه‌ها در بالاتر از 3°C منتهی به ناتوانی آنها در دستیابی به یک رسیدن طبیعی می‌گردد. اثر درجه حرارت بالا بر سیب شکل خاص و بارزی دارد. زیرا چنانچه سیب حتی برای چند دقیقه تحت حرارت 55°C قرار گیرد، ظاهر آن به شکل هنگامی در می‌آید که گرفتار 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 غذایی، حتی یک تغییر کم در درجه حرارت، اثر مشخصی بر زمان ماندگاری آنها دارد. مثلاً در هنگام نگهداری یک نوع گلابی، تغییر درجه حرارت از 1°C به $1/5^{\circ}\text{C}$ - سبب می‌شود که زمان ماندگاری آن از ۱۰ هفته به ۱۲ هفته افزایش یابد.

۲-۲-۴- 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 کندانه و جمع شود زیرا می‌تواند رشد میکروارگانیسم‌ها را به همراه داشته باشد. آمادگی یک ماده برای از دست دادن رطوبت - در یک رطوبت نسبی مشخص - مربوط به طبیعت و میزان سلولهای خاصی است که در سطح بافت قرار گرفته‌اند. روشهایی که طی آنها از رطوبت نسبی اشباع شده استفاده می‌گردد - بدون آنکه کندانس شدن رطوبت صورت بگیرد - ابداع و توسعه یافته و به شکل موفقیت آمیزی 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 فیزیولوژیک و نابودی ناشی از میکروارگانیسم‌ها را به حداقل برسانند. به کارگیری موفقیت آمیز 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.



شکل ۲ - 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 لطمه زدن احتمالی به کیفیت ماده غذایی، باعث می‌گردد که رطوبت روی کویل‌ها یا صفحات سرمازا کندانه شده و از کارآئی سردخانه بکاهد. در جدول ۶ مدت ماندگاری تقریبی از نظر درجه حرارت و رطوبت نسبی محیط برای بعضی اقلام غذایی و همچنین برخی ویژگی‌های فیزیکی آنها مشخص شده است.

۲-۲-۵- اثر خلوص هوا و نور

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

می تواند 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 می تواند سبب انتقال اجزاء ایجادکننده بو از یک ماده به ماده دیگر شود. مثل کره و شیر که بوی ماهی و میوه را جذب می کنند یا تخم مرغ که بوی پیاز را به خود می گیرد. از نظر جذب بو سیب نباید با کلم، کرفس، پیاز و سیب زمینی در یک انبار نگهداری شود. وضعیت نور نیز در خور اهمیت است. مثلاً کاهش نور و تاریکی، جوانه زدن سیب زمینی و پیاز را به تأخیر می اندازد و در بعضی از محصولات به کند کردن ایجاد رنگ و بوی بد در آنها کمک می کند. وجود ترکیبات تولیدکننده بو می تواند 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 می کنند حائز اهمیت است. استفاده از مواد جذب کننده بو مثل کرین فعال سودمند می باشد.

۲-۳- نگهداری مواد حیوانی

در مورد گوشت، حرارت لاشه بعد از ذبح، 39°C - 30°C است که در قسمت های عمقی به دلیل انجام برخی واکنش های شیمیائی به حدود 4°C نیز می رسد. سرد کردن این لاشه باید به صورتی انجام شود که حرارت عمیق ترین قسمت آن تا 5°C کاهش یابد. به طور کلی سرد کردن لاشه نباید خیلی به کندی انجام شود زیرا به کیفیت و زمان ماندگاری آن لطمه می زند. با توجه به حرارت نسبتاً زیاد لاشه بعد از ذبح، ورود آن به تونل های سردکننده می تواند 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 می رود که به معنی کاسته شدن از وزن آن می باشد. با افزایش رطوبت هوای سردکننده می توان تا حدودی از این کاهش وزن جلوگیری کرد. البته کنترل دقیق رطوبت هنگام نگهداری گوشت در سردخانه به سادگی میسر نیست و رشد کپک ها و ایجاد حالت لزج در سطح

ماده غذایی می تواند صورت بگیرد. برای جلوگیری از چنین اثری در مواقعی از تابش ماوراء بنفش استفاده می شود.

موضوع جلوگیری از رشد کپک ها مشخصاً در فرآیند کهنه کردن گوشت که طی آن، تجزیه پروتئین های گوشت صورت می گیرد و ترد شدن آن را به همراه دارد حائز اهمیت است. برای کهنه کردن گوشت، آن را در حرارت 2°C و رطوبت نسبی ۸۷-۸۵ درصد قرار می دهند و برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم ها لامپ های ماوراء بنفش در محیط نصب می شود. البته وضعیت و تعداد لامپ ها باید دقیقاً کنترل شود زیرا به چربی روی لاشه در اثر تابش ماوراء بنفش آسیب وارد می گردد.

اگرچه سرد کردن سریع گوشت دارای اثرات مثبت از نظر جلوگیری از رشد میکروارگانیسم ها می باشد اما چنین سرد کردنی می تواند یک اثر شدید بر یکپارچگی بافت وارد سازد. در این حالت گوشت ممکن است گرفتار یک ویژگی نامناسب - که البته چندان متداول نیست - یعنی کوتاه شدن در اثر سرما بشود.^{۱۷} البته این وضع در صورتی اتفاق می افتد که بلافاصله بعد از ذبح و قبل از جمود نعشی^{۱۸} عمل سرد کردن بین صفر تا 5°C صورت گیرد. در چنین حالتی میزان جذب و نگهداری آب توسط گوشت کاهش می یابد که سفت شدن آن را به همراه دارد.

همان طور که قبلاً در مورد اثر تغییر درجه حرارت بر میوه ها گفته شد، در مورد بعضی از اقلام یا بافت های حیوانی نیز یک تغییر کم درجه حرارت دارای اثر مشخصی بر مدت ماندگاری این مواد می باشد. مثلاً نگهداری مرغ در 2°C -، مدت ماندگاری آن را نسبت به صفر درجه سانتیگراد به میزان ۴۰ درصد افزایش می دهد و آن را از ۱۸ روز به ۳۰ روز می رساند.

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

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^{۱۹} ماهی سرشار از تری‌متیل‌آمین^{۲۰} است که ماده‌ی 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 تخم مرغ باید در پائین‌ترین درجه حرارت ممکن که عمل انجماد تخم مرغ 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 تخم‌مرغ‌هایی که پوسته نازکی دارند، امکان شکستن پوسته وجود دارد. پوسته دارای منافذی است که در ابتدا توسط لایه کاتیکل پوشیده شده که با شستن تخم مرغ 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 تخم مرغ به همراه دارد باعث از دست رفتن حالت تازگی در تخم مرغ می‌شود و تخم مرغ حالت مانده و کهنگی به خود می‌گیرد. در این حالت سفیده و زرده حالت کم‌قوام و سستی داشته که پس از شکستن تخم مرغ گسترده و پهن می‌شوند. با گذشت زمان، هوا از طریق منافذ موجود در پوسته به داخل تخم مرغ راه یافته و سبب افزایش فضای اطاقک هوایی می‌گردد. بنابراین اندازه این فضا نشان‌دهنده تازگی یا ماندگی تخم مرغ می‌باشد.

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

تخم مرغ در یک روغن معدنی سبک است که این امر سبب مسدود شدن منافذ موجود در روی پوسته می شود و خروج گاز کربنیک و رطوبت را کند می کند. 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 3°F ، می توان تخم مرغ هائی را که با درجه A مشخص می شوند 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 5°C است. البته چنانچه شیر بیشتر از یک مدت مناسب در این حرارت نگهداری شود باکتریهای سرما دوست رشد کرده و مسئله ساز می شوند.

در اثر فعالیت لیپاز^{۲۱} در شیر - که منشاء آن می تواند خود شیر یا میکروبهای موجود در آن باشد - اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه در شیر آزاد شده که ایجاد بوی نامطبوعی را در شیر یا برخی فراورده های 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 می شود. بدین معنی که در هنگامی که این پنیر در سردخانه به منظور انجام عمل رسیدن آن نگهداری می شود در اثر فعالیت لیپاز انواعی از کپک ها، اسیدهای چربی آزاد می شوند که همراه با اجزائی دیگر سبب ایجاد مزه و بوی خاص مطلوبی در پنیر می گردند.

نور نیز می تواند دارای اثرات سوئی روی مواد لبنی باشد. نور سبب کاهش شدید ریبوفلاوین^{۲۴} می شود و همچنین نوعی بدطعمی در شیر و فراورده های آن ایجاد می کند که ناشی از اثر آن بر اسیدهای آمینه می باشد. این نوع بدطعمی اساساً قبل از بدطعمی حاصل از اکسیداسیون چربی - که آن هم می تواند ناشی از اثر نور باشد - در این مواد ظاهر می شود.

21 - Lipase

22 - Lipolytic

23 - Blue - veined cheese

24 - Riboflavin

۲-۴- 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 غذایی، اطلاعاتی در مورد برخی از خصوصیات این ماده - نظیر گرمای ویژه آن - در دست نباشد با استفاده از رابطه ساده زیر می توان این خصوصیت را برآورد کرد:

$$0/2 + (\text{درصد آب موجود در ماده غذایی}) \times 0/008 = \text{گرمای ویژه}$$

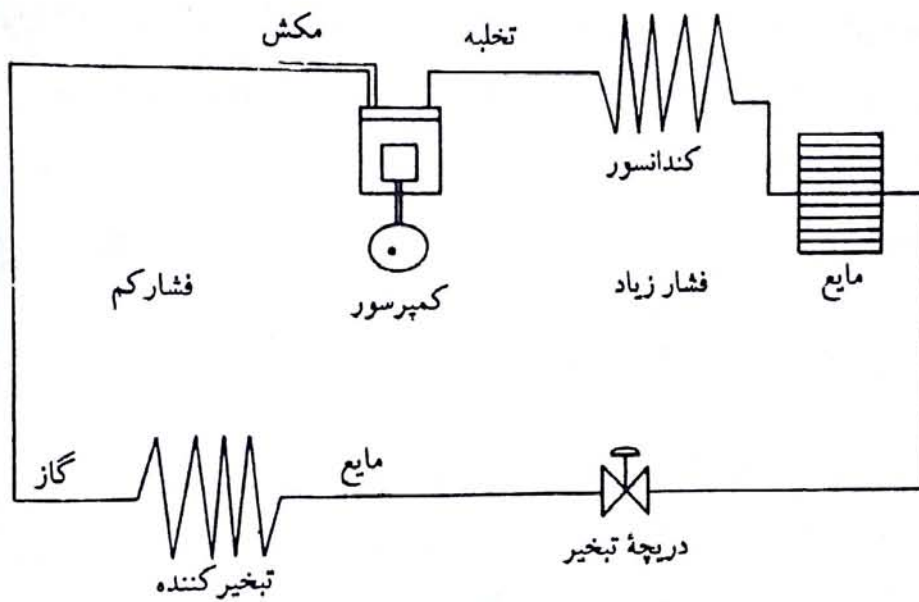
مورد دیگری که باید محاسبه شود گرمای ناشی از تنفس بافت های گیاهی است که در انواع مختلف متفاوت می باشد و بستگی به فعالیت متابولیک آنها دارد. به عبارت دیگر ابتدا باید بدانیم چه مقدار حرارت باید گرفته شود تا درجه حرارت مورد نظر حاصل گردد سپس چه مقدار حرارت باید حذف گردد تا درجه حرارت مزبور حفظ شود. باید توجه داشت که چون رسیدن به درجه حرارت مورد نظر نیز در طی زمان قابل توجهی صورت می گیرد بنابراین گرمای ناشی از تنفس در این مرحله نیز باید در نظر گرفته شود. به طور کلی نگهداری موادی که حرارت زیاد تولید می کنند مثل لویبای سبز و نخودسبز مشکل است. تغییرات درجه حرارت سردخانه ها باید در حد $\pm 1^{\circ}\text{C}$ باشد. عواملی چون باز و بسته شدن در سردخانه یا تعداد افرادی که در آن کار می کنند یا تعداد لامپ های روشن در سردخانه نیز باید مورد توجه و محاسبه قرار گیرند.

۲-۵- سیستم های ایجادکننده سرما

۲-۵-۱- یخچالهای مکانیکی

اگرچه استفاده از سردخانه ها و انجماد دارای سابقه طولانی می باشد 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 - 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
27 - Condenser

26 - Compressor
28 - Expansion valve

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 به کارگیری 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 فلزی 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 را کند 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

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 به گردش 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_p) و انرژی داده شده به کمپرسور (E) برابر انرژی حاصل شده از کندانسور (Q_c) می‌باشد.

$$Q_p + E = Q_c$$

با توجه به هزینه زیاد تأمین انرژی در اکثر کشورها، از انرژی حاصل شده از عمل کندانسور ممکن است در مواردی استفاده شود و صرفه‌جویی 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.

۲-۵-۲- سرد کردن با کریوژن^{۳۶}

کریوژن ماده سرمازایی است که از طریق تغییر حالت خود - از مایع به گاز و یا جامد به گاز - در هنگام تماس با ماده غذایی، 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 غذایی، گرمای محسوس را نیز برای گرم شدن خود از 78°C - (در مورد CO_2) و یا از 196°C - (در مورد نیتروژن مایع) جذب می‌کند و به این ترتیب در مجموع هر کیلوگرم دی‌اکسید کربن ۵۶۵ کیلوژول و هر

32 - Potassium chloride

34 - Ammonium chloride

36 - Cryogen

33 - Sodium chloride

35 - Eutectic

کیلوگرم نیتروژن مایع ۶۹۰ کیلوژول حرارت از ماده غذایی می‌گیرد. عمل سرد کردن ماده غذایی توسط نیتروژن مایع ممکن است در سیستم غیر مداوم یا مداوم انجام شود. در حالت غیر مداوم از محفظه قفسه مانندی که از فولاد ضد زنگ ساخته شده و کاملاً عایق کاری 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 میکروپروسور^{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 پره‌هایی 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 - که حالت جامد آن یخ خشک نیز نامیده می‌شود - 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

لازم برای حفظ کیفیت ماده غذایی فراهم می شود. برای سرد کردن با استفاده از دی اکسید کربن ممکن است از سیستم مداوم نیز استفاده شود. در این حالت، ماده غذایی توسط نقاله ماریچ مانندی از محفظه ای که در آن دی اکسید کربن پاشیده می گردد عبور داده می شود. گازهای حاصل از تبخیر دی اکسید کربن مایع و تصعید دی اکسید 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 سرمایشی زیاد موجود در گاز نیتروژن به وجود آمده می باشد؛ در حالی که در مورد گاز دی اکسید 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 دی اکسید کربن صورت بگیرد. زیرا چنانچه میزان دی اکسید کربن (از نظر حجم) از ۵/۰ درصد در محیط تجاوز کند، محیط از جهت سلامتی برای کسانی که در آن مشغول کار هستند نامناسب می شود. باید توجه شود که به دلیل تفاوت زیاد درجه حرارت دی اکسید کربن و نیتروژن، هنگامی که از دی اکسید کربن استفاده شود احتمال ایجاد شوک سرمائی در ماده غذایی و همچنین وارد آمدن آسیب های سرمائی بر اندامهای کسانی که در ارتباط با این مواد کار می کنند کمتر می باشد.

۲-۶- اتمسفر کنترل شده^{۳۹} و اتمسفر تغییر یافته^{۴۰}

یکی از روشهای نگهداری مواد غذایی، نگهداری در انبارهایی است که میزان یا ترکیب گازهای موجود در اتمسفر آنها به شکلی تحت کنترل، نظارت و تنظیم می باشد. هدف از به کارگیری چنین اتمسفری جلوگیری از تغییرات فیزیولوژیک نامطلوبی است که به کیفیت ماده غذایی لطمه وارد می سازد. مبداء یا پیدایش روش استفاده از یک اتمسفر تحت کنترل مربوط به کشفی در حدود هفتاد سال پیش است که طی آن دو محقق به نام های کید^{۴۱} و وست^{۴۲} متوجه شدند در اتمسفری که نسبت به هوای معمولی، میزان اکسیژن کمتر و مقدار دی اکسید کربن بیشتر می باشد نگهداری بعضی از واریته های سیب بهتر صورت

38 - Enthalpy

40 - Modified Atmosphere

42 - West

39 - Controlled Atmosphere

41 - Kid

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 دی‌اکسید کربن 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 انبارهایی که دارای اتمسفر کنترل شده و اتمسفر تغییر یافته هستند، تغییرات دو گاز اصلی - یعنی اکسیژن و دی‌اکسید کربن - 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

گازهای آن از روی هیدروکسید کلسیم^{۴۳} یا کربن فعال برای جذب دی اکسید کربن اضافی صورت می گیرد. 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 - که باید از طریق فعالیت تنفسی مواد تازه به وجود آید - می توان با استفاده از سیلندرهای تحت فشار حاوی گاز، مقداری گاز به فضای درون انبار تزریق کرد.

آگاهی دقیق از میزان دی اکسید کربن موجود در اتمسفر هر دو نوع انبار بسیار حائز اهمیت است. برای این منظور می توان از سنسورها^{۴۴} یا وسایل سنجش خاصی که بر مبنای اختلاف هدایت گرمایی گازهای مختلف و یا اختلاف در میزان جذب تابش مادون قرمز توسط آنها عمل می کنند 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 می دهد.

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

به طور کلی، هر دو نوع انبار مورد بحث علیرغم ویژگی ارزشمندی که در طولانی کردن قابلیت نگهداری ماده غذایی دارند دارای مسائل و محدودیت‌هایی نیز می باشند. از جمله این محدودیت‌ها عدم تحمل غلظت بالای دی اکسید کربن و پائین بودن میزان اکسیژن توسط بسیاری از اقلام غذایی است. مشکل دیگر این است که با تغییر ترکیب گازها در اتمسفر، فعالیت‌های بیوشیمیایی 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 می شود. 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

برابر هزینه نگهداری در یک انبار سرد معمولی می‌باشد. با توجه به اینکه امروزه امکان انتقال بسیاری از مواد از مناطق دور دست 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 تغییر یافته را موجه می‌سازد. سبب از این نظر یک محصول مناسب محسوب می‌شود و به میزان کمتری نگهداری گلابی و کلم نیز در این انبارها خوب و مناسب می‌باشد.

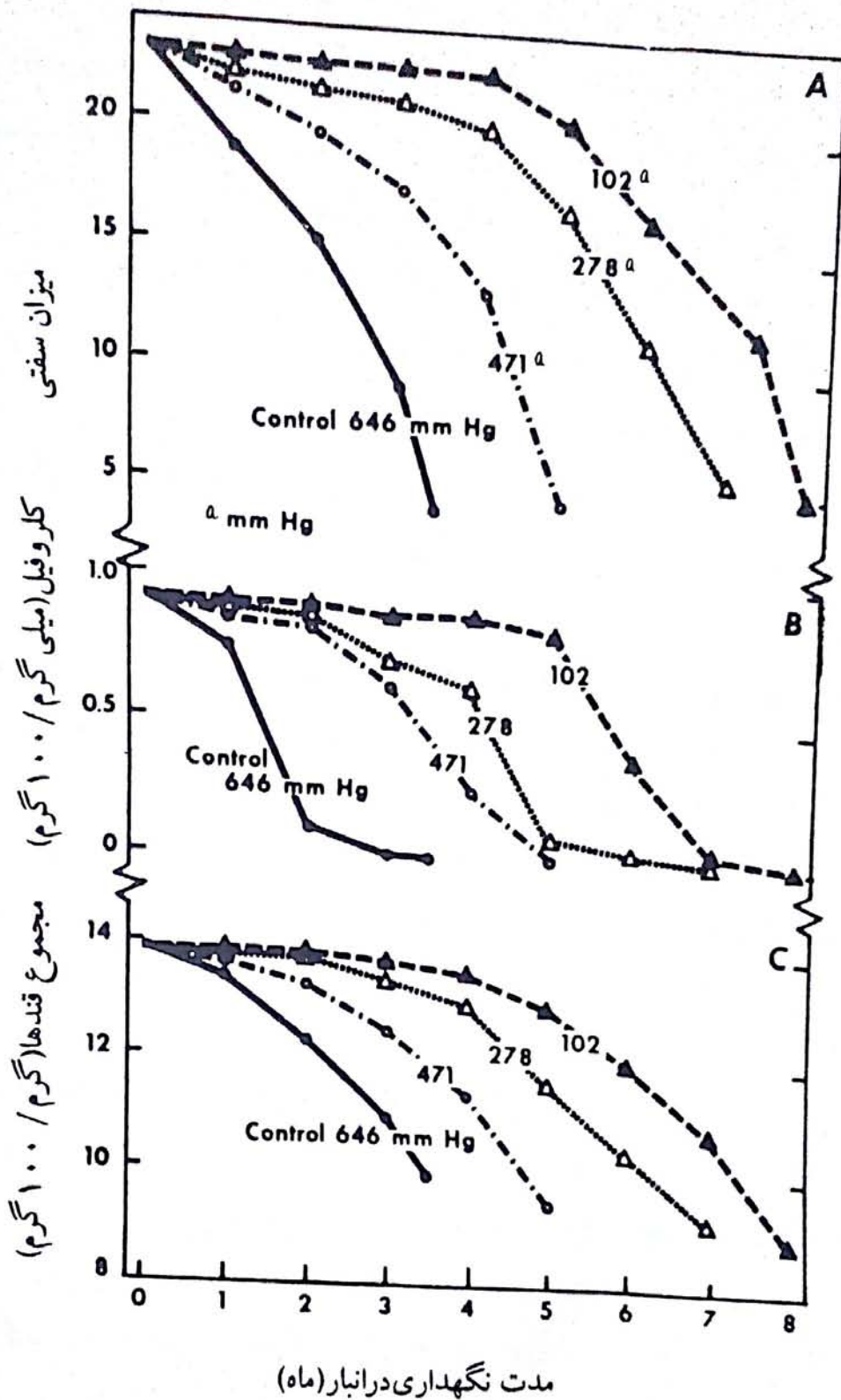
استفاده از اتمسفر کنترل شده در وسایل انبار مانند متحرک که کار حمل و انتقال ماده غذایی را انجام می‌دهند مثل کامیونها و واگنهای قطار مشکل است اما در مورد کشتیها انجام این کار ساده‌تر می‌باشد.

در نوعی از انبار دارای اتمسفر کنترل شده از یک خلاء جزئی در محیط استفاده می‌شود. در اینجا علاوه بر کاهش مقدار اکسیژن، مزیت مهمی که مطرح می‌شود برداشتن مداوم اتیلن و سایر مواد فرار از اتمسفر مربوطه و کنترل دقیق فشار هوا ($\pm 1\%$) 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 تغییر یافته

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 بیوشیمیایی 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 فیزیولوژیک خاصی را در پی داشته باشد که مکانیسم ایجاد این



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

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^{۴۵}، 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 را که 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.

۲-۶-۲- بسته‌های مواد غذایی با اتمسفر تغییر یافته^{۴۶}

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)

جدول ۷ - میزان حداکثر دی اکسید کربن و حداقل اکسیژن که احتمالاً توسط میوه‌ها و سبزیهای تازه قابل تحمل می‌باشد

میوه و سبزی		%CO _۲	%O _۲	میوه و سبزی		%CO _۲	%O _۲
سیب (جاناثان) ۱	۵	۲	کنگر	۲	۲	۳	
زردآلو	۲	۲	مارچوبه (در ۵°C)	۲	۱۰	۱۰	
موز	۵	-	مارچوبه (در ۲°C)	-	۱۵	۱۰	
میوه مرکبات	-	۵	لوبیا سبز	۵	۱۰	۲	
انجیر	۲۰	-	کلم دکمه‌ای	-	۵	۲	
انبه	۵	-	کلم	-	۵	۲	
شلیل	۵	۲	هویج	۲	۴	۳	
زیتون	۱۰	۲	کرفس	۲	۲	۲	
پاپایا	۵	۲	خیار	۲	۱۰	۳	
گلابی (آنجو) ۲	۱	۲	پیاز	۲	۱۰	۱	
آناناس	-	۲	گوجه‌فرنگی	۲	۲	۳	
آلو (ایتالیائی)	۲۰	-	سیب‌زمینی	-	۱۰	۱۰	
توت‌فرنگی	۲۰	۲	اسفناج	۲	۲۰	-	
گیلاس شیرین	۱۰	۳	نخود سبز	۳	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 تغییر یافته‌ای که تنفس ماده غذایی را به حداقل برساند و همچنین کاهش تعداد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در درون بسته می‌تواند بیشترین مدت را برای نگهداری ماده غذایی در چنین بسته‌هایی فراهم کنند. جدول ۸ مدت ماندگاری را برای تعدادی از اقلام غذایی که در بسته‌های دارای اتمسفر

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- افزایش مدت ماندگاری با استفاده از بسته دارای اتمسفر تغییر یافته (MAP)

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

* 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 خلأ، در حالی که از فعالیت میکروارگانیسم‌هایی که در حالت عادی روی مواد غذایی رشد و تکثیر

پیدا می‌کنند و سبب فساد می‌گردند جلوگیری می‌شود، میکروارگانیزم‌های 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 میکروارگانیزم‌های 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 سیستم‌هایی 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 مهار کردن اکسیژن یا دی‌اکسید کربن، 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 غذایی، 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

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 انتی‌اکسیدان‌ها^{۵۰} و یا رادیکال‌های آزادی که بتوانند اکسیژن را مهارکنند 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 با میزان 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 بسته‌بندی‌هایی 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

برای به کارگیری سیستم‌های فعال می‌باشد.

۲-۶-۱- 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 معمولاً ۸-۲ 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 خود گردد، 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، ورقه‌هایی 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

مقدار زیاد اکسیژن در اتمسفر درون بسته باعث تشکیل لایه قابل توجهی از اکسی میوگلوبین^{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 در درون بسته حاوی گوشت، میوگلوبین اکسید می‌شود و تبدیل به مت میوگلوبین^{۵۳} می‌گردد که قهوه‌ای رنگ و نامطلوب است. میزان تشکیل مت میوگلوبین بستگی به کاهش فشار اکسیژن در محیط بسته دارد.

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

نفوذپذیری ^۱ به		
ماده	اکسیژن	دی‌اکسید کربن
پلی اتیلن ^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 / پلی اتیلن (۳۷/۱۵ میکرون)	۹۰	۶۰۰

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

2 - Polyethylene

4 - Polyvinyl chloride

6 - Polyvinylidene chloride

8 - Cryovac

3 - Polypropylene

5 - Polyester

7 - Ethylvinyl acetate

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

می‌توان میزان دی‌اکسید کربن را تا حد زیادی افزایش داد که این افزایش از فساد ماده گوشتی توسط میکروارگانیسم‌ها شامل کپک‌ها و سودوموس‌ها 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.

۲-۷- 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 - یعنی از یک فصل برداشت تا فصل برداشت بعد - 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 - نظیر میوه‌ها و سبزیهائی که گرفتار آسیب‌های مکانیکی شده‌اند - تنفس با شدت بیشتری صورت می‌گیرد و از این 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 آسیب‌دیده ممکن است نسبت به همین ضریب در یک دانه آسیب‌ندیده تا ۷ برابر بیشتر باشد.

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 66°C تجاوز کند که در این صورت درجه حرارت گندم مربوطه از 60°C بیشتر نخواهد شد. افزایش رطوبت دانه‌ها بعد از برداشت سبب افزایش میزان آلفا-آمیلاز^{۵۵} در دانه می‌شود. این آنزیم تغییراتی را در دانه به وجود می‌آورد که باعث جوانه زدن دانه می‌گردد.

میزان حرارت ایجاد شده توسط دانه خشک حدود $10^{-7} \times 1$ کالری در ثانیه به ازاء هر سانتی مکعب دانه است. در صورتی که در مورد دانه مرطوب تقریباً این رقم $1/3 \times 10^{-5}$ 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 هوایی رطوبت را با خود حمل می‌کند و از این طریق رطوبت در 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. هوایی 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 هوایی 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 جابه‌جایی 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

اصول تکنولوژی نگهداری مواد غذایی

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 غیر قابل اشتعال است، معمولاً ترکیبات دیگری که قابل اشتعال هستند - مثل اتیلن دی‌کلرید - همراه با این ماده به کار گرفته می‌شوند.

56 - Ethylene dichloride

57 - Carbon tetrachloride

فصل سوم

آنزیم زدائی^۱

۳-۱- ضرورت و فواید آنزیم زدائی

آنزیم زدائی 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 - حداقل به طور نسبی - 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 می کنند و باعث ایجاد تغییرات نامطلوبی از جهات رنگ، طعم، بافت و یا کاهش ارزش تغذیه ای در این مواد می شوند. به عنوان مثال در مورد لوبیای سبز منجمد که به مدت یک سال در 20°C - نگهداری شده در صورتی که آنزیم زدائی روی آن انجام نشده باشد میزان کاهش ویتامینهای C، B_1 و B_7 به ترتیب برابر ۹۱، ۷۴ و ۳۹ درصد می باشد اما هنگامی که این ماده آنزیم زدائی 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 می شود که سبب نابودی آنزیمها می گردد، از این جهت در مورد این مواد هدف از اعمال

یک فرایند حرارتی - یا همان عمل به اصطلاح آنزیم زدائی - 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 خلأ در قوطی که برای حفظ کیفیت خوب و مناسب ماده غذایی درون آن ضروری می‌باشد کمک می‌کند. از طرفی حرارت اعمال شده در عمل آنزیم زدائی 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 آنزیم زدائی 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 آنزیم زدائی قبلاً صورت نگرفته باشد واکنش‌های زیان‌آور آنزیمی انجام بگیرد.

علاوه بر کنسروها، کاهش میزان آلودگی میکروبی در فرایند آنزیم زدائی 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 بر کاهش میزان آلودگی میکروبی ماده غذایی، بعضی از سموم

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°C - به مدت ۱۲ ماه بدون ایجاد هیچ‌گونه تغییر نامطلوبی - که ناشی از فعالیت آنزیمی باشد - 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^۲ را به همراه داشته باشد. حال چنانچه آنزیم در چنین حالتی غیرفعال نشود طبیعتاً باید ایجاد تغییرات نامطلوبی را در ماده مزبور انتظار داشت.

۳-۲ - سنجش کارآئی فرایند آنزیم‌زدائی

برای پی بردن به کارآئی فرایند آنزیم‌زدائی معمولاً وجود دو آنزیم پراکسیداز^۳ و کاتالاز^۴ 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 آن که بعد از انجام عمل آنزیم‌زدائی آزمایشهای مربوطه نشان‌دهنده نابودی

2 - Substrate

3 - Peroxidase

4 - Catalase

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 - مشخصاً در محل فعال^۵ آن - به طور اساسی تغییر دهد و آن را به شکل غیر قابل برگشتی دنا توره کند. از همین نظر است که در هنگام نگهداری ماده غذایی، آنزیم رفته رفته ساختمان اولیه یا طبیعی خود را باز می‌یابد و به این ترتیب قادر می‌گردد که اثرات سوئی را ایجاد نماید.

۳-۳- روش‌های آنزیم‌زدائی

۳-۳-۱- آنزیم‌زدائی با آب داغ

در این روش از آب داغ با حرارت $100^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ 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 پرگردیده 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 - ۳۰ درصد تجاوز نمی‌کند. در سیستم‌های جدیدتر به جای تزریق مستقیم بخار، از سیستم تبادل حرارتی غیرمستقیم استفاده می‌شود که در این حالت کارائی حرارتی سیستم آنزیم‌زدا به بیش از ۶۷ درصد می‌رسد.

در روشی دیگر از آنزیم‌زدائی با آب داغ، از سیستمی لوله‌ای با قطر ۶-۴ 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

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.

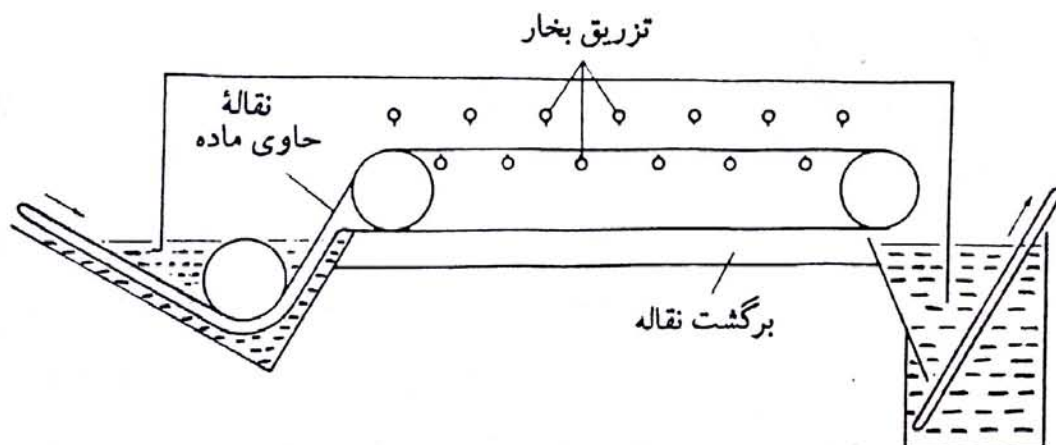
از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی در سیستم‌های آنزیم‌زدای آبی، آب حاصل از قسمت سردکننده برای گرم کردن آب در قسمت گرم‌کننده مقدماتی از طریق یک سیستم تبادل حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آب استفاده شده در قسمت ذکر شده نیز چون حرارت خود را از دست داده برای سرد کردن در قسمت سردکننده به کار گرفته می‌شود. 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.

۳-۲- 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 سیستم‌هایی 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

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.

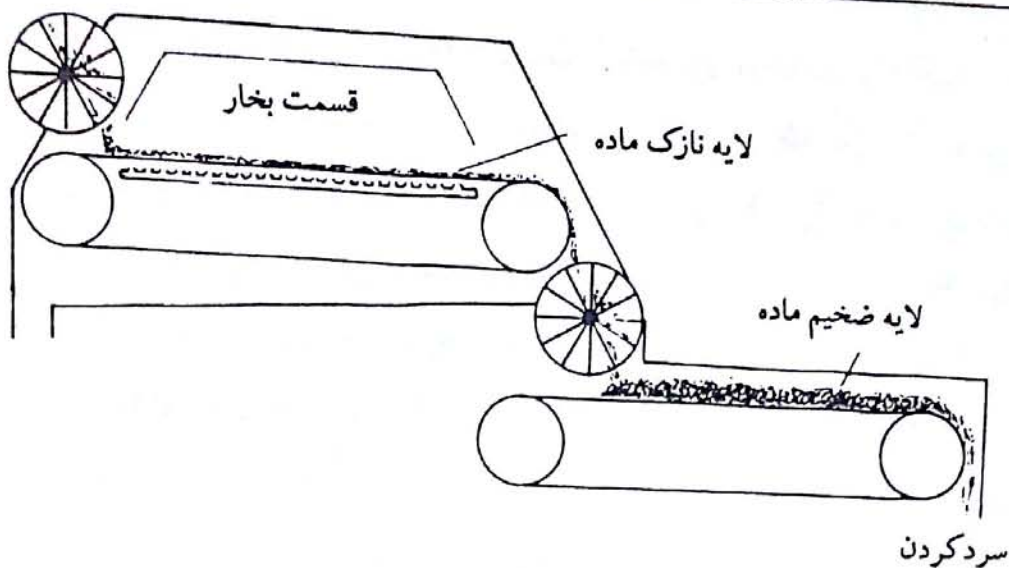


شکل ۱ - سیستم آنزیم‌زدای بخاری مسدود شده با آب.

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 تکه‌هایی 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

سریع انفرادی^۶ (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 - یعنی بدون تبادل حرارت با محیط خارج - 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 - که حالت سیلان نیز به نخود می‌دهد - 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 آنزیم زدائی در چنین سیستمی نسبت به زمان لازم در سیستم آنزیم زدای بخاری متداول به مراتب کمتر است، میزان بخار مورد نیاز آن ۹۰ درصد کمتر از بخار لازم برای سیستم آنزیم زدای بخاری متداول می‌باشد. همچنین مقدار ضایعات فاضلابی روش مورد بحث نیز ۹۰ درصد کمتر از ضایعات فاضلابی ایجاد شده در سیستم آنزیم زدائی با آب است.

در نوع دیگری از سیستم 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 آنزیم زدائی 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 آنزیم زدا در این است که در قسمت سرد کردن با جریان هوا، آب حاصل از



شکل ۲ - سیستم آنزیم زدای مداوم IQB.

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

۳-۳-۳- آنزیم زدائی توسط بخار در خلاء

در این روش معمولاً آنزیم زدائی در یک محفظه یا دیگ دو جداره مخروطی شکل (در دو انتها) انجام می گیرد. در اینجا، دیگ پس از قرار دادن ماده غذایی در آن به آرامی به حرکت در می آید که همراه با کاهش فشار تا ۱۰ کیلو پاسکال می باشد. به دنبال آن اجازه داده می شود که بخار اشباع وارد دیگ شده تا حدی که فشار در آن برابر فشار اتمسفر گردد. در این حالت ماده برای حدود یک دقیقه تحت اثر بخار قرار می گیرد و سپس عمل سرد کردن آن با ایجاد مجدد خلاء انجام می شود. در جریان برقرار بودن این خلاء، مایع موجود در دیگ - که ناشی از کندانه شدن بخار است - به حالت جوشیدن در می آید که این عمل حرارت ماده درون دیگ را گرفته و باعث سرد شدن آن می گردد.

در این روش، عمل آنزیم زدائی با کندانه شدن بخار و انتقال گرمای نهان آن به ماده به سرعت صورت می گیرد. بنابراین به دلیل کوتاه بودن زمان و بالا بودن درجه حرارت، ماده آنزیم زدائی شده دارای بافت سفت تری می باشد که در نتیجه چنین ماده ای اگر منجمد

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 می باشد. البته باید توجه شود که این روش غیر مداوم بوده و توانائی آن از جهت مقدار ماده آنزیم زدائی شده کمتر و محدودتر از سیستم های آنزیم زدای مداوم است.

۳-۳-۴- آنزیم زدائی در قوطی

در این روش پس از قرار دادن سبزیها در قوطی، مقدار کمی آب نمک به آن اضافه شده و در قوطی روی آن گذاشته می شود. قوطی در حالی که به صورت عمودی یا حالت ایستاده روی نقاله ای نواری قرار دارد از روی شعله مشعل هائی که در زیر نقاله هستند می گذرد. در اینجا آب نمک درون قوطی به حالت جوشان در می آید و بخار حاصل از آن در حالی که هوای موجود در قوطی را به خارج می راند باعث آنزیم زدائی نیز می شود. پس از انجام این عمل، در قرار گرفته روی قوطی توسط ماشین دربندی به بدنه قفل یا دوخته می گردد و فرایند حرارتی بعدی انجام می گیرد. میزان خلالتی که طبق این روش در قوطی ایجاد می شود در حد مناسب و مطلوبی است و کار آنزیم زدائی متناسب و هم آهنگ با سرعت حرکت عادی قوطی ها در فرایند کنسرو کردن می باشد. از این نظر هیچ وقفه ای در کار که می تواند با کاهش میزان تولید همراه باشد به وجود نمی آید و این روش را می توان به سادگی در کارخانه های تولید کنسرو به کار گرفت. از مزایای دیگر در این روش از آنزیم زدائی 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 می یابد.

۳-۳-۵- آنزیم زدائی با میکروویو^۷

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

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.

۳-۴- اثر بر ماده غذایی

۳-۴-۱- 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^۸ 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 ۳-۲ 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 موضوع 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.

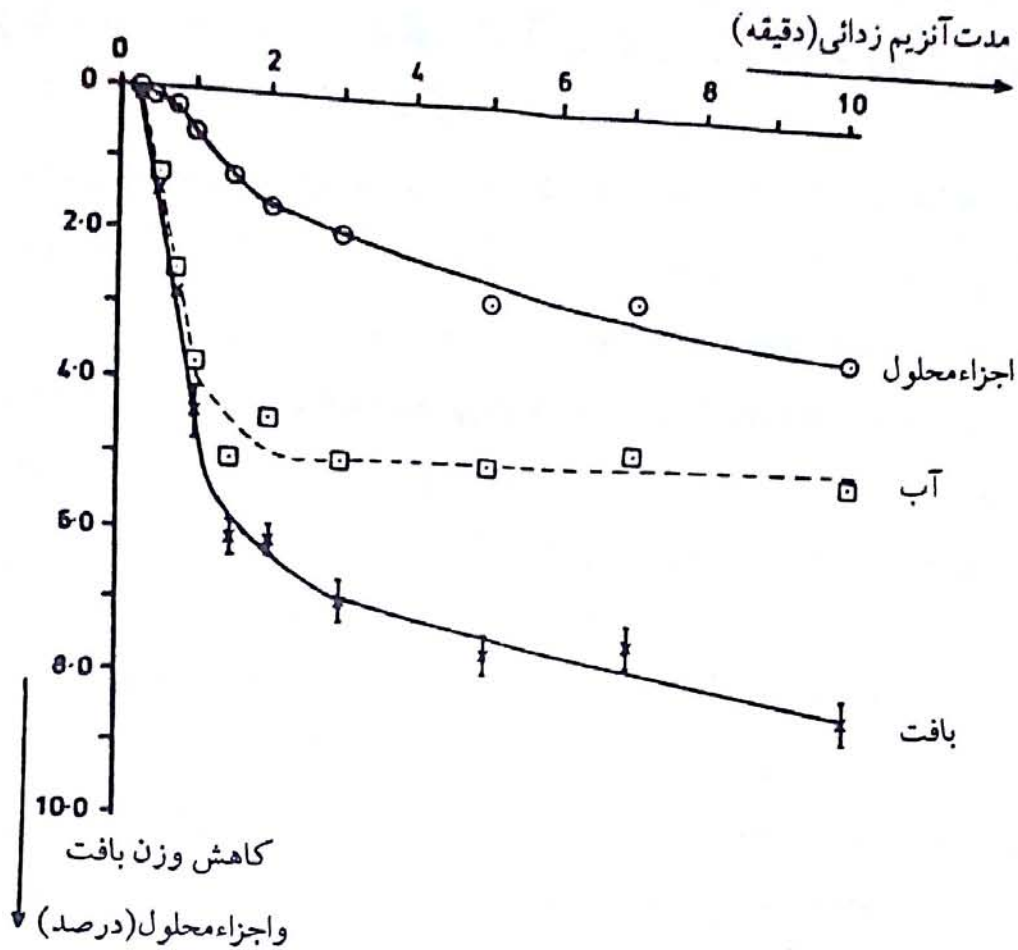
چنانچه در عمل آنزیم‌زدائی به جای آب داغ از هوای داغ استفاده شود حجم پساب حاصله ۹۹ درصد و مقدار COD^۹ به میزان ۹۶ درصد کاهش می‌یابد. در صورتی که ماده غذایی قبل از آنزیم‌زدائی با آب، تحت یک فرایند به اصطلاح مشروط یا واجد شرایط کردن از طریق استفاده از هوای گرم قرار گیرد و به میزان ۱۰-۵ درصد خشک شود به طور

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 آنزیم زدائی 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 - ۱۱ درصد می‌باشد.

اگر سطح تکه‌های هویج خرد شده برای مدت ۸ - ۵ دقیقه تحت اثر هوایی با درجه حرارت 66°C 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 آنزیم زدائی از همین هویج - اما با سطح مرطوب - 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 آنزیم زدائی ۱۰۰ درصد خواهد بود. یعنی هیچ‌گونه ضایعه‌ای وجود نخواهد داشت.

در مورد کنسروها معمولاً بعد از آنزیم زدائی 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 آب از این جهت به مراتب بهتر است. به کارگیری 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.

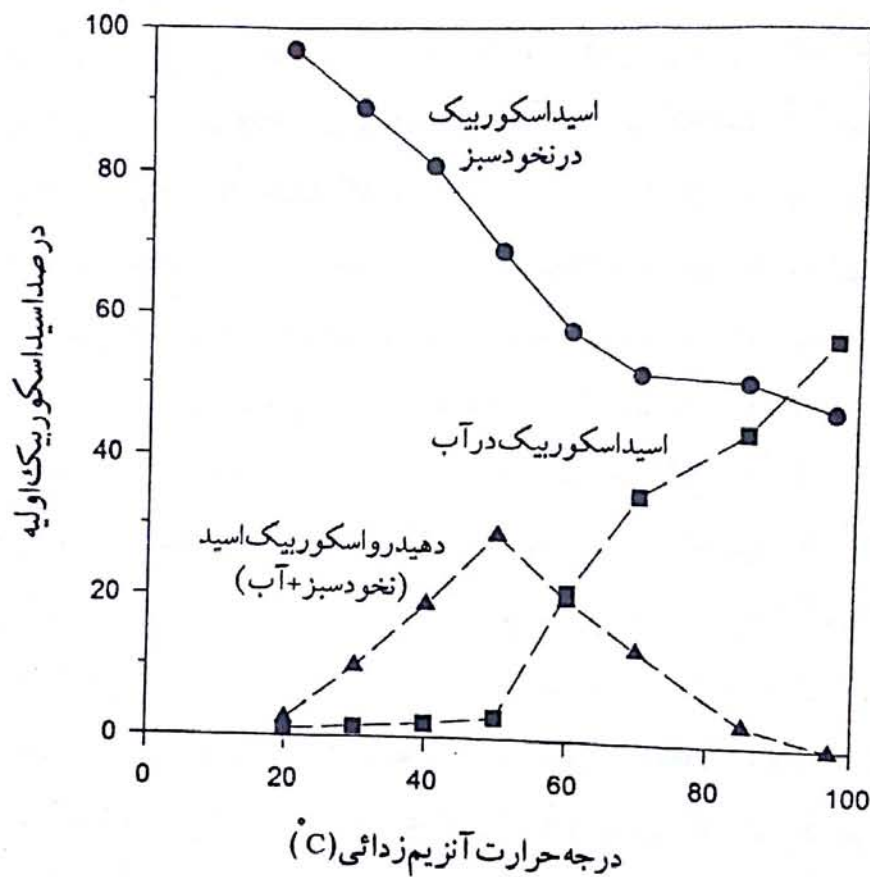


شکل ۳ - درصد کاهش وزن بافت، اجزاء محلول و آب (بر حسب اختلاف وزن)، در مورد نمونه‌هایی از هویج که آنزیم زدائی آنها در 70°C صورت گرفته است.

به طور کلی در تمام روش‌های آنزیم زدائی مقداری از اجزاء غذایی از دست می‌روند. اما در روش آنزیم زدائی 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 آنزیم زدائی می‌توان مقدار اسید اسکوربیک^{۱۱} 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

این نظر شاخص خوبی برای پی بردن به شدت فرایند آنزیم زدائی به کار گرفته شده و در نتیجه میزان آسیب وارد شده به بسیاری از اجزاء محسوب می شود. مقدار نابود شدن اسید اسکوربیک در روش آنزیم زدائی با میکروویو نسبت به روشهایی که از آب یا بخار استفاده می شود کمتر می باشد. 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 - حفظ اسید اسکوربیک در نخود سبز در فرایندهای آنزیم زدائی آزمایشی به مدت ۱۰ دقیقه در درجه حرارت های مختلف.

یک فرایند آنزیم زدائی توسط آب با درجه حرارت های مختلف برای مدت ۱۰ دقیقه نشان می دهد.

۳-۴-۲- بافت

در جریان فرایند آنزیم زدائی، پکتین^{۱۳} موجود در دیواره سلولها - که به منزله یک جزء اساسی در ایجاد بافت در سبزیها و میوهها عمل می کند - به صورت محلول در آمده و از دیواره سلول جدا می شود. چنین وضعی باعث نرم شدن بافت ماده غذایی مربوطه می گردد. اگرچه این نرم شدن در مورد برخی از اقلام کنسرو شده غذایی - از نظر تسهیل در کار پر کردن آنها در قوطی - مطلوب است اما به طور کلی در مورد اکثر موارد نامطلوب تلقی می شود. در اینجا با اضافه کردن نمک های کلسیم به آبی که عمل آنزیم زدائی را انجام می دهد می توان 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 نمک های کلسیم مقدار کمی نیز اسید سیتریک به آب اضافه شود میزان سختی بافت باز هم بیشتر می گردد.

روش دیگر برای حفظ سختی بافت، انجام فرایند آنزیم زدائی در دو مرحله است که مرحله اول به صورت استفاده از حرارت پائین برای مدت طولانی (70°C برای ۱۰ دقیقه) و مرحله دوم به شکل استفاده از حرارت بالا برای مدت کوتاه (حدود 100°C برای ۲ - ۳ دقیقه) می باشد. در مرحله اول، در واقع آنزیم پکتین متیل استراز^{۱۵} فعال می شود و گروه های متوکسیل^{۱۶} را از رشته های پکتین جدا می کند. در این حالت یونهای کلسیم موجود در ماده به منزله پلی میان گروه های کربوکسیل^{۱۷} ایجاد شده (بعد از جدا شدن گروه های متوکسیل) عمل کرده و باعث اتصال رشته های پکتین به یکدیگر می شوند. چنین وضعی از حلالیت پکتین می کاهد و اجازه نمی دهد در جریان آنزیم زدائی از دیواره سلول جدا شود و باعث نرمی بافت گردد. اضافه کردن املاح کلسیم به محیط، انجام این واکنش سودمند را تسهیل می نماید. در مرحله دوم، با به کارگیری درجه حرارت بالاتر، آنزیم ذکر شده غیرفعال و از اثرات سوء آن جلوگیری می گردد.

13 - Pectin

15 - Pectin methylestrase

17 - Carboxyl

14 - Calcium pectate

16 - Methoxyl

۳-۴-۳- رنگ

فرایند آنزیم زدائی سبب تجزیه حرارتی کلروفیل^{۱۸} به فتوفیتین^{۱۹} می شود که دارای رنگ زیتونی مایل به قهوه‌ای بوده و از این نظر مطلوب نمی باشد. 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 آنزیم زدائی به مدت ۳ دقیقه در 90°C سبب پایداری و حفظ رنگ کلروفیل می شود. در مورد لوبیای سبز نیز به کارگیری کربنات سدیم (به میزان ۲ درصد) اثر خوبی را از جهت حفظ رنگ کلروفیل نشان می دهد. در جریان آنزیم زدائی همچنین به دلیل خروج هوا از بافت ماده غذایی وضعیت انکسار و تفرق نور در آن تغییر می کند که می تواند ویژگی رنگی جدیدی را در ماده مزبور به وجود آورد.

۳-۴-۴- طعم

اجزاء فرار طعم‌زا نیز در جریان آنزیم زدائی 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 می کنند. البته در چنین حالتی شواهد متضادی نیز مشاهده می شود. مثلاً حفظ عطر، رنگ و بافت در جعفری و کرفس به شکل آنزیم زدائی نشده هنگام نگهداری در 18°C - نسبت به زمانی که آنزیم زدائی شده باشند بهتر صورت می گیرد. از طرفی ایجاد بوی بد در کلم و هویج آنزیم زدائی نشده به ترتیب بعد از ۳ و ۹ ماه نگهداری تحت حرارت 30°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 می دهد. اما در مورد لوبیای سبز،

18 - Chlorophyll

20 - Sodium carbonate

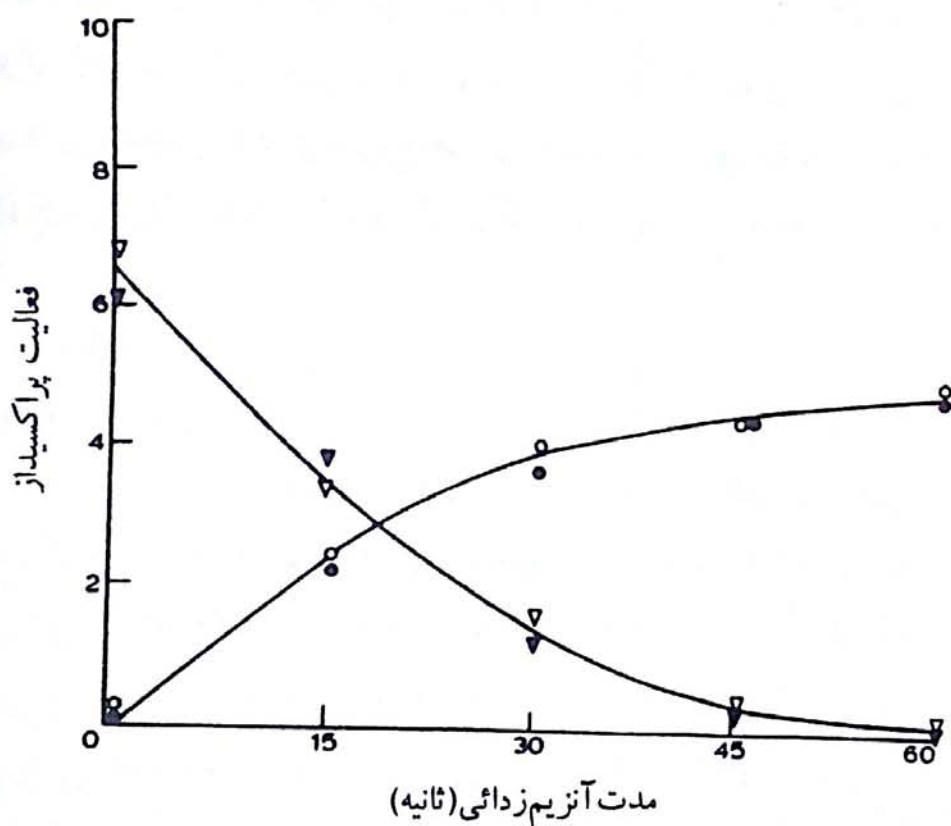
22 - Sodium hydroxide

19 - Pheophytin

21 - Calcium oxide

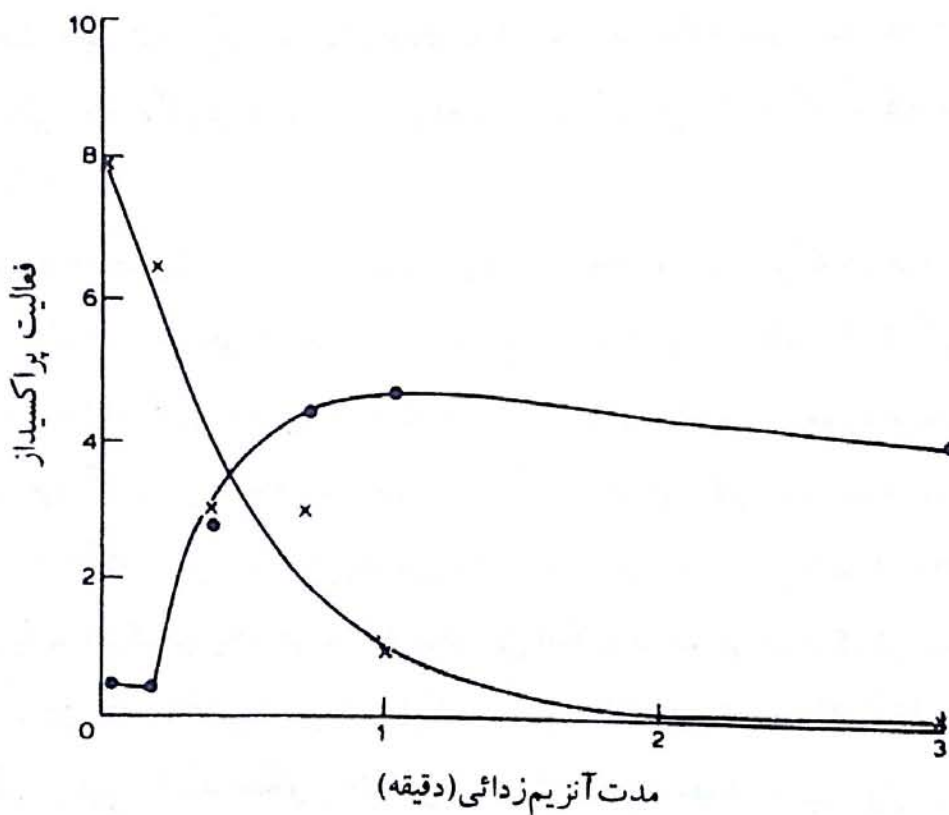
23 - Banff

بهترین کیفیت طعمی قبل از غیرفعال شدن کامل پراکسیداز حاصل می شود. این وضع را می توان 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 می آید. از این وضع ممکن است چنین نتیجه گیری شود که حداقل در مورد



شکل ۵- اثر مدت آنزیم زدائی در 97°C بر میزان فعالیت پراکسیداز و طعم در نخود سبز که برای ۹ ماه در 20°C - نگهداری شده است. مثلث های تو خالی و توپر به ترتیب نشان دهنده فعالیت پراکسیداز در واریته بنف و پرفکشین هستند و دایره های تو خالی و توپر نیز وضعیت طعم را به ترتیب در این دو واریته نشان می دهند.

بعضی از واریته‌های لوییای سبز، نابودی کامل پراکسیداز نمی‌تواند به عنوان شاخصی که نمایانگر انجام آنزیم زدائی 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 ۶ - اثر مدت آنزیم زدائی در 97°C بر میزان فعالیت پراکسیداز و طعم در تکه‌های لوییای سبز (واریته کسکید) که برای ۱۲ ماه در 20°C - نگهداری شده‌است. علائم ضرب و دایره توپر به ترتیب مربوط به فعالیت پراکسیداز و وضعیت طعم هستند.

۳-۴-۵ - انتخاب فرایند آنزیم زدائی مناسب

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

در مورد مزایا و محدودیت‌های چند روش قابل استفاده توضیحاتی ارائه شد. از نظر خصوصیات ماده غذایی، جنس، وارسته، میزان رسیدگی، شرایط کشت و شرایط رشد گیاه - که همگی در ایجاد نوع و میزان آنزیم‌ها نیز موثر هستند - حائز اهمیت می‌باشند. بررسیها نشان داده که میزان فعالیت آنزیمی - تحت شرایط ظاهراً یکسان - 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 - حداقل در مواردی - 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 - مثل انجماد - گسترش یافته و یا منشاء اثرات سوء دیگری بشوند.

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

کمترین آسیب وارد گردد. چنین شرایط اپتیمی 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.

۹۰/۹/۸۴

فاطمی، حسن

اصول تکنولوژی نگهداری مواد غذایی / تألیف حسن فاطمی . - تهران : شرکت سهامی انتشار، ۱۳۸۲.

۴۶۴ ص . : مصور.

فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.

کتابنامه : ص ۴۵۷ .

ISBN 964-325-138-1

چاپ دوم : ۱۳۸۵.

الف. عنوان.

۱. مواد غذایی - نگهداری.

۶۴۱ / ۴

۶ الف ۲ ف / ۴۰۱ TX

۱۸۶۸۸ - ۸۲ م

کتابخانه ملی ایران

اصول تکنولوژی نگهداری مواد غذایی

مؤلف : دکتر حسن فاطمی

ناشر : شرکت سهامی انتشار

چاپ دوم : ۱۳۸۵

حروفچینی : شرکت سهامی انتشار

چاپخانه حیدری - ۲۲۰۰ نسخه



WWW.ENTESHARCO.COM

E- mail: info@entesharco.com

دفتر مرکزی: خیابان جمهوری اسلامی، نرسیده به میدان بهارستان، جنب خیابان ملت، شماره ۰۲

کدپستی: ۱۱۴۳۹۶۵۱۱۸ - تلفن: ۳۳۱۱۴۰۴۴ - ۳۳۹۰۴۵۹۲ - فاکس ۳۳۹۴۸۸۶۲

○ فروشگاه: تهران، میدان انقلاب، بازارچه کتاب - تلفن ۶۶۴۱۳۶۸۴

۴۵۰۰ تومان