



دانشگاه تربیت مدرس

مرجع کامل

تهویه مطبوع و تبرید

(جلد دوم)

R. S. KHURMI
J. K. GUPTA

ترجمه:

مهندس علی اکبر عظمتی (مدرس دانشگاه)

مهندس مجید میرزاییگی

سر شناسنامه : کهورمی، آر.اس.
Khurml, R.S

عنوان و نام پدید آور : مرجع کامل تهویه مطبوع و تبرید / آر.اس. کهورمی، جی، گی، گوپتا؛ مترجمان علی اکبر عظمتی، مجید میرزاییگی.

مشخصات نشر : تهران؛ دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، 1390.

مشخصات ظاهری : 2 ج؛ مصور، جدول، نمودار.

شابک : 978-964-2651-62-7 دوره: 0-61-978-964-2651-62-7 ج 2

وضعیت فهرست نویسی : فیبا.

یادداشت : عنوان اصلی: A Textbook of Refrigeration and Air conditioning

موضوع : سردسازی و دستگاه های سرد کننده

موضوع : تهویه مطبوع

شناسنامه افزوده : گوپتا، ج. کی.

شناسنامه افزوده : Gupta, J, K

شناسنامه افزوده : عظمتی، علی اکبر، 1355-، مترجم

شناسنامه افزوده : میرزاییگی، مجید، 1352-، مترجم

شناسنامه افزوده : دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.

رده بندی کنگره : 1390 م 95/3 TP 492

رده بندی دیویی : 621/56

شماره کتابشناسی ملی : 2629122



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

عنوان : مرجع کامل تهویه مطبوع و تبرید (جلد دوم)

ترجمه : علی اکبر عظمتی، مجید میرزاییگی

نوبت چاپ : اول 1392

انتشارات : دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

لیتوگرافی : شرکت نماد اندیش آراین

چاپ : شرکت نماد اندیش آراین

ناظر فنی : مهندس غلامرضا کارگریان مروستی

شمارگان : 1000 جلد

قیمت : 25000 تومان

ISBN: 978-964-2651-62-7

شابک : 978-964-2651-62-7

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی 16788 - صندوق پستی 163 - 16785 - تلفن: 9 - 22970060

نمبر: 22970003 پست الکترونیکی: sru@srttu.ed

پیشگفتار

پیشرفت سریع تکنولوژی در جهان امروز و لزوم بهره‌گیری صحیح از اصول و مبانی مهندسی، نیاز رشته‌های تخصصی را جهت دسترسی به کتب و اطلاعات جدید روزافزون کرده است.

گسترده‌گی و کاربرد صنایع تهویه و تبرید از نیاز خانواده‌های کوچک تا شهرهای چند میلیونی جهت نگهداری مواد غذایی سالم، از ساختمان‌های ویلایی تا برج‌های عظیم مسکونی و تجاری جهت تهویه مطبوع، از صنایع غذایی کوچک تا صنایع عظیم نفت و گاز و پتروشیمی برای تبخیر و تقطیر و جداسازی و ... و عدم دسترسی به کتاب جامع در این زمینه، انگیزه ترجمه چنین کتابی برای مترجم بوده است.

این کتاب تحت عنوان: A Textbook of Refrigeration and Air-Conditioning به عنوان یک کتاب در تخصص مهندسی مکانیک و در عرصه دانشگاهی و صنعت دارای مطالب پایه، تخصصی و کاربردی بسیار کاملی است، همچنین این کتاب در مورد دستورالعمل‌های اصلی رفتار سیکل‌های تراکمی و تجهیزات مربوطه نیز مرجع بسیار مفیدی محسوب می‌گردد.

در فصول مختلف این کتاب روی رفتار سیستم‌های تهویه و تبرید بررسی جامعی به‌صورت تئوری و عملی صورت گرفته و معایب و محاسن هر یک بیان گردیده و سعی شده است در هر فصل ضمن استقلال محتوی، با فصل دیگر نیز در ارتباط و تسلسل داشته باشد. در مثال‌ها نیز سعی گردیده از مسائل عملی استفاده شود تا کاربرد تئوری و عملی با هم آمیخته شوند و دانشجویان و کارشناسان بتوانند از آن استفاده کاربردی و بهینه نمایند.

با همه کوششی که در ترجمه این کتاب به عمل آمده است هنوز هم به علت عدم وجود معادل فارسی برای کلیه لغات و اصطلاحات تخصصی، بعضی از مطالب خالی از اشکال نمی‌باشد. لذا بدین وسیله از کلیه اساتید و متخصصات محترم تقاضا داریم با ارائه نظرات اصلاحی ما را در بهبود کیفیت چاپ‌های آتی یاری نمایند.

در خاتمه ضمن تشکر از آقای مهندس حسین بزم‌آرا که در ترجمه بسیاری از قسمت‌های این کتاب نقش داشتند قدردانی می‌شود.

همچنین لازم است از آقای حسین‌یان مسئول محترم انتشارات نشر علوم روز و خانم لیلا یارمحمدی برای حروفچینی و صفحه‌آرایی این کتاب و آقای دکتر علیرضا ذاکری و سایر کارکنان اداره انتشارات دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی صمیمانه سپاسگذاری و قدردانی می‌نمایم.

آبان ماه 1390

علی اکبر عظمتی

پیشگفتار مترجم

A Textbook of Refrigeration and Air-Conditioning (Four Edition)

مرجع کامل تهویه و تبرید (ویرایش چهارم)

ما از ارائه نسخه جدید این نوشته استاندارد احساس رضایت و خشنودی می‌کنیم. صادقانه باید بپذیریم که موضوع نسخه قبلی این کتاب مورد رضایت و استقبال تمام متخصصین در هند و خارج هند بوده که آن برای ما بسیار ارزنده است. در نسخه رنگی حاضر، تمامی مطالب نسخه قبلی کتاب به‌صورت کامل مورد بررسی و تجدیدنظر قرار گرفت و مطالب آن نیز به روزرسانی شد. با اضافه کردن عکس‌های رنگی به این کتاب سعی بر آن شد تا ارزش محتوی آن بالا برود و بتواند به دانشجویان ایده واقعی بدهد و همچنین پلی بین مسائل تئوری و عملی باشد. ما صادقانه از اساتید و دانشجویان داخل و خارج کشور که پیشنهادات و توصیه‌های با ارزش خود را در مورد این کتاب برای ما ارسال نمودند تشکر و قدردانی می‌کنیم و همچنین امیدوارم که آنها حمایت و تشویق خود را نسبت به این کتاب در آینده نیز ادامه دهند. در اینجا لازم است از آقای راویندرا کومار گاپتا، اش چند و کمپانی او، آقای ناوین جوشی (بازرگانی و فروش)، آقای روپش گوپتا و دستیاران او (علوم و تکنولوژی) در قسمت ویراستاری و هماهنگی جهت چاپ رنگی این نسخه و آقای سینک کارلی (طراحی این کتاب) ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی نماییم. همچنین به تعدادی از اشتباهات، از قلم افتادگی و پیشنهاداتی که برای بهبود این نسخه برای ما ارسال شده بود توجه شد که ما از آنها تشکر و قدردانی می‌نماییم.

R. S. KHURMI

J. K. GUPTA

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	13. نگهداری غذا
446	13-1- مقدمه.....
446	13-2- مزایای نگهداری غذا.....
446	13-3- عوامل فساد غذا.....
449	13-4- روش نگهداری غذا.....
451	13-5- نگهداری غذا به وسیله سرد کردن.....
452	13-6- یخچال‌های خانگی برای نگهداری غذا.....
452	13-7- یخچال‌های تجاری برای نگهداری غذا.....
454	13-8- نگهداری غذا در محفظه‌های سرد.....
456	13-9- محفظه‌های منجمد برای نگهداری مواد غذایی.....
457	13-10- روش‌های انجماد مواد غذایی.....
	14. تبرید دما پایین (سرماي عمیق)
464	14-1- مقدمه.....
464	14-2- محدودیت‌های سیستم‌های تبرید تراکمی بخار برای تولید دمای پایین.....
465	14-3- سیستم تبرید مرکب (کسکید).....
468	14-4- ضریب عملکرد سیستم کسکید دومرحله‌ای.....
473	14-5- دی اکسیدکربن جامد یا یخ خشک.....
473	14-6- تولید دی اکسیدکربن یا یخ خشک.....
480	14-7- مایع‌سازی گازها.....
483	14-8- سیستم لینده برای مایع‌سازی هوا.....
487	14-9- سیستم کلاود برای مایع‌سازی هوا.....
491	14-10- مایع‌سازی هیدروژن.....

491	14-11- مایع‌سازی هلیوم.....
	14-12- تولید دمای پایین با استفاده از غیرمغناطیسی کردن آدیاباتیک نمک
493	فرامغناطیسی.....

15. سیستم تبرید جت بخار

500	15-1- مقدمه.....
500	15-2- مفاهیم اصلی سیستم تبرید جت بخار.....
500	15-3- آب به‌عنوان مبرد.....
501	15-4- کارکرد سیستم تبرید جت بخار.....
502	15-5- پرتابگر بخار.....
504	15-6- تحلیل سیستم تبرید جت بخار.....
504	15-7- بازدهی‌هایی که در سیستم تبرید جت بخار استفاده می‌شوند.....
506	15-8- جرم مورد نیاز بخار محرک.....
507	15-9- مزایا و معایب سیستم تبرید جت بخار.....

16. سایکرومتری

522	16-1- مقدمه.....
522	16-2- عبارات سایکرومتری.....
525	16-3- قانون فشارهای جزئی دالتون.....
526	16-4- روابط سایکرومتری.....
530	16-5- آنتالپی (کل گرمای) هوای مرطوب.....
538	16-6- دمای حباب مرطوب ترمودینامیکی یا دمای اشباع آدیاباتیک.....
541	16-7- نمودار سایکرومتریک.....
546	16-8- فرآیندهای سایکرومتریک.....
546	16-9- گرمایش محسوس.....
547	16-10- سرمایش محسوس.....

549	16-11- ضریب بای پس کویل گرمایش و سرمایش
551	16-12- بازدهی کویل های گرمایش و سرمایش
558	16-13- رطوبت زنی و رطوبت زدایی
559	16-14- روش های رطوبت زنی و رطوبت زدایی
560	16-15- فاکتور گرمای محسوس
561	16-16- سرمایش و رطوبت زدایی
567	16-17- سرمایش با رطوبت زنی آدیباتیک
569	16-18- سرمایش و رطوبت زنی با تزریق آب (سرمایش تبخیری)
574	16-19- گرمایش در رطوبت زنی
576	16-20- گرمایش و رطوبت زنی با تزریق بخار
581	16-21- گرمایش و رطوبت زدایی - رطوبت زدایی شیمیایی آدیباتیک
585	16-22- اختلاط آدیباتیک دو جریان هوا

17. شرایط آسایش

598	17-1- مقدمه
598	17-2- تبادل حرارتی با محیط
601	17-3- آسیب های فیزیولوژیکی ناشی از گرما
602	17-4- عوامل مؤثر بر آسایش انسان
602	17-5- دمای مؤثر
605	17-6- نمودار آسایش بهبود یافته
605	17-7- تولید و تنظیم گرما در بدن انسان
606	17-8- دفع حرارت و رطوبت از بدن انسان
607	17-9- محتوای رطوبت هوا
608	17-10- مقدار و کیفیت هوا
608	17-11- حرکت هوا
609	17-12- سطوح گرم و سرد

609	17-13- طبقه‌ای شدن هوا.....
609	17-14- عوامل مؤثر بر دمای مؤثر بهینه.....
610	17-15- شرایط طرح داخل تابستانی.....
611	17-16- شرایط طرح خارج تابستان.....

18. سیستم‌های تهویه مطبوع

616	18-1- مقدمه.....
616	18-2- عوامل مؤثر بر تهویه مطبوع به منظور آسایش.....
616	18-3- سیستم‌های تهویه مطبوع.....
616	18-4- تجهیزات مورد استفاده در سیستم تهویه مطبوع.....
617	18-5- دسته‌بندی سیستم‌های تهویه مطبوع.....
617	18-6- سیستم تهویه مطبوع به منظور آسایش.....
619	18-7- سیستم تهویه مطبوع صنعتی.....
621	18-8- سیستم تهویه مطبوع زمستانی.....
623	18-9- سیستم تهویه مطبوع تابستانی.....
629	18-10- سیستم تهویه مطبوع برای کل سال.....
630	18-11- سیستم تهویه مطبوع واحدی.....
630	18-12- سیستم تهویه مطبوع مرکزی.....
636	18-13- فاکتور گرمای محسوس اتاق.....
637	18-14- فاکتور گرمای محسوس کل.....
639	18-15- فاکتور گرمای محسوس مؤثر اتاق.....

19. برآورد بار سرمایش

664	19-1- معرفی.....
664	19-2- اجزای بار سرمایش.....
665	19-3- جذب گرمای محسوس از طریق سازه ساختمان به وسیله هدایت.....

670.....	19-4- جذب گرما از طریق تابش خورشیدی.....
671.....	19-5- جذب گرمای خورشیدی (محسوس) از طریق دیوارهای خارجی و سقفها.....
675.....	19-6- دمای هوا خورشید.....
675.....	19-7- جذب گرمای خورشید از طریق سطوح شیشه‌ای.....
677.....	19-8- جذب گرما به دلیل نفوذ هوا.....
678.....	19-9- جذب گرما به خاطر تهویه.....
679.....	19-10- جذب گرما از ساکنین.....
680.....	19-11- جذب گرما از وسایل و تجهیزات.....
681.....	19-12- جذب گرما از محصولات.....
684.....	19-13- جذب گرما از تجهیزات روشنایی.....
684.....	19-14- جذب گرما از تجهیزات توان دار.....
685.....	19-15- جذب گرمای از طریق کانال‌ها.....

20. کانال‌ها

718.....	20-1- مقدمه.....
718.....	20-2- دسته‌بندی کانال‌ها.....
718.....	20-3- مواد کانال.....
719.....	20-4- ساخت کانال.....
721.....	20-5- شکل کانال.....
721.....	20-6- فشار در کانال‌ها.....
722.....	20-7- معادله پیوستگی برای کانال‌ها.....
724.....	20-8- معادله برنولی برای کانال‌ها.....
726.....	20-9- افت فشار در کانال‌ها.....
727.....	20-10- افت فشار به دلیل اصطکاک در کانال‌ها.....
729.....	20-11- ضریب اصطکاک برای کانال‌ها.....
732.....	20-12- قطر معادل یک کانال دایروی برای کانال مستطیلی.....

740.....	20-13- نمودار اصطکاک برای کانال‌های دایروی.....
743.....	20-14- افت‌های دینامیکی در کانال‌ها.....
744.....	20-15- افت فشار به‌دلیل افزایش سطح و بازیابی استاتیک.....
747.....	20-16- افت فشار به‌دلیل جمع شدگی سطح مقطع.....
748.....	20-17- افت فشار در محل مکش و تخلیه کانال.....
749.....	20-18- افت فشار به‌دلیل وجود مانع در کانال.....
759.....	20-19- طراحی کانال.....
759.....	20-20- روش‌های تعیین سائز کانال.....
769.....	20-21- مقاومت سیستم.....
770.....	20-22- سیستم‌ها به‌صورت سری.....
770.....	20-23- سیستم‌ها به‌صورت موازی.....

21. فن‌ها

780.....	21-1- مقدمه.....
780.....	21-2- انواع فن.....
780.....	21-3- فن‌های گریز از مرکز.....
782.....	21-4- فن‌های جریان محوری.....
783.....	21-5- فشار کل تولید شده توسط فن.....
784.....	21-6- توان فن.....
784.....	21-7- بازده فن.....
786.....	21-8- نمودار عملکرد فن.....
788.....	21-9- مثلث سرعت برای حرکت پره‌ها در یک فن گریز از مرکز.....
791.....	21-10- کار انجام شده و هد کل تئوری تولید شده به‌وسیله فن گریز از مرکز برای هوا ورودی که به‌صورت شعاعی وارد شود.....
795.....	21-11- سرعت ویژه در فن‌های گریز از مرکز.....
796.....	21-12- قوانین تشابه فن.....

801.....	21-13- فن و مشخصه سیستم.....
801.....	21-14- فن‌ها در حالت سری.....
802.....	21-15- فن‌ها در حالت موازی.....

22. کاربرد تبرید و سیستم‌های تهویه مطبوع

814.....	22-1- مقدمه.....
814.....	22-2- یخچال و فریزر خانگی.....
815.....	22-3- ذوب یخ در یخچال‌ها.....
817.....	22-4- کنترل در یخچال.....
818.....	22-5- تهویه مطبوع اتاق.....
819.....	22-6- آب سرد کن.....
821.....	22-7- ظرفیت آب سردکن.....
823.....	22-8- کاربردهای سیستم‌های تهویه برای صنعت.....
825.....	22-9- کامیون‌های یخچال‌دار.....
826.....	22-10- تهویه سیستم‌های دریانوردی.....
827.....	22-11- کارخانه یخ‌سازی.....
828.....	22-12- خنک کاری شیر (فرآیند شیر).....
829.....	22-13- سردخانه.....
831.....	22-14- انجماد سریع.....
831.....	22-15- سرد و گرم کردن غذاها.....
833.....	22-16- خشک کردن از طریق انجماد.....
834.....	22-17- انتقال جرم و گرما در طی فرآیند خشک کردن مواد.....

۱۳

نگهداری غذا

- ۱- مقدمه
- ۲- مزایای نگهداری غذا
- ۳- علل فساد غذا
- ۴- روش های نگهداری غذا
- ۵- نگهداری غذا در یخچال
- ۶- یخچال های خانگی برای نگهداری غذا
- ۷- یخچال های تجاری برای نگهداری غذا
- ۸- مخازن سرد برای نگهداری غذا
- ۹- مخازن یخ زده برای نگهداری غذا
- ۱۰- روش های فریزکردن غذا



۱-۱۳- مقدمه:

غذا، همانند آب و هوا برای حیات بشر ضروری است. تمام غذای مورد استفاده از گیاهان و یا حیوانات تأمین می‌شود. تمام غذاها در تمام طول سال تولید نمی‌شود. غذاهای مختلف در مکان‌های مختلف و در فصول مشخصی تولید می‌شوند از آنجا که بعضی غذاها در تمام سال در بخش‌های مختلف کشور مورد نیاز است لذا لازم است این غذاها در طی حمل و نقل و درون انبارها تا زمان نهایی مصرف به خوبی نگهداری شوند.

نگهداری غذا را می‌توان به صورت حالتی تعریف کرد که در آن غذا برای یک دوره زمانی مشخصی حفظ می‌شود بدون آنکه توسط ارگانیسم‌های بیماری‌زا یا مواد شیمیایی آلوده شود و رنگ، ساختار، مزه و ارزش غذایی خود را نیز از دست ندهد.

۲-۱۳- مزایای نگهداری غذا:

در ادامه مزایای نگهداری غذا بیان می‌شود.

- ۱- تنوع غذایی ایجاد می‌کند.
- ۲- عمر مفید غذا را افزایش می‌دهد.
- ۳- ذخیره غذا را افزایش می‌دهد.
- ۴- اتلافات غذا را کاهش می‌دهد.

۳-۱۳- عوامل فساد غذا:

تمام انواع غذاها شامل پروتئین، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها (لیپیدها)، ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند. پروتئین‌ها و مواد معدنی مانند آهن، کلسیم و فسفر برای ساخت بافت و رشد بدن کمک می‌کنند. کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها انرژی لازم برای بدن را فراهم می‌کنند. ویتامین‌ها و مواد معدنی نیز برای حفاظت از بدن در برابر بیماری‌ها لازم هستند.

از بین رفتن هر یک از اجزای فوق سبب فساد غذا می‌شود. دوره زمانی فساد بستگی



به نوع غذا دارد. غذاهای فاسد شدنی مثل گوشت، ماهی، شیر و بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات بلافاصله شروع به فساد شدن می‌کنند مگر اینکه به طرز صحیحی نگهداری شوند. مواد نیمه فسادپذیر مانند تخم‌مرغ، پیاز و سیب‌زمینی را می‌توان برای چند هفته در یک مکان خشک و خنک نگهداری نمود. غذاهای فاسد نشدنی مثل حبوبات را می‌توان برای بازده زمانی طولانی‌تری حفظ کرد. فساد غذا به صورت بوی بد، رنگ غیرعادی، مزه و ظاهر فیزیکی بد نمود پیدا می‌کند.

فساد غذا به دلیل تغییرات فیزیکی و شیمیایی اتفاق می‌افتد که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند.

۱- فساد به دلیل تغییرات فیزیکی

یکی از دلایل فساد غذاهای تازه بسته‌بندی نشده مانند گوشت مرغ، ماهی، میوه و سبزی، پنیر، تخم‌مرغ و غیره از دست دادن رطوبت از سطح محصول به وسیله تبخیر آن در هوای اطراف است. این فرآیند به عنوان خشک شدن یا آب از دست دادن معروف است. در میوه‌ها و سبزیجات، خشک شدن همراه با از دست دادن مقدار قابل توجهی از وزن و ویتامین‌های آن همراه است. از دست دادن وزن همچنین مزه غذا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در گوشت، پنیر و غیره. خشک شدن سبب تغییر رنگ، تغییر شکل و از دست رفتن تکه‌های بزرگ آن می‌شود. تخم‌مرغ رطوبت را از طریق پوسته متخلخل از دست می‌دهد که سبب کاهش وزن آن و کاهش کیفیت تخم‌مرغ می‌شود.

فساد غذا، به خصوص در مورد میوه‌ها و سبزیجات در اثر ضربه، تمیزکاری و له شدن در طی بسته‌بندی بسیار معمول است.

۲- فساد به دلیل تغییرات شیمیایی

فساد غذا به دلیل یک سری تغییرات شیمیایی پیچیده در غذا رخ می‌دهد. این تغییرات هم به دلیل عوامل داخلی و هم خارجی اتفاق می‌افتند. عوامل داخلی آنزیم‌های طبیعی هستند و عوامل خارجی میکروارگانیسم‌ها می‌باشند. این دو نوع عامل مسئول فساد غذا می‌شوند که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند:

(الف) آنزیم‌ها: آنزیم‌ها در تمام مواد بافتی میوه‌ها، سبزیجات و حیوانات به صورت ذاتی وجود دارند. این مواد، کاتالیزورهای بافتی هستند که به وسیله سلول‌ها تولید می‌شوند. عمر هر سلول گیاهی یا بافت جانوری بستگی به واکنش‌های شیمیایی فعال شده توسط این کاتالیزورهای بافتی دارد. از نظر شیمیایی، ماهیت آنزیم‌ها پروتئین است و لذا به وسیله گرما از بین می‌روند. انواع مختلفی از آنزیم‌ها وجود دارند و آنزیم‌های خاصی روی بعضی غذاهای خاص واکنش‌های شیمیایی را آغاز می‌کنند که مسئول فساد غذا می‌باشند. جدول زیر انواع مختلف آنزیم‌ها و عملکرد شیمیایی آنها با مواد مختلف را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۱۳): انواع مختلف آنزیم‌ها و تأثیرات شیمیایی آنها بر مواد

شماره	نوع آنزیم	عمل شیمیایی آنزیم
۱	ptylain	نشاسته پخته را به قند مالتوز قابل حل تبدیل می‌کند.
۲	Pepsin	پروتئین را به پپتون تبدیل می‌کند.
۳	Rennin	کاسینوژن را به کاسین تبدیل می‌کند.
۴	Amylase	قندها و نشاسته را به مالتوز تبدیل می‌کند.
۵	lipase	چربی‌ها را به گلیسرین و اسیدهای چرب تبدیل می‌کند.
۶	Trypsin	پروتئین‌ها و پپتین‌ها را پلی‌پپتیدها و اسیدهای آمینه تبدیل می‌کند.
۷	Erepsin	همه موارد پروتئینی را به اسیدهای آمینه تبدیل می‌کند.

رطوبت (آب) برای عمل درست آنزیم‌ها لازم است. دمای بهینه برای حداکثر سرعت عملکرد آنزیم‌ها حدود 37°C است ولی با گرم کردن غذا آنزیم‌ها از بین می‌روند یا فعالیت آنها با فریز کردن غذاها کاهش می‌یابد.

(ب) **میکروارگانیزم‌ها:** میکروارگانیزم‌ها، ارگانیزم‌های زنده غیرقابل تشخیصی هستند که در محیط وجود دارند. این عوامل داخل و روی سطح غذاها رشد می‌کنند. میکروارگانیزم‌های مختلف که مسئول فساد غذا هستند به صورت جزئی در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند.

(i) **باکتری:** باکتری‌ها ارگانیزم‌های تک سلولی هستند که در خاک، آب، گردوغبار و هوا یافت می‌شوند. بسیاری از باکتری‌ها در نگهداری غذا مفید هستند و حضور بعضی آنها در غذاها مانند آنهایی که آب سیب را تخمیر می‌کند تا مشروب سیب به دست آید ضروری است. بعضی باکتری‌ها سبب فساد غذا می‌شوند. اگرچه اندازه، شکل و ساختار باکتری‌ها مطابق محیطی که در آن رشد می‌کنند تغییر می‌کند. باکتری‌ها در سه شکل اصلی زیر یافت می‌شوند:

۱- کروی که به آن کوسی می‌گویند.

۲- میله‌ای که به آن با سیلی می‌گویند.

۳- میله پیچیده که به آن اسپریلا می‌گویند.

از آنجا که باکتری‌ها قادرند در برابر دماهای بالا مقاومت کنند. می‌توان آنها را براساس محدوده دمایی به سه گروه عمده مطابق جدول زیر تقسیم نمود.

جدول (۲-۱۳): انواع باکتری‌ها

نوع باکتری	دما برحسب			
	حداقل	بهینه	حداکثر	
psychrophilic	۰	۱۵-۲۰	۳۰	۱
mesophilic	۱۵-۳۰	۲۵-۴۰	۵۰	۲
Thermophilic	۲۵-۴۵	۴۵-۵۵	۵۵-۸۵	۳

باکتری‌های سایکروفیلیک‌ها آنهایی هستند که نقش مهمی در فساد غذا در یخچال‌ها و انبارهای مبرد دارند.

خمیری که برای مدتی در یخچال رها می‌شود لکه‌های سیاه یا خاکستری در اثر فعالیت باکتری سایکروفیلیک بر رویش ایجاد می‌شود. باکتری‌های ترموفیلیک آنهایی هستند که قادرند در برابر دماهای بالا مقاومت کنند. غذاها و صنعت کنسروسازی و تجهیزات فرآوری شیر عموماً توسط باکتری‌های ترموفیلیک تحت تأثیر واقع می‌شوند. از آنجا که باکتری‌ها می‌توانند هوازی یا غیرهوازی باشند. لذا به نظر می‌رسد که در هر کجا می‌توانند رشد کنند. بعضی از آنها ممکن است سبب فساد غذا شوند در حالی که بعضی دیگر موجب مسمومیت و بیماری‌های مربوط به غذا هستند.

باکتری‌ها را می‌توان با تابش آفتاب اشعه ماوراء بنفش و گرمای زیاد یا با استفاده از ترکیبات شیمیایی خاص نابود کرد.

(ii) **مخمر:** میکروارگانیسم دیگری است که در فساد غذا نقش دارد. مخمرها به آب و منبع انرژی (معمولاً قند) برای رشد نیاز دارند. رشد آنها معمولاً در دماهای بین ۲۵ تا ۳۰°C در سریع‌ترین حالت خود قرار دارد. از آنجا که قند به عنوان یک منبع انرژی برای مخمر عمل می‌کند، لذا معمولاً مخمر در جاهایی یافت می‌شود که قند موجود باشد. مخمرها راه خود را به سمت زمین پیدا می‌کنند و وقتی که از سطح میوه‌ها بخصوص انگور شسته یا دفع می‌شوند. سلول‌های مخمر که همیشه در اتمسفر وجود دارند. ممکن است غذا را آلوده کرده و سبب فساد آن شوند. آنها در طی متابولیسم خود، لکه و ترکیبات شیمیایی نامطلوبی تولید می‌کنند. مخمر می‌تواند سبب فساد آبمیوه، شربت، ملاس، عسل، ژله و سایر غذاها شوند و قند آنها را به الکل و دی اکسیدکربن تبدیل کنند.

عموماً همه انواع مخمرها در دمای ۱۰۰ درجه از بین می‌روند و فعالیت آنها در دمای پایین متوقف می‌شود ولی به دلیل سختی سلول آنها تا مدت زیادی در غذا باقی می‌مانند.

(iii) **کپک (قارچ):** کپک‌ها قارچ‌های فیلامنتوس چند سلولی هستند که حاوی اسپرانژیوم می‌باشند هاگ‌های داخل اسپرانژیوم در هوا پخش شده و مجموعه‌های جدیدی از قارچ پدید می‌آورند. وقتی این هاگ‌ها محیط مناسبی پیدا کنند. جوانه زده و به صورت پفکی رشد می‌کنند. این کپک‌ها در رنگ‌های مختلفی مانند سفید، خاکستری، آبی، سبز، قرمز، نارنجی و بعضی رنگ‌های دیگر بسته به نوع قارچ آن یافت می‌شوند. بسیاری از قارچ‌ها در دمای بین ۲۵ تا ۳۰°C و مکان گرم و مرطوب رشد می‌کنند. بعضی از قارچ‌ها حتی می‌توانند در دمای یخچال نیز رشد کنند.

رشد قارچ‌ها در غذاهای اسیدی مانند لیمو و غذاهای حاوی قند مانند مربا و ژله بسیار سریع است آنها همچنین روی غذاهای خنثی مانند نان و سایر غذاهای نشاسته‌ای که توسط ریزپوس (که به عنوان کپک سیاه شناخته می‌شود) رشد می‌کنند. کرک‌های سبزی که روی میوه‌های فاسد دیده می‌شود معمولاً از خانواده پنی‌سیلین هستند. بسیاری از کپک‌ها مضر نیستند. بخش کوچکی از کپک‌ها که در غذا دیده می‌شوند قادر هستند مواد سمی تولید کنند که به آنها مایکوتوکسین‌ها می‌گویند. شناخته شده‌ترین آنها افلاتوکسین است که توسط کپک‌های تولید می‌شود که روی بادام زمینی، گندم و ارزن که بلافاصله پس از برداشت خشک نشوند، رشد می‌کند.

۴-۱۳- روش نگهداری غذا:

تمام روش‌های نگهداری غذا باید محیطی را در اطراف غذای نگهداری شده فراهم کنند به گونه‌ای که شرایط نامساعدی را برای ادامه فعالیت عوامل فساد ایجاد نمایند. وقتی قرار است محصولی برای مدت طولانی نگهداری شود، شرایط نامساعد باید به اندازه کافی سخت باشند تا عوامل فساد را به کلی از بین ببرند تا اینکه حداقل آنها را غیرفعال سازند. در ادامه روش‌های نگهداری غذا ارائه می‌شود.

۱- گرم کردن: تمام عوامل فساد (آنزیم‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها) وقتی که برای مدت زمان

معلومی در معرض دمای بالا قرار داشته باشند نابود می‌شوند. دمای محصول تا اندازه‌ای بالا می‌رود که تمام عوامل فساد در آن از بین می‌روند و سپس تا زمانی که همگی نابود شوند در آن دما باقی می‌ماند. سپس محصول در بسته‌های هوابندی شده و استرلیزه بسته‌بندی می‌شود. محصولی که چنین فرآیندی را طی کند، در شرایط نگهداری برای مدت طولانی باقی می‌ماند.

۲- آبگیری کردن: فرآیند گرفتن رطوبت محصول آبگیری (خشک کردن) نامیده می‌شود. این روشی یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری غذاست که هنوز هم استفاده می‌شود. از آنجا که آنزیم‌ها و میکروارگانیسم‌ها برای رشد به رطوبت نیاز دارند، لذا کافی است باگرفتن رطوبت رشد آنها را به‌طور کامل متوقف نمود. گستره وسیعی از غذاهای خشک شده در بازار موجود است که می‌توان از شیرخشک، سوپ‌های خشک، قهوه‌های آماده فوری، حبوبات از پیش پخته و آماده نام برد. یک روش بسیار معمول برای خشک کردن استفاده از خورشید است. این روش نمی‌تواند مزه غذا را حفظ کند.

۳- نگهداری شیمیایی: این روش ممکن است از غلظت بالای نمک، قند یا اسیدها استفاده شود. نمک به‌عنوان یک نگهدارنده برای نگهداری سبزیجات و میوه‌هایی مانند تم‌رندی، انبه کال ماهی و گوشت استفاده می‌شود. نمک به‌صورت خشک یا آب نمک استفاده می‌شود. حضور نمک با غلظت بالا از در دسترس بودن آب برای باکتری‌ها جلوگیری می‌کند. این موضوع به‌خاطر این است که غلظت نمک در آب بیشتر از سلول‌های باکتری است لذا آب نمی‌تواند توسط عضو سلولی باکتری جذب شود.

مبنای استفاده از قند به‌عنوان نگهدارنده نیز شبیه نمک است. نگهداری با نمک یک فرآیند سرد است در صورتی که در مورد قند، مخلوط گرما داده می‌شود. قند به‌عنوان نگهدارنده عمل می‌کند چون غلظت بالای محلول قند آب را از میکروارگانیسم خارج می‌کند، لذا از رشد آنها جلوگیری می‌کند. با این وجود کپک‌ها روی سطح مربا و ژله در صورت عدم نگهداری مناسب به صوت استرلیزه رشد می‌کنند.

وقتی محیط نگهداری غذا اسیدی باشد، بیشتر میکروارگانیسم‌ها نمی‌توانند به زندگی خود ادامه دهند. استفاده از سرکه (اسید استیک) و آبلیمو (اسید ستیریک) روش‌های معمول خانگی برای نگهداری هستند. اسید بنزوئیک به‌عنوان یک نگهدارنده تا غلظت‌های حدود ۰/۱٪ برای تمام میوه‌های رنگی و سبزی‌ها استفاده می‌شود. آفت‌کش روی میوه‌ها و سبزی‌ها و دانه‌های غذایی جهت جلوگیری از فساد اسپری می‌شود. اگر این آفت‌کش‌ها فزاتر از محدوده مجاز استفاده شوند، شدیداً سمی هستند.

۴- روغن و ادویه‌جات: روغن‌ها و ادویه‌جات همراه با نمک و قند، محیطی را فراهم می‌کنند که فعالیت میکروارگانیسم‌ها در غذا را محدود می‌کند علاوه بر آن این مواد مزه غذایی نگهداری شده را نیز بهبود می‌بخشند. ادویه‌هایی مانند فلفل قرمز، شنبلیله، خردل و فلفل در ترشی استفاده می‌شوند. هنگامی که از روغن در ترشی استفاده می‌شود، سطح رویی روغن از ورود میکروارگانیسم‌ها به غذا جلوگیری می‌کند.