

معاونت غذا و داروی شهید بهشتی

freeze and freeze drying

کارشناس اطلاع رسانی و رسیدگی به شکایات: فرزانه دودانگه

۷ اردیبهشت ۹۴

انجماد

- انجماد فرایندی برای محافظت از مواد غذایی بدون ایجاد تغییرات قابل توجه در کیفیت حسی و ارزش تغذیه ای است.
 - این فرایند شامل کاهش دمای مواد غذایی تا زیر نقطه انجماد آن است، که باعث تغییر بخشی از آب موجود در ماده غذایی و تبدیل حالت آن به فرم کریستال های یخ می شود. بی حرکت کردن آب به شکل یخ و متعاقب آن تغلیظ مواد حل شده در آب غیر منجمد، باعث کاهش فعالیت آبی (AW) مواد غذایی می شود.
- حفاظت مواد غذایی با ترکیب دماهای پایین سبب تغییرات بیوشیمیایی شده و فعالیت آنزیمی و میکروبی را کاهش می دهد و در بعضی از مواد غذایی کاهش فعالیت آبی همراه با پیش تیمار آنزیم بری انجام می شود. اگر انجام فرایند انجماد ، نگهداری منجمد و رفع انجماد مواد غذایی به صورت صحیح انجام شود، تغییرات بسیار کمی در کیفیت حسی و ارزش تغذیه ای ایجاد می شود.
- انجام کلیه فعل و انفعالات شیمیایی و فعالیت های بیولوژیکی نیازمند دو فاکتور اصلی یعنی گرما و آب می باشد لذا کاهش درجه حرارت تا زیر صفر و پایین تر از آن یا عدم دسترسی به آب آزاد در اثر انجماد (تشکیل کریستالهای یخ) هر دو از جمله عواملی هستند که می توانند بر سرعت و شدت فعل و انفعالات شیمیایی و فعالیت های بیولوژیکی مؤثر بوده و در شرایطی آنها را متوقف نماید

مهمترین گروه های مواد غذایی که به صورت تجاری منجمد می شوند شامل موارد زیر هستند:



اولین مرحله خروج گرمای حسی و در مواد غذایی تازه، میوه ها و سبزی ها ، گرمای ناشی از تنفس نیز خارج می شود . این مقوله به نام بار حرارتی نامیده می شود.

خارج شدن گرمای نهان تبلور

ایجاد بلور های یخ

Sensible heat

Latent heat

میزان آب موجود در بعضی از مواد غذایی

درصد آب	ماده غذایی	درصد آب	ماده غذایی
۲۸	مربا	۹۴	گوجه فرنگی
۲۷	کشمش	۹۳	هندوانه
۲۰	عسل	۹۲	کلم
۱۷	کره	۹۰	توت فرنگی
۱۲	آرد گندم	۹۰	لوبیای سبز
۱۲	برنج	۸۹	هلو
۱۰	ماکارونی	۸۷	پرتقال
۵	بیسکویت	۸۷	شیر
۳/۵	شیر خشک	۷۸	سیب زمینی
۱/۵	چیپس سیب زمینی	۷۰	گوشت (مرغ)
۱-۲	آب نبات	۶۵	گوشت

فعالیت آبی

فساد ماده غذایی توسط میکروارگانیسمها و یا آنزیمها کاملاً به آب همراه غذا وابسته است. اما میزان آب موجود در غذا به تنهایی نمیتواند ملاک تشخیص باشد. زیرا مثلاً روغن بادام در رطوبت بیش از ۶/۰ درصد رو به فساد می گذارد در حالیکه نشاسته سیب زمینی در ۲۰ درصد هنوز پایدار است.

لذا مهم آب موجود نیست بلکه آب در دسترس است که این موضوع با فعالیت آبی قابل بررسی است.

میزان فعالیت آب در بعضی از مواد غذایی

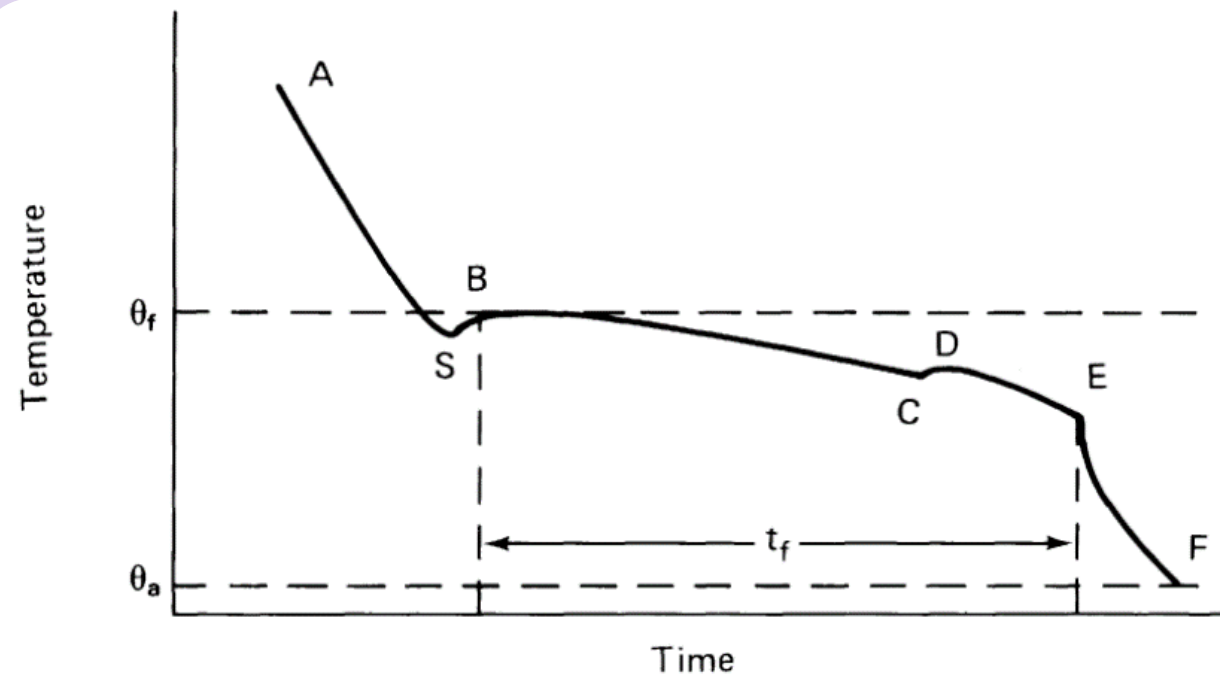
فعالیت آب	ماده غذایی
۰/۹۹	گوشت تازه
۰/۹۳	سوسیس (فرانکفورتر)
۰/۹۱	کیک خامه‌ای
۰/۸۶	مربا
۰/۸۴	سوسیس خشک (۲۸ - ۳۴ درصد رطوبت)
۰/۸۳	شیر کندانه شیرین
۰/۸۱	اغذیه منجمد
۰/۷۹	عصاره‌های میوه کنسانتره
۰/۷۸	کیک میوه‌ای
۰/۷۴	عسل
۰/۷۲	گوشتهای خشک شده (۱۵ - ۱۶ درصد رطوبت)
۰/۶۶	غلات
۰/۶۵	میوه‌های خشک شده و بستنی
۰/۶	کشمش
۰/۴۵	ماکارونی
۰/۲	بیسکویت
۰/۱۱	شیر خشک
۰/۰۸	چیپس سیب‌زمینی

تشکیل کریستال یخ

- قبل از تشکیل کریستال یخ باید هسته ای از مولکول های آب تشکیل شود. تشکیل هسته باعث پیشرفت کریستالیزاسیون می شود.
- دو نوع فرایند تشکیل هسته وجود دارد
- ۱: شکل گیری هسته یخ به روش همگن که در آن هسته یخ به طور خود به خودی و به تدریج با کاهش دما تشکیل می شود. در این حالت به سرمای زیادی نیاز است . تمام مواد آلی و غیر آلی می توانند به طور همگن در دمای ۴۰ - تا ۱۵ - درجه سانتی گراد تولید هسته یخ کنند.
- ۲: شکل گیری هسته یخ به روش ناهمگن که تشکیل هسته در پیرامون ذرات معلق ، در دیواره سلولی یا بوسیله یک عامل خارجی مثل باکتری و یا قارچ یک ترکیب شیمیایی ویژه القاء می شود بطوری که حضور این ترکیبات و میکروارگانیزم ها می تواند دمای تشکیل یخ را در مواد آلی و غیر آلی به بالاتر از ۶- درجه سانتی گراد برساند. که در بیشتر مواد غذایی و در طی سوپرکولینگ اتفاق می افتد.



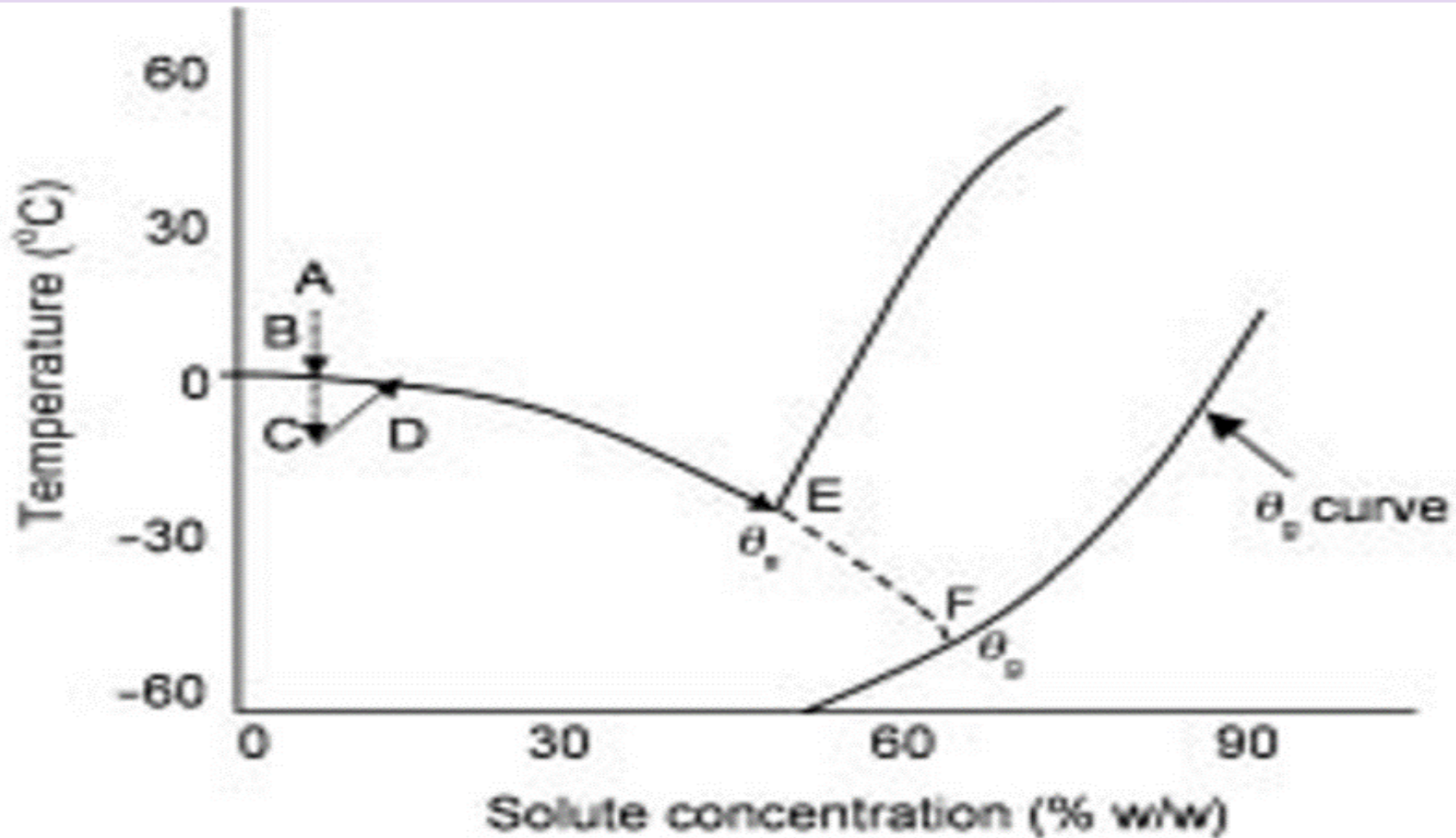
منحنی مراحل انجماد آب در شکل فوق نشان داده شده است که مراحل آن به صورت زیر توصیف می شود:



WATER CONTENTS AND FREEZING POINT OF SELECTED FOODS

food	Water content	Freezing point
vegetable	78_92	-0.8 to -0.2
fruits	87_95	-0.9 to -2.7
meat	55-70	-1.7 to -2.2
fish	65_81	-.6 to -2.0
milk	87	-0.5

نمودار فاز که نشان دهنده رابطه بین دما و غلظت مواد جامد تا رسیدن به دمای انتقال شیشه ای



Solute concentration (% w/w)

Table 22.2 Glass transition temperatures for selected foods

Food	Glass transition temperature t_g (°C)
Dairy products	
Cheddar cheese	-24
Cream cheese	-33
Ice cream	-31 to -37
Ice milk	-30
Fish and meat	
Beef muscle	-12 and -60
Chicken	-16
Cod muscle	-11 and -77
Mackerel muscle	-12
Tuna muscle	-15 and -74
Fruits and fruit products	
Apple	-41 to -42
Apple juice	-40
Banana	-35
Grape juice	-42
Lemon juice	-43
Orange juice	-37.5
Peach	-36
Pear juice	-40
Pineapple juice	-37
Prune juice	-41
Strawberry	-33 to -41
Tomato	-33 to -41
Vegetables	
Broccoli, head	-12
Carrot	-26
Green beans	-27
Maize kernel	-15
Pea	-25
Potato	-12
Spinach	-17

Adapted from Kennedy (2003), Orlien *et al.* (2004) and Fennema (1996)

تغییرات ویژگی های فیزیکی حرارتی مواد غذایی که دارای مقادیر بالایی آب هستند شامل موارد زیر است:

- 1) کاهش دانسیته با افزایش میزان یخ
- 2) افزایش ضریب هدایت حرارتی
- 3) کاهش آنتالپی
- 4) افزایش گرمای ویژه با تشکیل یخ و برگشت آن به مقداری مشابه گرمای ویژه آب در هنگام رسیدن دمای ماده غذایی به -20 درجه سانتی گراد
- 5) افزایش نفوذ پذیری حرارتی ماده غذایی بعد از تشکیل اولیه یخ در آن

تجهیزات و دستگاه‌های منجمد کننده

فریزرهای هوای سرد

فریزرهای نواری
(فریزرهای مارپیچی)

فریزرهای صندوقی

فریزرهای منجمد کننده سریع

فریزرهای با بستر سیال

فریزرهای مایع سرد

فریزرهای غوطه وری

فریزرهای با سطح سرمازا

فریزرهای با سطح خراشنده

فریزرهای صفحه

فریزرهای غوطه وری

فریزرهای ناپیوسته کابینتی

فریزرهای بستر سیال

فریزرهای چرخان

فریزرهای تونلی پیوسته

فریزرهای ترکیبی دمشی / کرایوژنیک

فریزرهای میکانیکی

فریزرهای کرایوژنیک

روش های جدید خشک کردن

مزایای این فریزرهای کرایوژنیک عبارتند از:

- فرایند پیوسته ساده با هزینه های اولیه پایین
- واحد های کوچک تر با نرخ تولید مشابه فریزرهای مکانیکی
- افت وزن ناشی از خشک شدن کمتر در محصول
- ایجاد کریستال های کوچک تر و افت کیفی و تغذیه ای کمتر به علت انجماد سریع تر
- عدم وجود اکسیژن در طی انجماد و در نتیجه آن تغییرات اکسیداتیو کمتر در محصول
- شروع کار سریع و بدون زمان رفع انجماد

مواد cryoprotectant

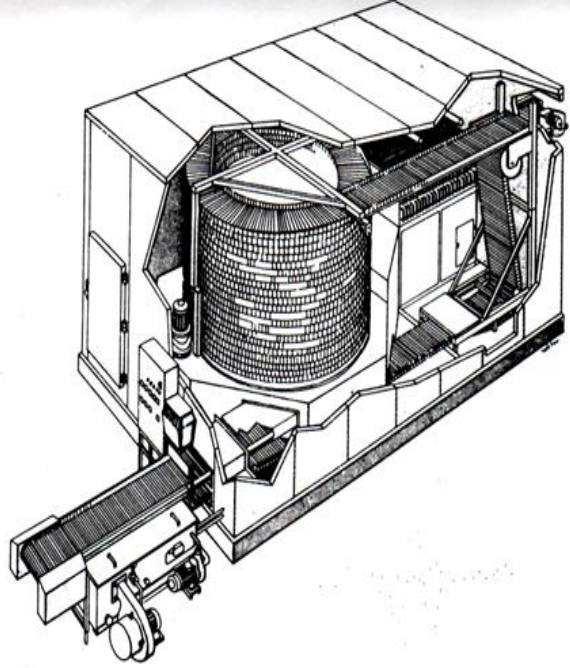
انجماد تحت فشار

انجماد با فراصوت

انجماد به همراه خشک کردن

شناور سازی در مایع
(Hydrofluidization))

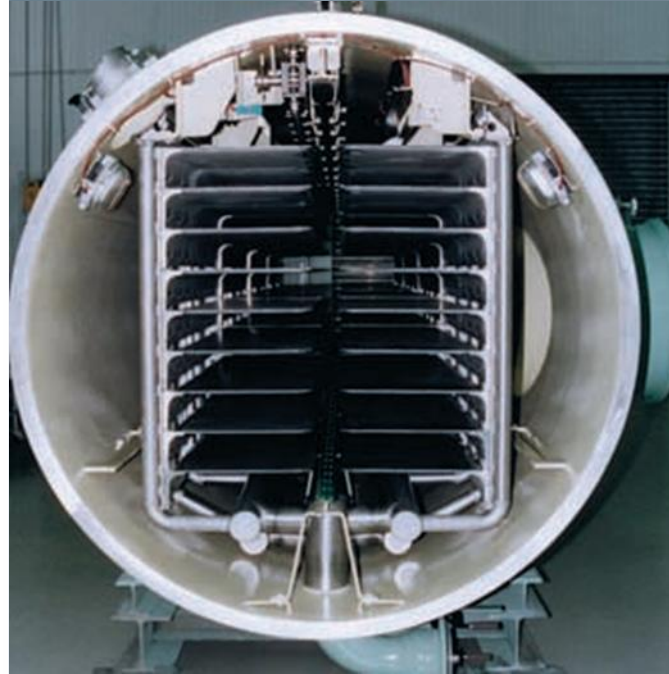
انجماد مغناطیسی



خشک کن انجمادی در مقیاس صنعتی که قابلیت تولید بالای 60 تن را در روز دارد.



فریزر ماریچی، با نوار اتوماتیک تغذیه شونده.



یک نمونه خشک کن انجمادی در مقیاس آزمایشگاهی



Fig. 7. K775 Turbo Freeze Drier.

مقایسه روش های انجماد

نوع فرآورده های خوراکی	زمان انجماد برای مواد غذایی ویژه تا $18^{\circ}C$ - (دقیقه)	ضریب انتقال حرارت ($Wm^{-2}k^{-1}$)	روش های انجماد
لاشه دام	180-4320	6-9	هوای ساکن
نخود فرنگی بدون بسته بندی	15-20	25-30	هوای فشرده (ms^{-1}) (5)
	-	18	هوای فشرده ($3ms^{-1}$)
همبرگر ، فیش فینگر	12-19	25	نوار مارپیچ
نخود فرنگی بدون بسته بندی	3-4	90-140	بستر سیال
فیش فینگر	15		
25 بلوکر ماهی کیلوگرمی	75	100	صفحه
1 کیلوگرم کارتن سبزی	25		
بستنی (لایه آن 1mm)	0/3 - 0/5	-	سطح تراشنده

قوطی های مقوایی 170 گرمی	10-15	500	غوطه وری (فریون)
آب پرتغال	-		
نخود فرنگی	0/5		
همبرگر گاو ، ماهی	4-5		
454 گرم نان	1/5	1500	ازت کراژیون مایع
454 گرم کیک	0/9		
همبرگر ، غذاهای دریایی	2-5		
میوه ها و سبزی	0/5-6		

نگهداری در حالت منجمد

نگهداری در کارخانه

انتقال به مراکز عمده
و خرده فروشی

نگهداری در عمده فروشی

ویترین های خرده فروشی

نوسانات دما با روش های زیر به حداقل می رسد



1. کنترل دقیق دمای نگهداری ($\pm 5/1$ درجه سانتی گراد)
2. درب های اتوماتیک و پرده های نگهدارنده هوا برای محل نگهداری و بارگیری کامیون های یخچال دار
3. جابجایی سریع بین محل های نگهداری
4. چرخش صحیح مواد موجود در انبار و کنترل آنها

تغییرات در مواد غذایی

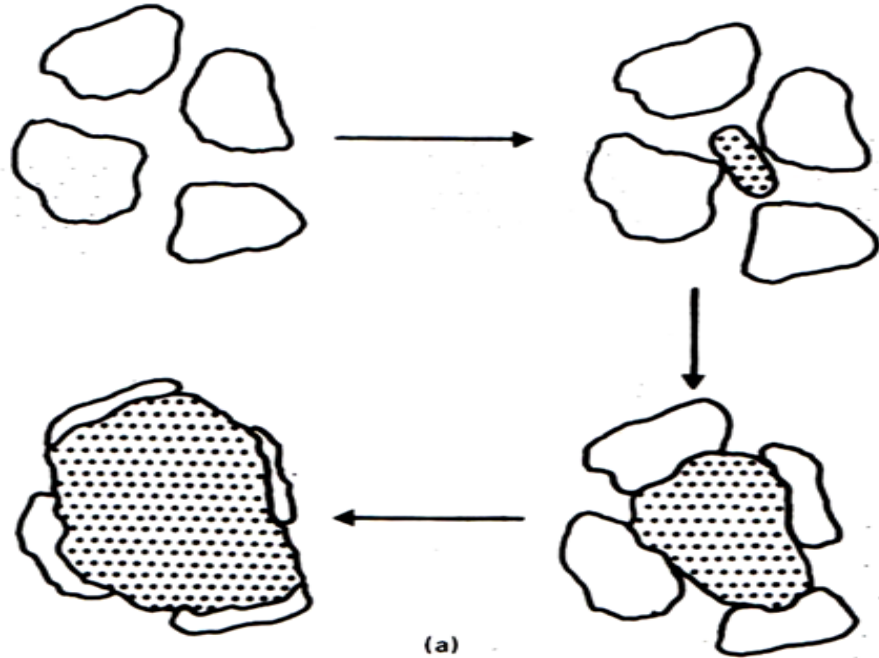
مهمترین تاثیر انجماد بر روی کیفیت مواد غذایی آسیب ناشی از از دست دادن آب در سلول هاست که میزان این آسیب به اندازه کریستال ها و بنابراین به سرعت انجماد وابستگی دارد

با منجمدسازی تغییرات جزئی بر رنگدانه ها ، مواد طعم دهنده یا تغذیه ای وارد می شود، البته این تغییرات ممکن است در مرحله آماده سازی محصول برای انجماد و در دوره نگهداری نیز رخ دهد .

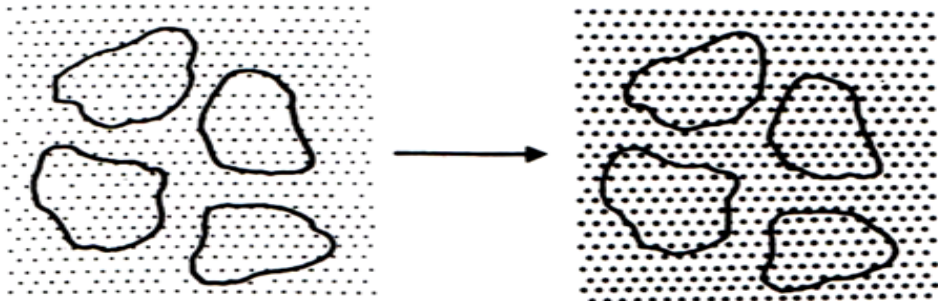
فرآورده با بافت امولسیون دار ممکن است در اثر انجماد استحکام خود را از دست بدهند، برخی اوقات پروتئین های محلول در اثر انجماد رسوب می کنند. بدین دلیل نمی توان شیر را منجمد نمود.

در فرآورده های نانوائی برای جلوگیری از پدیده رتروگراداسیون و بیات شدن در طی ذخیره سازی انجمادی آمیلوپکتین این فرآورده ها باید زیاد باشد.

تأثیر انجماد بر بافت های گیاهی : (A انجماد کند) ؛ (B انجماد سریع)



(a)



(b)

کریستال های یخ در فضای ما بین سلول ها رشد یافته و پس از تغییر شکل دادن آنها دیواره سلول ها را پاره می کنند

بلورهای یخ فشار بخار آب کمتری در داخل سلول ها دارند و مولکول های آب از سلول ها به سمت بلورهای یخ نقل مکان می دهند

سلول ها آب خود را از دست داده و بر اثر تغلیظ مواد محلول به بافت آنها صدمه وارد می شود. بعد از ذوب سازی ، سلول ها شکل اولیه خود را از دست نمی دهند

، بلورهای یخ بین سلول ها و فضای بین سلولی تشکیل می شود.

بافت ماده غذایی خود را تا حدودی حفظ می کند.

در هر حال ، سرعت انجماد ممکن است سبب استرس برخی از مواد غذایی شده و در بافت آن شکاف ایجاد می شود.

حجم یخ 9 درصد بیشتر از آب خالص است و انبساط مواد خوراکی پس از انجماد امری طبیعی است

تغییرات حجم

• در هر حال درجه انبساط بر حسب فاکتورهای ذیل فرق خواهد داشت :

غلظت زیاد مواد محلول

میزان رطوبت

دمای فریزر

آرایش سلول

ویتامین ها

ویتامین های محلول در آب (مانند ویتامین C، فولات ها اسید پانتوتیک) در دماهای زیر انجماد به علت اکسیداسیون از بین می روند

افت ویتامین C شدیداً به دما وابسته است. افزایش 10 درجه ای دما باعث 6-20 برابر افزایش در نرخ از بین رفتن ویتامین C در سبزیجات و 30-70 برابر افزایش این نرخ در میوه ها می شود



-پیش از انجماد و به هنگام آنزیم بری و خنک کردن اولیه ی محصول، در میوه ها و سبزی ها باید انجام گیرد

ویتامین B1 سایر ویتامین های محلول در آب استفاده از روش های آنزیم بری بدون آب (مایکروویو و یا بخار آب) ، خنک کردن محصول با هوای سرد به جای آب، این میزان افت را به حداقل خواهد رساند

B
6

B
5

B
12

E

VITAMIN LOSSES DURING FROZEN STORAGE

Product							
Loss % at -18c during storage for 12 months							
	VITAMIN C	VITAMIN B	VITAMIN B12	NIACIN	VITAMIN B6	PANTOTHENIC ACID	CAROTENE
BEANS	52	0-32	0	0	0-21	53	0-23
PEAS	11	0-16	0-8	0-8	7	29	0-4
BEET		8	9	0	24	22	-
FRUIT							
RANGE	0-50	0-66	0-33	-	-	-	78-0

کلروپلاست و کروموپلاست شکسته می شوند و کلروفیل حتی در سبزیجات آنزیم بری شده به آهستگی به فنئوفیتین قهوه ای تبدیل می شود. کلروفیل، حتی در برخی سبزیجات منجمد شده به تدریج تبدیل به فنئوفتین قهوه ای رنگ می گردد

در میوه ها بروز تغییرات در غلظت املاح به دنبال انجماد باعث تغییر pH و تغییر رنگ در محصول خواهد گردید که این امر در تغییر رنگ آنتوسیانین ها به چشم می خورد

رنگدانه ها

• پلی فنل اکسیدازها هستند که واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی را بر عهده دارند

• لیپواکسی ژنازها هستند که باعث بروز طعم نامناسب در مواد غذایی می شوند

• آنزیم های پروتئولیتیک و لیپولیتیک، منجر به بروز تغییرات نامناسب در بافت و طعم انواع گوشت های منجمد می گردند.

اکسیداسیون چربی

- از دیگر مواردی است که در دمای انجماد نیز (به خصوص برای مواد غذایی چرب) اتفاق می افتد
- تنه‌راه مبارزه کم کردن آن، استفاده از :
 - بسته بندی مناسب
 - نگه داری در انبار اتمسفر کنترل شده با غلظت مشخص
 - لعاب دادن : محصول، پیش از انجماد، درون آب غوطه ور گردیده، یا آب سرد بر روی آن پاشیده می شود. بدین ترتیب، لایه‌ی نازکی از یخ بر روی محصول تشکیل شده، از تبخیرات اکسیداسیون و ترکیبات آن در طول زمان نگه داری جلوگیری خواهد نمود.

Glazing ۱

- برای حفاظت هرچه بیشتر از **بافت محصول** و **جلوگیری از خروج مواد مغذی محلول**، فرایند انجماد را باید در کوتاه ترین زمان ممکن انجام داد
- **به هنگام انجماد کند:** مایع بین سلولی به علت حضور مواد جامد محلول کمتر پیش از مایع داخل سلولی منجمد می شود و با فشار اسمزی ایجاد شده، آب را از داخل به سمت خارج سلول می کشاند. در چنین شرایطی سلول به شدت بی آب شده، شکل خود را از دست می دهد و از طرف دیگر بلورهای درشت یخ تولید شده، باعث فشرده شدن بیشتر و پارگی جداره ی سلول خواهند شد.
- البته در هنگام **رفع انجماد**، هر چه از روش کندتری استفاده کنیم آسیب وارده کمتر است و مواد مغذی نیز بیشتر حفظ می شوند
- زیرا یخ های ذوب شده به تدریج از قسمت خارج سلولی به سمت داخل سلول باز می گردند و سلول، فرصت جذب آب پیدا می کند. در غیر این صورت بلورهای یخ به سرعت آب شده، بدون جذب به داخل سلول، به صورت قطرات آب از بافت ماده ی غذایی همراه با مواد مغذی و حتی رنگدانه ها خارج خواهند شد.
- برای انجماد بسیاری از مواد غذایی حساس مثل توت فرنگی یا گوجه فرنگی و ... از انجماد همزمان آن ها در داخل آب خودمیوه استفاده می کنند تا بافت و خصوصیات چشایی محصول به علت فشار اسمزی مساوی در داخل و خارج محیط، هر چه بیشتر حفظ گردد.

• سوختگی انجمادی **FREEZEBURNING**:

• هنگام استفاده از فریزرهای با هوای متحرک به علت خشکی بیش از حد هوا و از دست دادن سریع رطوبت، حالتی مشابه سوختگی در محصول به وجود می آید و رنگ نامناسب به همراه سطحی خشک را به دنبال خواهد داشت..

• کاهش وزن محصولات در حین انجماد هم به دلیل از دست دادن احتمالی رطوبت، ممکن است از عواقب انجماد باشد.

(HIGH QUALITY LIFE) HQL

« عمر کیفیت حداکثر »

- در اصل مدت زمان ماندگاری در حالت انجماد است به نحوی که ۸۰ - ۷۰ درصد از افرادی که محصول را از نظر چشایی ارزیابی می کنند، تفاوتی بین محصول منجمد و ماده ی غذایی منجمد شده قائل نشوند.
- این زمان، بین یک سوم تا یک ششم زمان ماندگاری نهایی محصول است و مدت آن با کاهش دما، افزایش می یابد

نگهداری

شیر پاستوریزه و هموژنیزه، منجمد شده و در دمای ۱۸- نگه داری می شود. تغییر ماهیت پروتئین ها و جدا شدن مواد جامد بعد از انجمادزدایی شیر منجمد شده قابل توجه می باشد

درنگه داری طولانی مدت شیر در حالت انجماد، دو مشکل اساسی به وجود می آید: تغییر طعم و جدا شدن مواد جامد در موقع انجمادزدایی



برای انجماد کره با کیفیت خوب مشکلی وجود ندارد، کره بدون نمک در صفر د رجه یخ می زند اما به کره اغلب نمک زده می شود



از انجماد پنیر اغلب پرهیز می شود زیرا احتمال شکستن فیزیکی جسم و تغییرات ساختمان به علت تشکیل بلورهای یخ وجود دارد.
نمک اضافه شده به پنیر در زمان تهیه و ترکیبات محلولی که در طی رسیدن آن تولید می شود، نقطه ی انجماد بیشتر پنیرها را پایین م یآورد



خامه به منظور استفاده در صنایع غذایی مانند بستنی، منجمد می شود. رشد باکتری ها در خامه در زمان نگه داری به صورت منجمد متوقف می شود. اغلب خامه ی با کیفیت بالا، میزان میکروارگانیسم های کم و اسیدیته ی پایین را برای انجماد مناسب می دانند



به منظور انجماد گوشت باید مقدار زیادی از گرمای نهان ۶ آن توسط دستگاه سرد کننده از گوشت خارج شود تا آب تبدیل به یخ گردد. هرچقدر گوشت دارای ضخامت بیشتری باشد مدت زمان بیشتری طول خواهد کشید تا مرکز آن منجمد شود



مرغ سالم کشتار شده و با آب سرد خنک شده را به صورت درسته،
قطعه بندی شده با بسته بندی پلاستیکی و با بهره گیری
از ماده سرمازا به روش غوطه وری به سرعت یخ زده
می کنند، در این شرایط مرغ که به سرعت منجمد شده است
خوش نما و سفید گشته و خطر اکسیداسیون
چربی آن از بین می رود



انجماد در مورد ماهی، دارای اهمیت زیادی می باشد زیرا ماهی به سرعت در حرارت محیط یا در حالت سرد فاسد می گردد. بنابراین انجماد ماهی در خود کشتی یا در خشکی صورت می گیرد.



کیفیت تخم مرغ منجمد شده، هیچ وقت بهتر از کیفیت آن پیش از انجماد نمی باشد. از جنبه ی تجاری، تخم مرغ با پوسته منجمد نمی گردد. فرآورده های تخم مرغ منجمد شامل زرده و سفیده کامل، زرده، سفیده، زرده و سفیده مخلوط شده به نسبت دلخواه بوده و به هر کدام از این ها یک یا چند ماده افزودنی مانند نمک، شکر، شربت ذرت یا گلیسرول اضافه می کنند.



عمر نگهداری

اعلام میکند که نگهداری در حالت انجماد باید ویژگی های ذاتی ماده غذایی را حفظ کند

بیانیه یک انجمن اروپایی

که عمر نگهداری عبارت است از واکنش های فیزیکی و بیوشیمیایی که منجر به کاهش کیفیت تدریجی و غیر قابل برگشت مواد غذایی می شود به طوریکه محصول بعد از یک دوره نگهداری دیگر مناسب مصرف نباشد

انجمن بین المللی انیستیتو بین المللی

Practical storage life

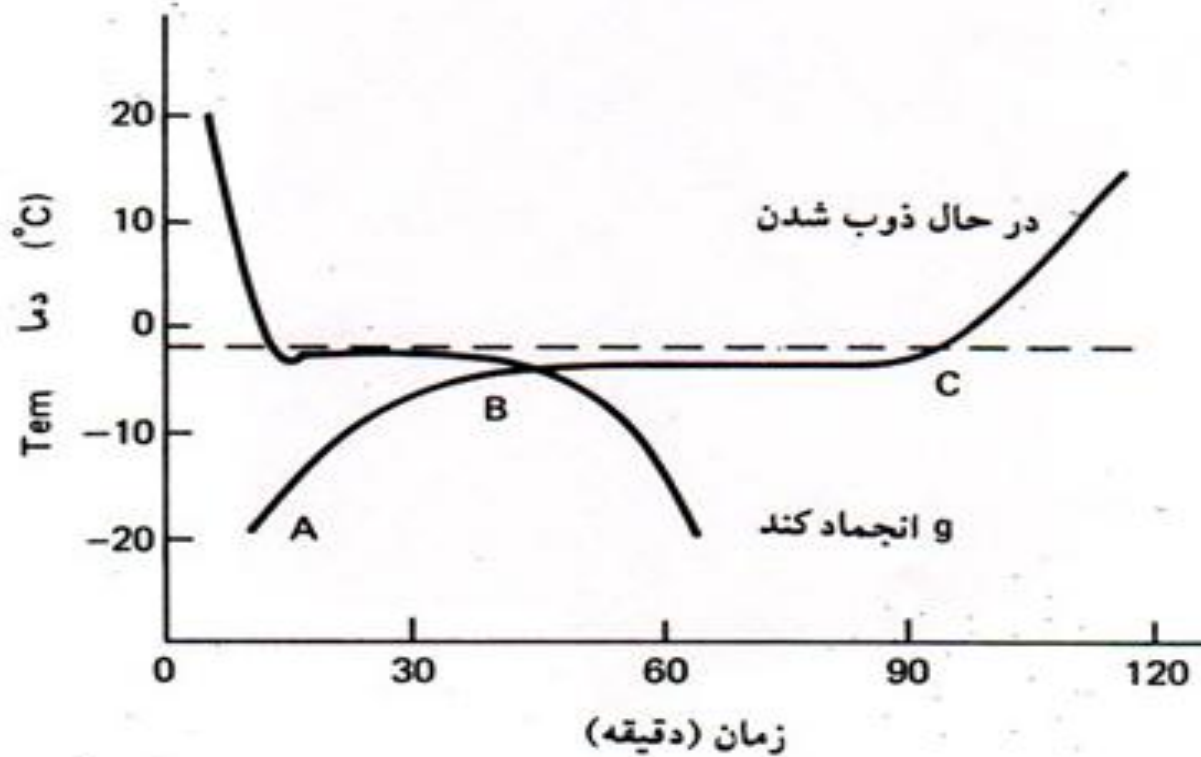
زمان نگهداری عملی (PSL) را دوره ای می داند که محصول می تواند به صورتی که از نظر مشتری قابل قبول باشد نگهداری شود

توسط Bugh-Sørensen

نمونه هایی از PSL برای بعضی از مواد غذایی که در دماهای انجماد تجاری نگهداری

food	-12c	-18 c	-24 c
Fish and seafood			
Clams ,oysters	4	6	9
WHAITE FISH	4	8	12
Meat and meat products			
Beef jonti ,steaks	8	12-18	24
Chiken,whole or prtioned	6	12	18
vegetables			
brocoli	-	18	24
Potato chips	9	24	24

تغییرات دما در حین باز شدن ماده منجمد



تغییرات دما در حین باز شدن ماده منجمد

کنترل دما

- مهمترین علت کاهش عمر انبارماتی نوسانات دما است.
- فاکتورهای دیگری که بر روی زمان انبارماتی تاثیر می گذارند شامل
 - نوع ماده خام
 - وارسته و گونه آن
 - پیش تیمارهای انجماد (به خصوص میزان کاهش اندازه، آنزیم بری و یا غوطه ور کردن در محلول نمک و یا شکر)
 - شرایط انجماد
- سه نوع تجهیزات برای نظارت بر دمای مواد غذایی در طی نگهداری وجود دارد: نمایشگرهای دمای بحرانی CTI، ثبت کننده های دما و نمایشگرهای زمان- دما TTT

**Critical
temperature
indicators**

**Temperatura
recorders and
time-temperature
indicators**

بلوری شدن مجدد RECRYSTALLISATION

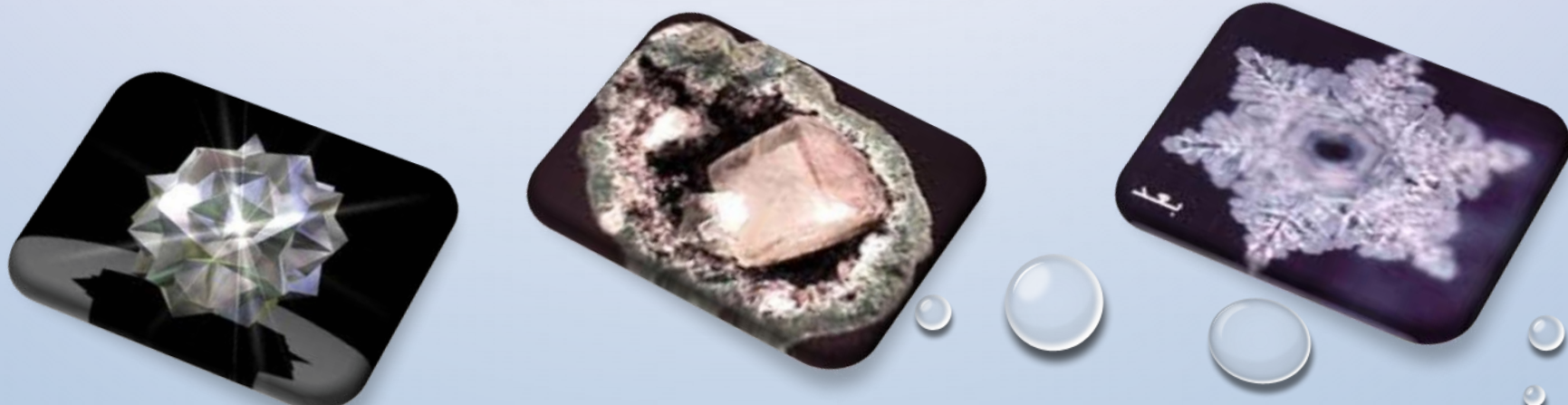
تغییرات فیزیکی بلورهای یخ (برای مثال تغییر شکل ، اندازه یا آرایش بلورهای یخ) به نام کریستالیزاسیون مجدد موسوم است و علت مهمی در تغییر کیفیت برخی از مواد غذایی می باشد

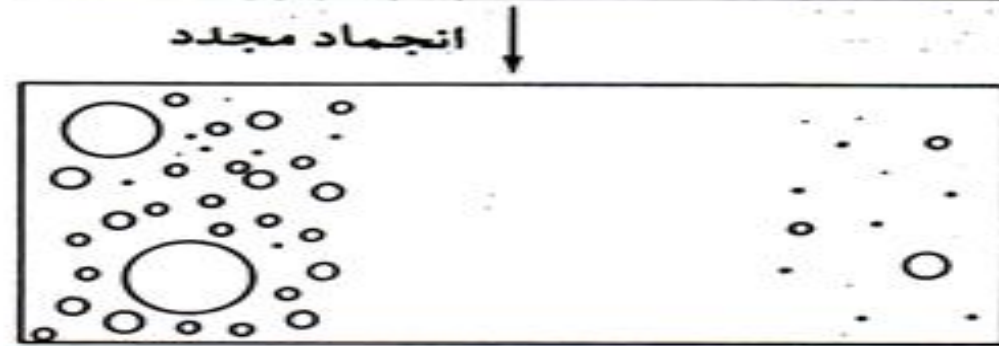
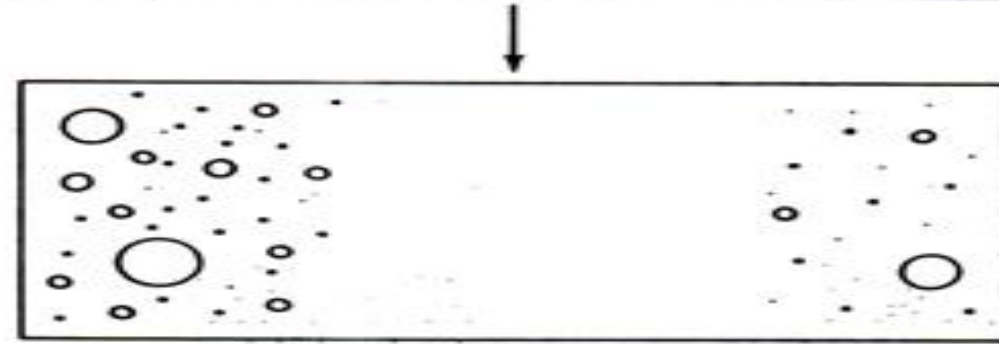
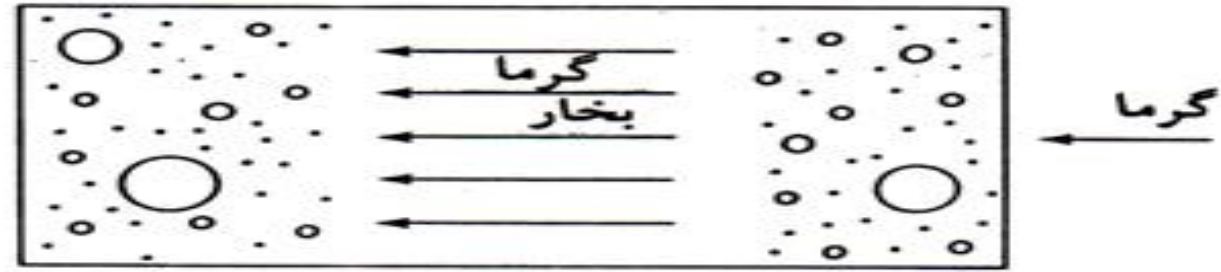
سه نوع بلوری شدن مجدد در مواد غذایی صورت می گیرد که عبارتند از :

1- کریستالیزاسیون مجدد ایزومس (*ISOMASS RECRYSTALLISATION*) این تغییر به شکل ظاهری یا ساختمان داخل مربوط است و نتیجه آن کاهش یافتن نسبت مساحت به حجم است.

2- کریستاله شدن مجدد افزایشی (*ACCRETIVE RECRYSTALLISATION*) در این حالت دو بلور یخ مجاور یکدیگر به فرم کریستال بزرگتری درآمده و سبب کاهش کلی در تعداد بلورهای مواد غذایی می شوند.

3- مهاجرتی مجدد (*MIGRATORY RECRYSTALLIZATION*) در این حالت اندازه میانگین افزایش یافته و میانگین تعداد کریستال ها کاهش می یابد و رشد کریستال های بزرگتر نسبت به کوچک تر زیادتر می شود.



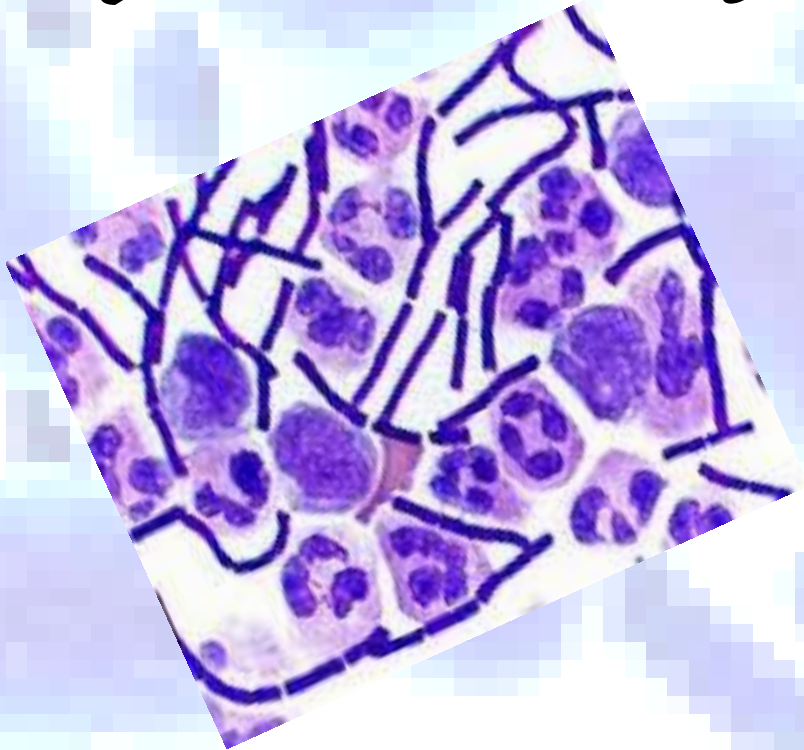


کریستالیزاسیون مجدد.

تأثیر بر روی میکروارگانیسم ها

انجماد زمان ماندگاری مواد غذایی را با کاهش رشد میکروبی افزایش می دهد.

- به طور کلی، هر چه دمای نگهداری در حالت منجمد پایین تر باشد، نرخ تغییرات میکروبی و بیوشیمیایی آهسته تر است.
- تأثیر منفی انجماد بر روی میکروارگانیسم ها به علت **شوک حرارتی**، **تغلیظ مواد حل شده خارج سلولی**، **سمیت مواد حل شده داخل سلولی**، **خشک شدن** و **تشکیل یخ** است.
- **GEIGES (1996)** تأثیر انجماد آهسته و سریع را بر روی باکتری ها بررسی کرد و نتیجه گرفت که انجماد و رفع انجماد سریع منجر به بقای بیشتر میکروب ها نسبت به انجماد آهسته می شود.



- انواع مختلف میکروارگانیسم ها نیز دارای مقاومت های مختلف نسبت به دماهای پایین هستند،

- سلول های رویشی مخمرها، کپک ها و باکتری های گرم منفی (مانند کلیفرم ها و گونه های سالمونلا) راحت تر تخریب می شوند.

- باکتری های گرم مثبت (مانند استافیلوکوکوس ارئوس و انتروکوکوس ها) و اسپور کپک ها مقاوم تر هستند

- اسپورهای باکتریایی (به ویژه گونه های باسیلوس و کلستریدیوم مانند کلستریدیوم بوتولینوم) تحت تاثیر دماهای پایین قرار نمی گیرند.

• فاکتورهای دیگری که بر روی کیفیت میکروبی مواد غذایی منجمد تاثیر می گذارند

• شامل ویژگی های فیزیکی و شیمیایی ماده غذایی

• کیفیت میکروبی قبل از انجماد

• بنابراین بیشتر سبزیجات قبل از انجماد برای غیر فعالسازی آنزیم ها آنزیم بری می شوند و تعداد میکروارگانیسم های آنها کاهش می یابد.

• در میوه ها فعالیت آنزیمی و میکروبی با خارج کردن اکسیژن، اسیدی کردن و تیمار با دی اکسید گوگرد کنترل می شود.

خشک کردن انجمادی



- خشک کردن انجمادی با سایر روش های خشک کردن متفاوت است زیرا آب ابتدا منجمد می شود و سپس به جای اینکه با تبخیر از سطح ماده غذایی خارج شود، طور مستقیم به بخار تصعید می شود.
- محصولات غذایی را که نسبت به حرارت حساس می باشد اغلب از طریق تصعید رطوبت خشک می کنند.
- در خشک کردن تصعیدی، ابتدا محصول مورد نظر منجمد می شود، سپس حلال (که معمولاً آب می باشد) منجمد شده و از طریق تصعید تحت خلاء از ماده غذایی خارج می شود. یخ تصعید شده توسط پمپ خلاء یا اژکتور بخار، از داخل اتاقک خشک کن مکیده می شود.
- گرمای مورد نیاز برای تصعید از طریق هدایت یا تشعشع، تامین می گردد. آب یخ زده در دماهای صفر درجه سانتی گراد یا زیر آن، تحت فشار 627 پاسکال یا کمتر تصعید می شود.

- محصولات خشک شده از طریق تصعید، معمولاً دارای کیفیت بالایی می باشد. این موضوع به دلیل آن است که ساختار ماده ی غذایی، هنگامی که آب از طریق تصعید از مواد دیگر جدا می شود، یک ساختمان متخلخل و چروکیده نشده بر جای می ماند. محصولی که بدین ترتیب خشک شده باشد، دوباره به آسانی مرطوب می شود.



- به هنگام خشک کردن، طعم و بوی غذا یا کاهش نمی یابد و یا کاهش آن اندک خواهد بود، چون دمای پایین خشک کردن، از فرایندهای نامطلوب تخریب و فساد، جلوگیری می کند و محصول خشک شده کیفیت بالایی خواهد داشت (نمونه های چنین فرایندهایی، عبارت است از: قهوه ای شدن غیر آنزیمی، تغییر ساختار پروتئینی و دناتوره شدن آنها، واکنش های آنزیمی و ...)



Honeyville | Specializing In Freeze Dried Foods



• بزرگترین مشکل خشک کردن از طریق تصعید، هزینه ی آن می باشد، سرعت خشک کردن پایین است و بهره گیری از خلاء بر هزینه ی فرآیند می افزاید. محصول نهایی میزان بسیار کمی نم خواهد داشت و بنابراین موجب کاهش برخی هزینه ها از قبیل حمل و نقل، سرماسازی و انبارداری می گردد.

Nearly every food can be freeze dried...



Meats

chicken
pork
beef
salmon/shrimp
and more!



Fruits

apples
bananas
peaches
strawberries
and more!



Veggies

green beans
corn
peas
spinach
and more!



Desserts

ice cream
jello
pudding
yogurt
and more!



Full Meals!

stir fry
chili
beef stew
casseroles
and more!



غظت

ضخامت محصول

عوامل موثر بر سرعت خشک کردن

جداسازی بخار آب

تصعید یخ

انجماد محصول

عملیات خشک کردن تصعیدی دارای سه مرحله است

Freeze Drying – How does it work?



نکات ویژه در مورد خشک کردن تصعیدی مواد غذایی

مواد غذایی شبه جامداتی است که تشکیل شده است از بافت های عضلانی شامل لایه های پروتئینی، بافت های چربی، گلیکوژن و تقریباً 75% آب. جهت گیری عضلات برای فرایند گرم کردن و انتقال بخار مهم است



سلول هایی که میوه ها و سبزی ها را می سازد، در برگیرنده ی پروتئین، محلول های آبی و اندام های یاخته ای می باشد. در میان یاخته ها یک ماده ی پکتیکی وجود دارد. ساختمان گیاهان به گونه ای است که موقعیت آنها به هنگام خشک کردن تصعیدی مهم نیست. موضوعی که اهمیت دارد آن است که این ساختمان تخریب نشود و این که محصول تولید شده خشک، سخت، ترد و شکننده باشد



اکسیداسیون چربی
ها

میزان رطوبت کمی که در این روش در محصول باقی می ماند، هدایت کننده ی واکنش اکسیداسیون لیپید است. فلزات ناچیز که تسریع کننده ی واکنش می باشد، در حین خشک کردن آزاد می شود. برای کنترل فساد اسیدهای چرب، مواد غذایی باید در بسته بندیهایی که نسبت به اکسیژن غیرقابل نفوذ است، بسته بندی شود

قهوه ای شدن
غیر آنزیمی

این واکنش ابتدا سبب قهوه ای شدن رنگ مواد غذایی می شود و سپس طعم و ارزش مواد غذایی را نیز تغییر می دهد. این واکنش در مقدار رطوبت متوسط رخ می دهد

غیرطبیعی یا دناتوره
شدن پروتئین ها

ها غلظت بالای نمک و دمای بالا، سبب دناتوره شدن پروتئین ها می گردد، و دمای دناتوراسیون پروتئینی برای گوشت، میان 40°C - 60°C است.

جدول 23.1. تفاوت بین خشک کردن انجمادی و خشک کردن با هوای داغ به صورت سنتی

خشک کردن با هوای داغ به صورت سنتی	خشک کردن با هوای داغ به صورت سنتی
برای بیشتر مواد غذایی مناسب است ولی برای آنهایی که به روش های دیگر سخت خشک می شوند مناسب تر است.	برای مواد غذایی که راحت خشک می شوند (سبزیجات و دانه ها) مناسب است.
برای گوشت خام و پخته مناسب است.	برای گوشت مناسب نیست
دما زیر نقطه انجماد	محدوده دما بین 37-93 درجه سانتی گراد
فشارهای پایین (27-133 پاسکال)	فشارهای اتمسفری
تصعید آب از یخ	تبخیر آب از سطح ماده غذایی
حرکت کم مواد حل شده	حرکت مواد حل شده و در بعضی موارد سخت شدن پوسته
کمترین تغییرات ساختاری و چروکیدگی	تنش در مواد غذایی جامد باعث آسیب ساختاری و چروکیدگی می شود
خشک کردن کامل و سریع	خشک کردن آهسته و ناقص
مواد خشک شده یا متخلخل معمولاً دارای دانسیته پایین تری نسبت به مواد اولیه هستند	مواد خشک شده یا متخلخل معمولاً دارای دانسیته بالاتری نسبت به مواد اولیه هستند
عطر و طعم طبیعی	عطر و طعم غیر متعارف
رنگ طبیعی	رنگ تیره تر
حفظ مواد مغذی	کاهش ارزش تغذیه ای
هزینه های بالاتر تا 5 برابر بیشتر از خشک کردن سنتی	هزینه پایین تر

تأثیر بر روی مواد غذایی و میکروارگانیسم ها

- مواد غذایی خشک شده انجمادی کیفیت حسی و تغذیه ای را بهتر حفظ کرده و زمان ماندگاری آن در هنگام بسته بندی مناسب بیشتر از 12 ماه است.
- تغییرات کمی در پروتئین ها، نشاسته و سایر کربوهیدرات ها ایجاد می شود.
- ترکیبات فرار عطر در بخار آب تولید شده از تصعید وارد نمی شوند و در ماتریس ماده غذایی باقی می مانند. در نتیجه، حفظ عطر تا 80-100 درصد ممکن است و ماده غذایی خشک شده دارای طعم خوبی است.
- بافت مواد غذایی خشک شده انجمادی بهتر حفظ می شود و چروکیدگی کم و خشک شدن پوسته در آن وجود ندارد.



• ساختار متخلخل ممکن است باعث تغییرات اکسیداتیو چربی ها، افت ویتامین ها و پیگمان ها و افت کیفی شود. بنابراین مواد غذایی باید برای حفاظت مکانیکی در کارتن و در فیلم های غیر قابل نفوذ نسبت به اکسیژن و رطوبت که با یک گاز خنثی احاطه شده است، بسته بندی شود. این امور باعث افزایش هزینه مواد غذایی خشک شده انجمادی در مقایسه با سایر روش های خشک کردن می شود.



- اتلافات کمی در میزان بیشتر ویتامین ها وجود دارد ولی میزان افت اسید اسکوربیک بین 8-30 درصد و افت ویتامین A در سبزیجات سبز صفر تا 24 درصد است.
- اگرچه افت مواد مغذی به علت فرایند آماده سازی، به ویژه کاهش اندازه و آنزیم بری سبزیجات ممکن است باعث افت بیشتری نسبت به فرایند انجماد شود.
- برای مثال LIN و همکاران (1998) هویج های خشک شده انجمادی را با هویج هایی که با خشک کن مایکروویو تحت خلاء و هوای داغ خشک شده بودند مقایسه کردند. محصولی که به روش انجمادی خشک شده بود ارای جذب آب مجدد، ظاهر و خواص تغذیه ای بهتری بود. هم ورقه های خشک شده به روش انجمادی و هم خشک شده با مایکروویو تخت خلاء دارای رنگ، بافت، طعم و ویژگی های کلی مشابهی بودند. سرعت آبیگری مجدد و میزان آلفا کاروتن و ویتامین C در نمونه های خشک شده در هوای داغ بیشتر بود و دانسیته هم در این نمونه ها پایین تر و بافت نرم تر بود.



با تشکر از همراهی شما