نگهداري مواد غذايي با حرارت بالا

- علت استفاده از درجه حرارت بالا در نگهداري مواد غذايي،
  - اثر تخريبي آن برروي ميكروارگانيسم‌هاست كه به علت:
    - دناتوراسيون پروتئين ها
    - و اختصاصاً غير فعال شدن آنزيم‌هاي موردنياز در متابوليسم مى باشد.
- منظور از درجه حرارت‌هاي بالا دماهاي بيش از دماي محيط اطراف است.
- اثر فرآيند حرارتي كه سبب كشتن ارگانيسم‌ها يا اسپورهايشان مي شود
  - بر اساس نوع ارگانيسم،
  - حالتشان
  - محيط حرارتي آنها فرق مي‌كند.
- لذا روش اعمال حرارت براساس:
  - نوع ارگانيسم‌هايي كه بايد كشته شوند
  - روش‌هاي نگهداري ديگري كه اعمال مي‌گردد (مانند: يخچال‌گذاري، فريزر كردن و ... بعد از فرايند حرارتي)
  - و اثري كه حرارت برروي ماده غذايي بجا مي‌گذارد انتخاب مي‌شود.

فرايند حرارتي

- بـراي نـگهـداري مـواد غـذايي معمـولا از دو نـوع فرايـنـد حرارتـي "پاستوريزاسيون و استريليزاسيون" استفاده مي‌شود.

- هدف از پاستوريزاسيون:
  - از بين بردن كليه ميكروارگانيسم‌هاي بيماري‌زا (نظير پاستوريزاسيون شير)
  - افـزايش طـول عمـر زمـان نـگهـداري: از بـين بـردن ميكروارگانيسـم‌هاي عامـل فسـاد و غيرفعال سازی آنـزيم ها در برخـي از مـواد غذايي است (نظير پاستوريزاسيون سركه، نوشابه‌ها و ...)

روش‌های پاستوریزاسیون

Pasteurization Types

Temperature	Time	Pasteurization Type
63°C	30 min	Low Temperature Long Time (LTLT) = Vat Pasteurization
72 °C	15 sec	High temperature Short Time (HTST) =Flash Pasteurization
89 °C	1 sec	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
90 °C	0.5 sec	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
94 °C	0.1 sec	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
96 °C	0.05 sec	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
100 °C	0.01 sec	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
138 °C	2 sec	Ultra Pasteurization (UP)

- تیمارهای حرارتی مذکور معادل یکدیگر بوده و برای بردن از مقاومترین میکروارگانیسم‌های غیراسپورزای بیماری‌زا کافی می‌باشند شامل:

- ***Mycobacterium tubercluosis***
- ***Coxiella burnetti***
- ***Mycobacterium bovis***

- علاوه بر این، درجه حرارت پاستوریزاسیون شیر برای از بین بردن کلیه مخمرها، کپک‌ها، باکتری‌های گرم منفی و بسیاری از گرم مثبت‌ها کافی است.

پاستوریزاسیون شیر

- دو گروه از میکروارگانیسم‌هایی که پس از پاستوریزاسیون‌ها زنده می مانند Thermophiles و Thermodurics ها می باشند.

- ارگانیسمهای بدون اسپوری که طی پاستوریزاسیون شیر معمولاً زنده می‌مانند به جنسهای *استرپتوکوکوس*، *لاکتوباسیلوس*، *کورینی باکتریوم* و جنسهای دیگر از جمله *میکروباکتریوم* می باشند. *میکروباکتریوم لاکتیکوم* مقاومترین باکتری بدون اسپور از این گروه می باشد. این باکتری‌ها را معمولاً ترمودوریک می نامند که در درجه حرارت‌های بالا زنده می مانند اما رشدی ندارند. این باکتری‌ها دمای ۶۳ در جه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه را تحمل می کنند.

- ولی ترموفیل‌ها آنهایی هستند که نه تنها در درجه حرارت‌های بالا زنده می مانند بلکه برای رشد و فعالیت‌های متابولیکی به دمای بالا نیاز دارند مهمترین آنها برخی از گونه‌های متعلق به جنس‌های *باسیلوس* و *کلستریدیوم* می‌باشند (در مواد غذایی).

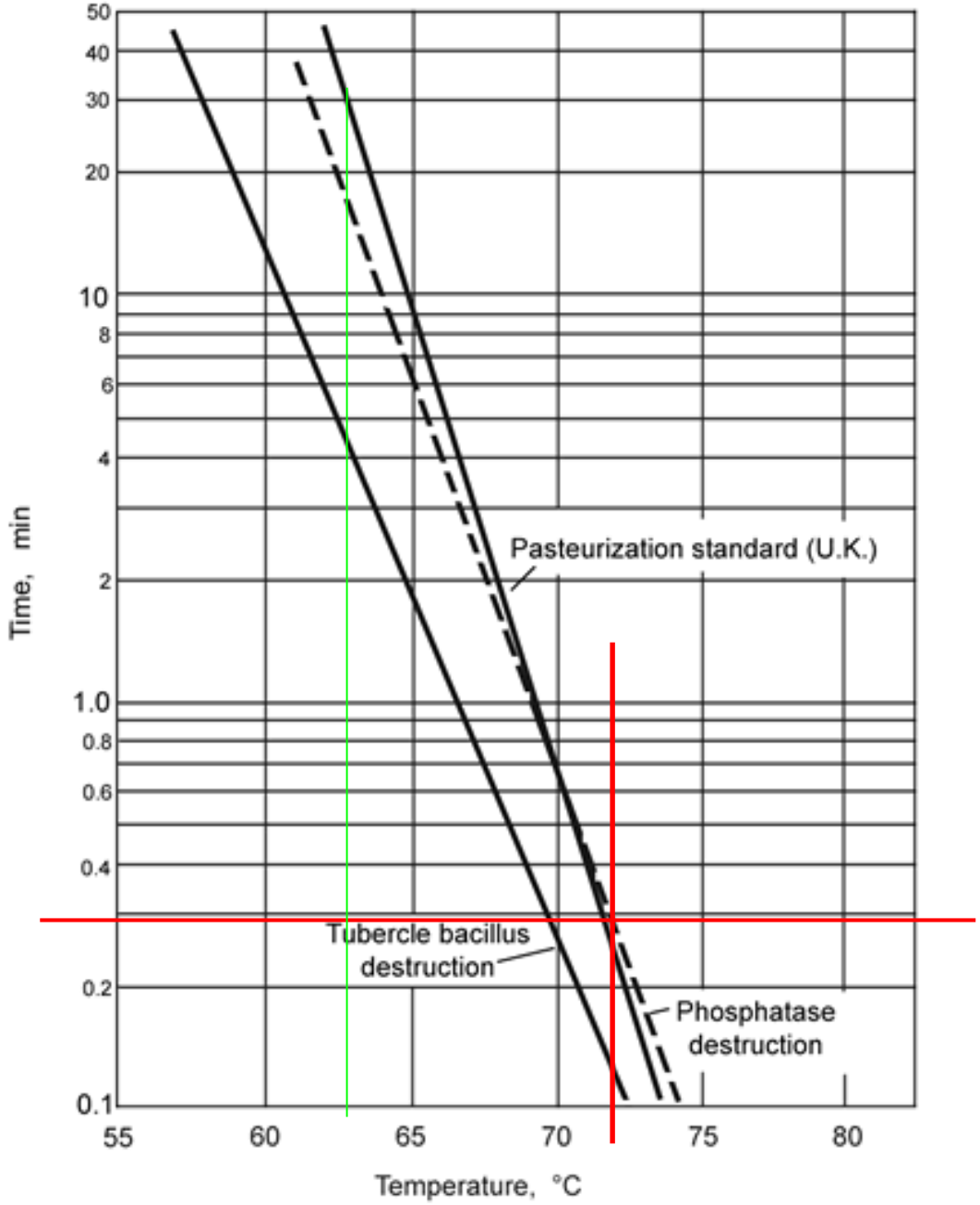
- یکی از روش‌های پاستوریزاسیون که برای از بین بردن عوامل فساد در آبجوها و نوشابه‌های غیرالکلی استفاده می‌شود معمولاً دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ تا ۱۵ دقیقه است.

Pasteurization Types

Temperature	Time	Pasteurization Type
63°C	30 min	Low Temperature Long Time (LTLT) = Vat Pasteurization
72 °C	15 sec	High temperature Short Time (HTST) =Flash Pasteurization
89 °C	1 sec	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
90 °C	0.5 sec	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
94 °C	0.1 sec	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
96 °C	0.05 sec	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
100 °C	0.01 sec	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
138 °C	2 sec	Ultra Pasteurization (UP)

If the fat content of the milk product is 10 % or more, or if it contains added sweeteners;

Temperature	Time	Pasteurization Type
69°C	30 min	Low Temperature Long Time (LTLT)
80°C	25 sec	High temperature Short Time (HTST)
83°C	15 sec	High temperature Short Time (HTST)



Pasteurization curves for milk

Dr. Khomeiri; FST, Gorgan

Sterilization استريليزاسيون

- استريليزاسيون به معناي از بين بردن همه ميكروارگانيسم‌هايي است كه به روش پليت يا شمارش ميكروبي قابل اندازه‌گيري اند.

- براي مواد غذايي كنسرو شده عموماً اصطلاح استريليزاسيون تجاري Commercially sterile استفاده مي‌شود كه بيانگر اين نكته مي‌باشد كه هيچ ارگانيسم زنده‌اي با روش‌هاي كشت معمول قابل اندازه‌گيري نيست يا اين كه تعداد موجودات زنده آنقدر كم است كه شرايط كنسرو كردن و نگهداري مواد غذايي هيچ اهميتي ندارد

- اگرچه ممكن است در اين نوع از مواد غذايي بطور بالقوه تعدادی اسپور وجود داشته باشد ولي به علت مساعد نبودن pH، Eh و يا درجه حرارت قادر به رشد نمي‌باشند.

Sterilization استريليزاسيون

- از پيشرفت‌هاي اخير در صنايع شير و فرآورده‌هاي آن استفاده از روشي است به نام UHT Ultra-High Temperature شيري كه در اين روش توليد مي‌شود داراي ويژگي‌هاي خاص خودش است كه به راحتي از شير پاستوريزه قابل تشخيص است.

- خصوصيات عمده روش عبارتند از:

  - مداوم بودن، انجام فرايندهاي حرارتي خارج از ظروف بسته‌بندي و لزوم حفظ شرايط اسيتيك Aseptic (پاستوريزاسيون مواد قبل از بسته‌بندي و پاستوريزاسيون بسته‌ها قبل از پر كردن)،
  - درجه حرارت بالا (١٤٠-١٥٠ درجه سانتي‌گراد) و زمان كوتاه (چند ثانيه، ٣-٢)
  - شير UHT را مي‌توان بدون بروز تغييرات طعمي بيش از ٨ هفته در دماي محيط نگهداري كرد.
  - از معايب آن نفوذ اكسيژن در مقوا (كاغذهاي چند لايه) است لذا لازم است از لايه آلومينيومی استفاده كرد.
  - و از تفاوتهاي اصلي با قوطي‌هاي فلزي عدم ايجاد فساد هيدروژني و عدم نشت (فساد حاصل از آن) مي‌باشد.

فاکتورهاي مؤثر در مقاومت حرارتی میکروارگانیسم‌ها

❑ آب:

- **مقاومت حرارتی** سلول‌هاي ميكروبي با كاهش رطوبت محيط و ماده غذايي **افزايش** مي‌يابد ميكرورگانيسمهاي خشك شده كه در لوله آزمايش و در حمام آب گرم حرارت ديده‌اند نسبت به سلول‌هاي مرطوب همان ميكروب‌ها مقاومت حرارتي بيشتري از خود نشان مي‌دهند.

- يكي از علل اين پديده را **دناتوراسيون سريعتر پروتئين در آب** نسبت به هوا مي‌دانند كه احتمالاً باعث مرگ سلول مي‌شود.

- **اعمال حرارت در حضورآب سبب تشكيل گروه‌هاي آزاد SH- شده** كه ظرفيت اتصال به آب پروتئين‌ها را افزايش مي‌دهد و باعث دناتوراسيون سريعتر آن مي‌گردد.

- و نيز وجود آب **باعث شكسته شدن راحت‌تر پيوندهاي پپتيدي** در اثر حرارت مي‌گردد، كه انجام اين واكنش در غياب آب نياز به انرژي و در نتيجه حرارت بيشتر دارد.

❑ چربی:

- در حضور چربي **مقاومت بعضی از ميكروب‌ها بيشتر** مي‌شود. به نظر مي‌رسد با تأثير مستقيم برروي رطوبت سلول باعث افزايش مقاومت حرارتي مي‌گردد.

❑ نمک‌ها:

- اثر نمک‌ها برروی میکروارگانیسم‌ها متفاوت بوده و بستگی به نوع نمک، غلظت و فاکتورهای دیگر دارد بعضی مقاومت را افزایش می‌دهند و بعضی (Mg^{2+}، Ca^{2+}) حساسیت آن را افزایش می‌دهند.
- علت این پدیده را افزایش یا کاهش فعالیت آبی می‌دانند که کاهش آن باعث افزایش مقاومت حرارتی سلول می‌شود.

❑ قندها:

- وجود قندها سبب افزایش مقاومت حرارتی Morgها می‌شود
- این اثر تا حد زیادی مربوط به افزایش غلظت و کاهش فعالیت آبی است.
- ولی بطورکلی می‌توان گفت، افزایش غلظت محلول به نوع ارگانیسم نیز بستگی دارد.
  - برای مثال ***Pse. fluorescens, E.coli*** در مجاورت گلوکز در a_wنزدیک به حداقل برای رشد، از مقاومت حرارتی خوبی برخوردارند در حالیکه استفاده از **NaCl** آنها را چندان در مقابل حرارت محافظت نمی‌کند
  - اما در خصوص ***S. aureus*** برعکس می‌باشد گلوکز عملاً هیچ محافظتی در برابر حرارت برای این باکتری ایجاد نمی‌کند یا حتی مضر است اما **NaCl** محافظ بسیار خوبی است.

- **pH:** اپتیمم رشد میکروارگانیسم‌ها بطور معمول حدود ۷ است و میکروارگانیسم‌ها در این pH بیشترین مقاومت را از خود نشان می‌دهند هر pH از این مقدار بالاتر یا پائین‌تر، حساسیت حرارتی نیز به همان نسبت زیاد می‌شود مزیت این ویژگی این است که در غذاهای خیلی اسیدی در مقایسه با غذاهای نزدیک خنثی نیاز به حرارت کمتری وجود دارد.

- **پروتئین‌ها و مواد دیگر:** پروتئین‌ها در فرایند حرارتی اثر محافظت‌کنندگی روی میکروارگانیسم‌ها دارند لذا مواد غذایی با پروتئین بیشتر فرایند حرارتی بیشتری در مقایسه با مواد غذایی کم پروتئین نیاز دارند.

- **تعداد میکروارگانیسم‌ها:** با افزایش تعداد Morgها مقاومت حرارتی بیشتر می‌شود بعضی علت را تولید سوبستراهای محافظت کننده بخصوص پروتئین‌های خارج سلولی می‌دانند.

- **سن میکروارگانیسم‌ها:** باکتری‌ها در فازسکون و فازلگاریتمی به ترتیب از بیشترین و کمترین مقاومت حرارتی برخوردارند اسپورها نیز اینگونه‌اند.

- **دماي رشد:** با افزايش دماي اينكوباسيون مقاومت حرارتي Morgها افزايش مي‌يابد براي مثال مقاومت حرارتي *Salmonella senftenberg* (س.سنف تنبرگ) كه در ٤٤ درجه سانتي‌گراد رشد كرده است ٣ برابر آنهايي كه در ٣٧ درجه رشد كرده اند.

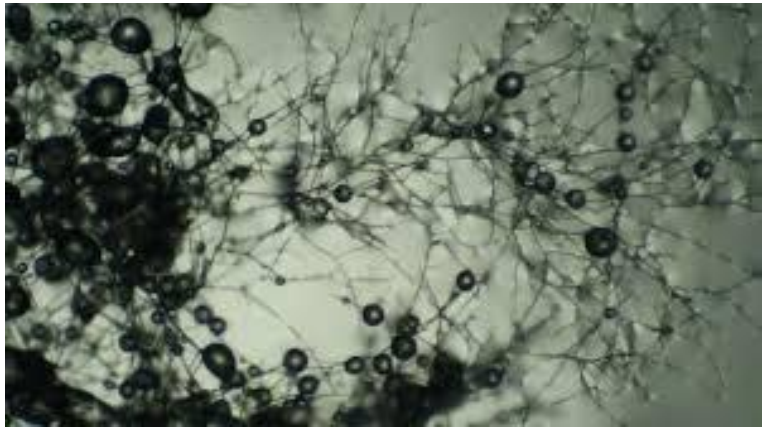
- **تركيبات مهاركنندگي**: انجام فرايند حرارتي در حضور تركيباتي نظير آنتي‌بيوتيكهاي مقاوم حرارت، SO_2 و ... كه از مهاركننده‌هاي ميكروبي مي‌باشند سبب كاهش مقاومت حرارتي مي‌شوند.

- **زمان و درجه حرارت:** هرچه زمان حرارت دهي بيشتر باشد اثركشندگي نيز بيشتر خواهد شد. دماي بالاتر اثر كشندگي بيشتري دارد و لذا به زمان كمتري جهت كشتن تعداد معيني از ميكروب‌ها نياز دارد. اندازه لوله‌ها، ظروف حرارتي و نيز جنس آنها از قبيل شيشه، پلاستيك، فلز و ... نيز مهم مي‌باشند- مثلاً در ظرف بزرگتر دما ديرتر به همه جا مي‌رسد.

- **اولتراسونيك Ultrasonic:** اگر اسپور باكتري‌ها را درست قبل يا حين حرارت دادن در معرض اولتراسونيك قرار دهند سبب كاهش مقاومت حرارتي آن مي‌شود.

مقايسه مقاومت حرارتي نسبي ميكروارگانيسم

- عموماً مقاومت حرارتي ميكروارگانيسم‌ها به دماي رشدشان بستگي دارد. مزوفيل‌ها حساس‌تر از ترموفيل‌ها و سايكروفيل‌ها حساسترين آنهاست.
- باكتري‌هاي اسپورزا مقاومتر از بدون اسپور و ترموفيل‌هاي اسپورزا از مزوفيل‌هاي اسپورزا مقاوم‌ترند.
- حساسيت مخمرها و كپك‌ها در حد متوسطي است مقاومت حرارتي اسكوسپورهاي مخمرها اندكي بيشتر از مخمرهاي رويشي است.
- مقاومت حرارتي اسپورهاي غير جنسي كپك‌ها كمي بيشتر از ميسيليوم كپك‌ها مي‌باشد.
- در اين دسته اسكلروشا Sclerotia از بيشترين مقاومت حرارتي برخوردار بوده لذا در كنسرو ميوه‌ها زنده مانده و مشكل‌آفرين مي‌شوند.



تعيين مقاومت حرارتي Thermal Death Time

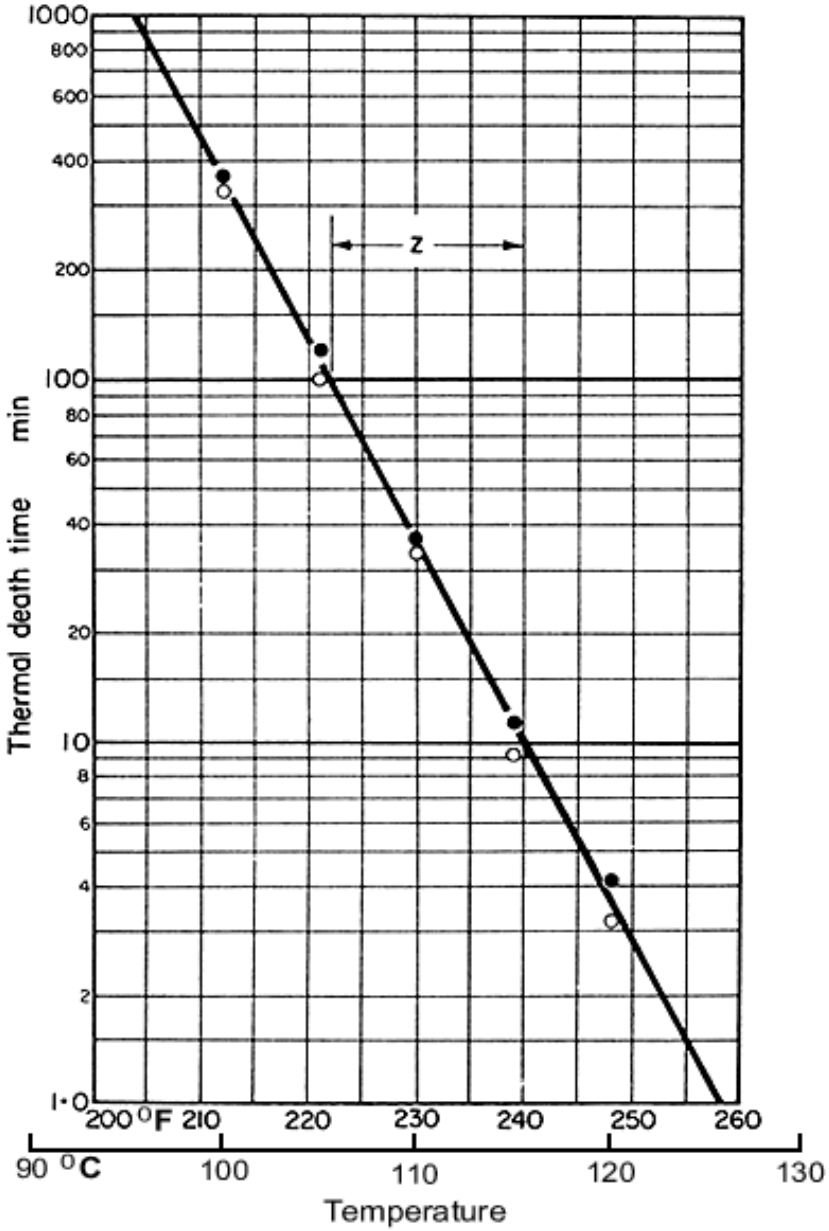
- براي درك بهتر تخريب حرارتي ميكروارگانيسم‌ها در فرايندهای حرارتي (استريليزاسيون و پاستوريزاسيون) از روش‌هاي خاصي استفاده مي‌شود از جمله آنها تعيين Thermal Death Time (TDT) زمان مرگ حرارتي و يا Thermal Death Point (TDP) است.

- TDT: زمان لازم براي از بين بردن تعداد مشخصي از ميكروارگانيسم‌ها در يك دماي معين است در اين روش درجه حرارت ثابت فرض شده زمان از بين رفتن تمام سلول‌ها تعيين مي‌گردد.

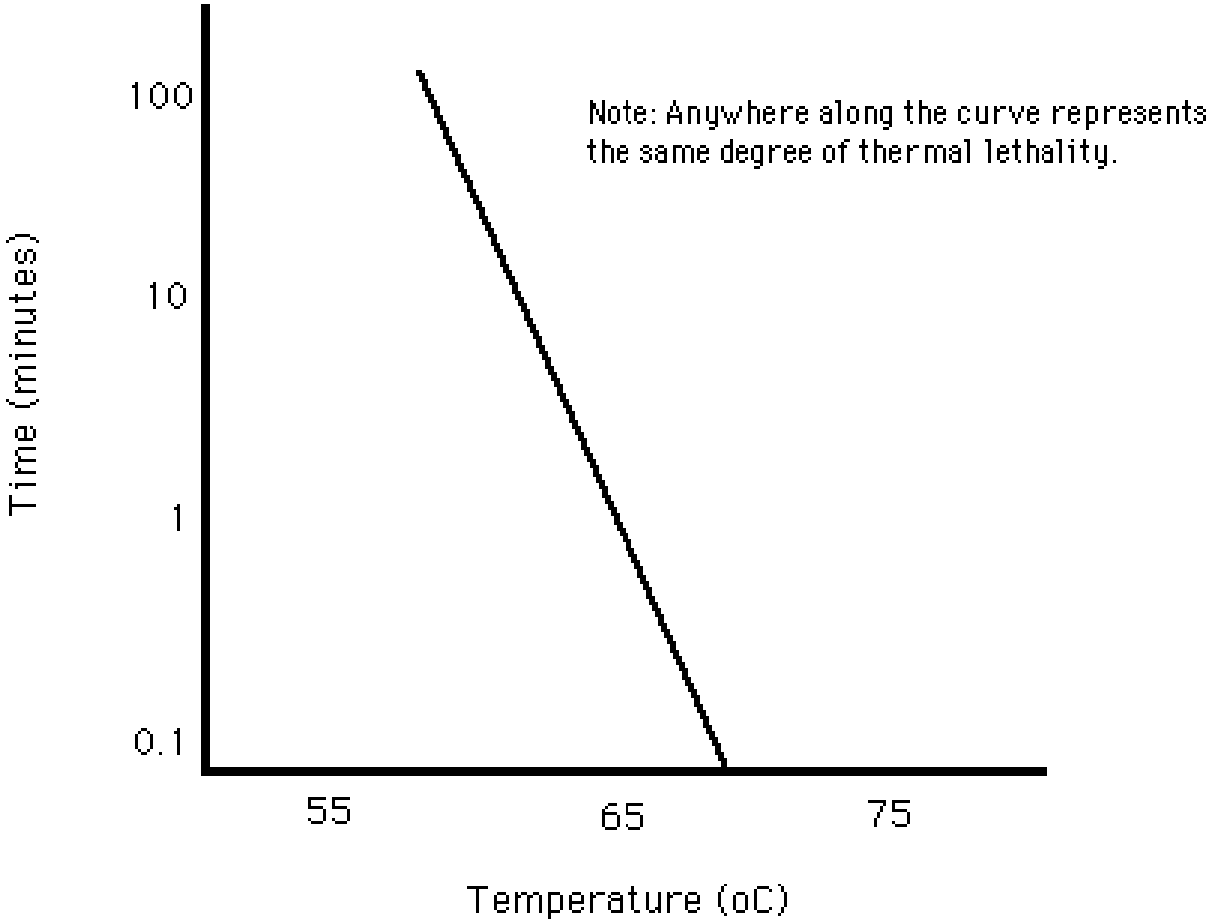
- TDP: نقطه مرگ حرارتي از اهميت كمتري برخوردار است و عبارت است از دماي لازم براي از بين بردن ميكروارگانيسم‌ها در زمان ثابت كه معمولاً ۱۰ دقيقه است.

روش مورد استفاده عموماً TDT است که به شرح زیر:

- ۱- نهیه سوسپانسیون های میکروبی با تعداد مشخصي از سلول‌هاي رويشي يا اسپورها در ظروفي مانند لوله هاي آزمايش قوطي، فلاسك (ارلن)، بشر، لوله بدون درب، لوله موئين.
- ۲- ظروف حاوی سوسپانسیونهای میکروبی را در حمام روغن قرار داده و برای مدت‌هاي مشخصی حرارت می دهند.
- ۳- پس از حرارت دهي ظروف را از آن در آورده سريعاً سرد نموده و از آن برروي محيطهاي مغذي كشت مي‌دهند. رشد يا عدم رشد پس از گرمخانه‌گذاري با ايجاد كلني‌ها يا عدم آن مشخص مي‌گردد.
  - كمترين زماني كه هيچ رشدي ديده نشود TDT مورد آزمايش را تعيين مي‌كند.
  - اگر اين آزمايش در دماهاي مختلف انجام شده و زمان مورد نياز در هر دما تعيين گردد مي‌توان منحني TDT را رسم كرد
  - سپس بعد از وصل كردن اين اعداد به هم خطي به دست مي‌آيد كه مي‌تواند براي هر دمايي استفاده شده و TDT را برروي آن به دست آورد.



Thermal death time curve for *Clostridium botulinum*



Thermal Death Time Curve for
Coxiella burnetti, z = 4oC

Dr. Khomeiri; FST, Gorgan

عد D D-Value

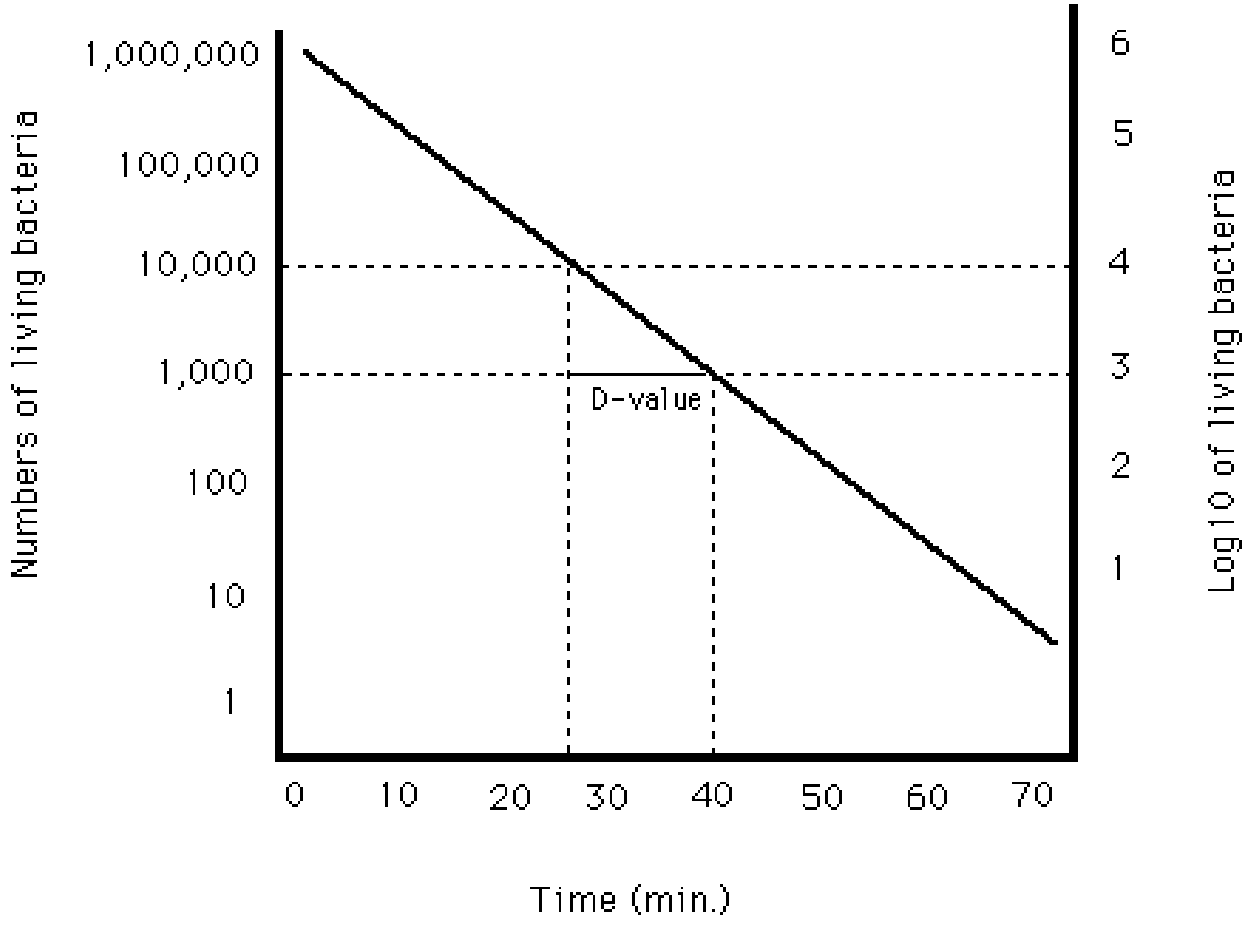
- اگر نمودار ديگري تهيه شود كه تعداد ميكروارگانيسم‌هاي موجود برروي محور Yها و به صورت لگاريتمي نوشته مي‌شود زمان برروي محور Xها.

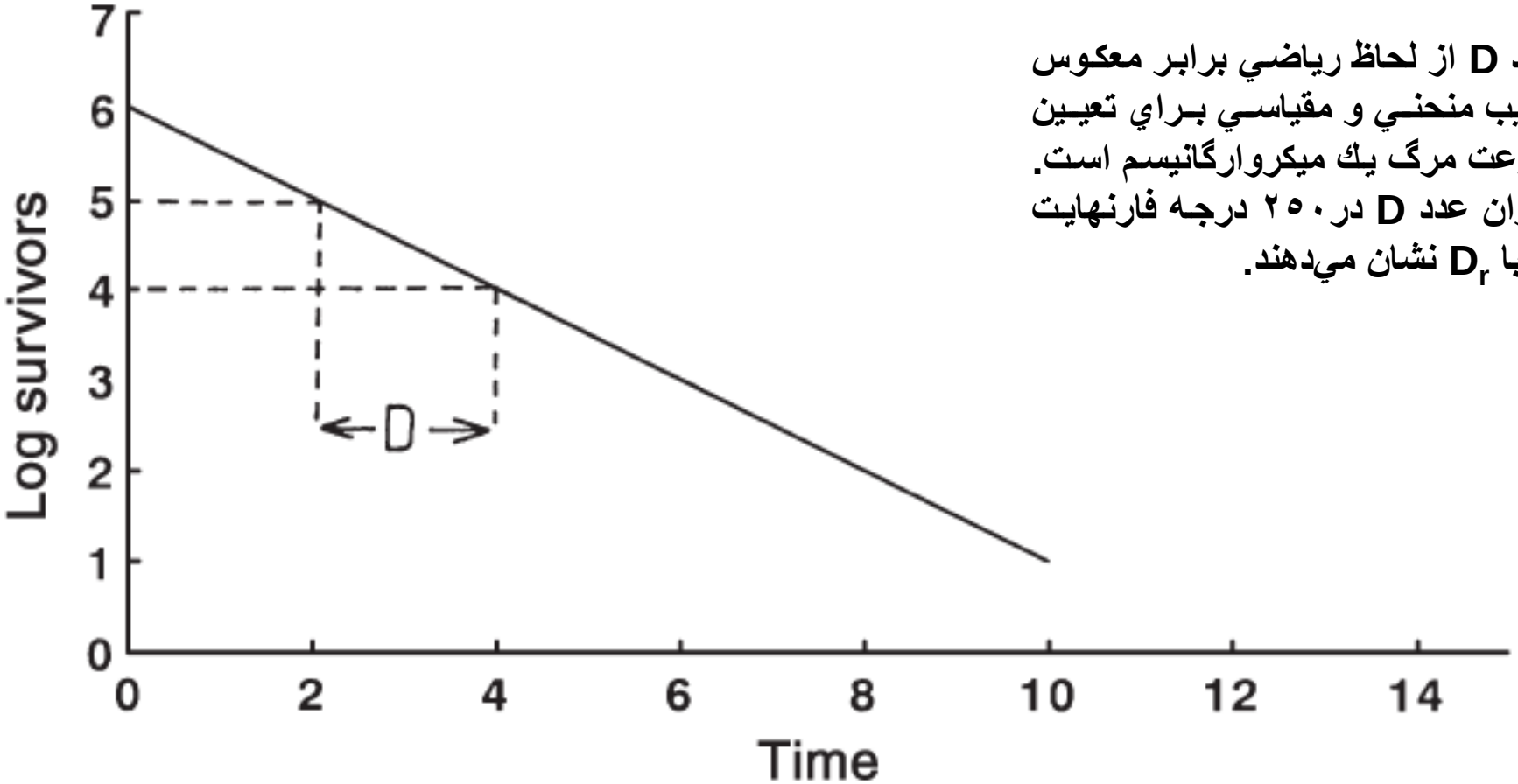
- در اين صورت خط حاصل در اين حالت منحني سرعت مرگ Death rate ميكروارگانيسم را نشان مي‌دهد و با علامت D نشان داده مي‌شود.

- عد D D-Value

- علامت D نشان دهنده Decimal reduction يا كاهش اعشاري ميكروارگانيسم‌هاست در تعريف زمان كاهش يك فاز لگاريتمي يا زمان لازم (برحسب دقيقه) براي از بين بردن ۹۰ درصد از ارگانيسم هاست. اين مقدار برابر تعداد دقايق لازم در منحني سرعت مرگ حرارتي براي كاهش يك سيكل لگاريتمي است. (نمودار B صفحه بعد)

عدد D از لحاظ رياضي برابر معكوس شيب منحني و مقياسي براي تعيين سرعت مرگ يك ميكروارگانيسم است. ميزان عدد D در ۲۵۰ درجه فارنهايت را با D_r نشان مي‌دهند.





عدد D از لحاظ رياضي برابر معكوس شيب منحني و مقياسي براي تعيين سرعت مرگ يك ميكروارگانيسم است. ميزان عدد D در ۲۵۰ درجه فارنهايت را با D_r نشان مي‌دهند.

The D value

$$D = (t_2 - t_1)/(\log N_1 - \log N_2)$$

- در استریلیزاسیون غذاهاي کم اسید و غیر اسید فرض بر این است که مقاوم‌ترین میکروب‌های پاتوژن به گرما در آنها وجود دارند.

- به این دلیل مبناي کار را برروي میکروب اسپوردار غیر هوازي به نام *C.botulinium* که در غذاهاي کم اسید سم بسیار خطرناکي را تولید مي‌کنند، قرار داده‌اند.

- اگر یک فرآیند حرارتی این ارگانیسم را از بین نبرد، آن فرایند برای استریلیزاسیون مواد غذایی مناسب و کافی نیست.

- ولي چون کارکردن با آنها همراه با مخاطراتي است از نوعي میکروب که داراي مقاومت حرارتي بیشتري است، استفاده مي‌نمایند این باکتري سروتیپي از *C. sporogenes* معروف به PA 3679 (Putrefactive anaerobe) است.

- که در حین فعالیت پروتئین‌ها را شکسته و بوي متعفني تولید مي‌کند. یکي از عوامل بسیار مؤثر برروي عدد D، pH محیط است.

- A frequently used indicator organism is *Clostridium botulinum*.
  - ✓ This particular organism is a very important food poisoning organism as it produces a deadly toxin and
  - ✓ also its spores are amongst the most heat resistant.

Sterilization

- **The object of sterilization is to**
  - **destroy all microorganisms, that is, bacteria, yeasts and moulds, in the food material to prevent decomposition of the food, which makes it unattractive or inedible.**
  - **Also, sterilization prevents any pathogenic (disease-producing) organisms from surviving and being eaten with the food.**

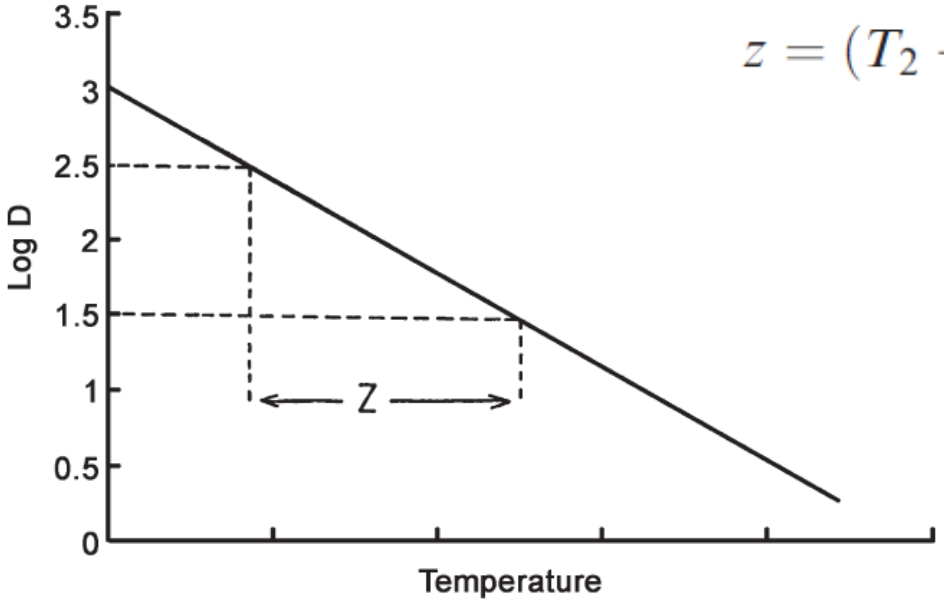
- **با افزایش درجه حرارت میزان D کاهش می یابد. این کاهش در دامنه های حرارتی مورد استفاده در فرایند مواد غذایی به صورت نمایی است. بنابراین رسم منحنی لگاریتم D در برابر درجه حرارت باعث ایجاد یک خط مستقیم می شود از این مسئله می توانیم پارامتر دیگری را در فرایندهای حرارتی بدست آوریم که عدد Z نامیده می شود**

- **عدد Z یا Z value:** عبارت است از تعداد درجات لازم براي كاهش يك سيكل لگاريتمي در عدد D. از لحاظ رياضي برابر است با معكوس شيب منحني.

$$z = (T_2 - T_1)/(\log D_1 - \log D_2)$$

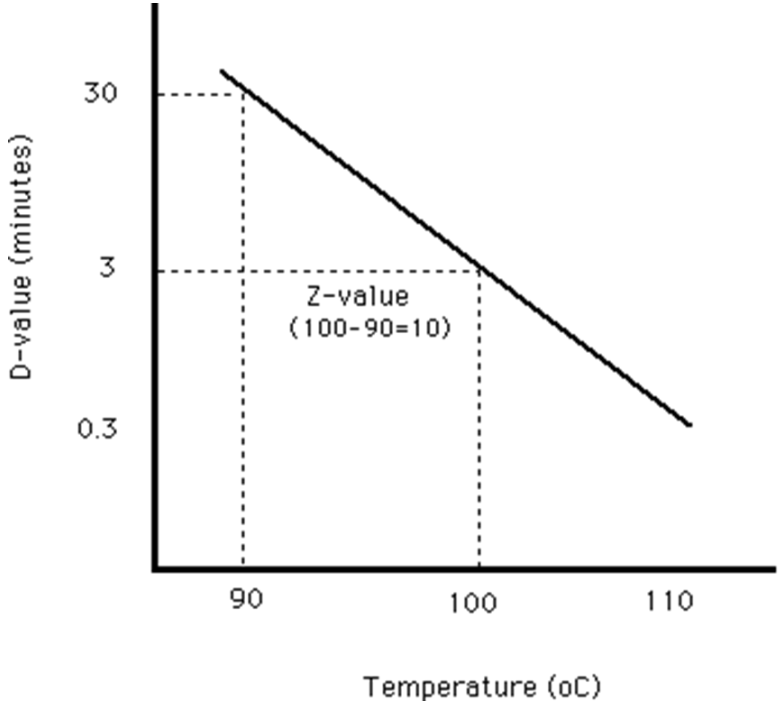
- عدد D مقاومت يك ميكروارگانيسم را در درجه حرارت خاصي نشان مي‌دهد در حاليكه عدد Z نشان دهنده مقاومت نسبي يك ارگانيسم در درجه حرارت‌هاي نابود كننده مختلف مي‌باشد. به كمك اين پارامتر مي‌توان فرايندهاي حرارتي معادل را در درجه حرارت‌هاي مختلف محاسبه نمود براي مثال اگر مدت فرايند حرارتي كافي ١٤٠°F درجه برابر ٣/٥ دقيقه و Z معادل ٨ باشد در دماهاي ١٤٨°F و نيز ١٣٢°F درجه به‌ترتيب ٠/٣٥ و ٣٥ دقيقه معادل آن خواهند بود.

- **عدد F:** برابر است با **زمان برحسب دقيقه** در فرايندهاي حرارتي (كه در واقع انرژی دریافتی معادل انرژی است كه فرايند در دماي ٢٥٠Fدرجه انجام شود). در واقع **F معياري براي اندازه‌گيري ظرفيت حرارتی استريليزاسيون** است كه زمان لازم براي استريل كردن را مشخص مي‌كند.



$$z = (T_2 - T_1)/(\log D_1 - \log D_2)$$

The z-value



Dr. Khomeiri; FST, Gorgan

عدد F

این عدد برابر است با زمان لازم(بر حسب دقیقه) در فرآیندهای حرارتی که در ۲۵۰°F (۱۲۱/۱°C) برای از بین بردن اسپورها یا سلول‌های رویشی یک ارگانیسم خاص به کار برده می‌شود. کل زمانی که تمام نقاط یک ظرف محتوی مواد غذایی در طی فرآیند حرارتی در معرض دماهای کشنده قرار می‌گیرد را با F_s یا F_0 نشان می‌دهند. این عدد شاخصی از قابلیت یک فرآیند حرارتی در کاهش تعداد اسپورها یا سلول‌های رویشی یک ارگانیسم خاص در هر ظرف می‌باشد. هرگاه گرم کردن و سرد کردن کل یک ظرف محتوی اسپورها، سلول‌های رویشی یا ماده‌ی غذایی را به‌طور لحظه‌ای در نظر بگیریم، می‌توان F_0 را از رابطه‌ی زیر به‌دست آورد:

$$F_0 = D_r(\log a - \log b)$$

که در این رابطه a تعداد اولیّه‌ی سلول‌ها و b تعداد نهایی سلول‌ها می‌باشند.

طرح ۱۲D:

- طرح ۱۲D زمان فرايند در صنعت كنسروسازي است و عبارت است از حداقل فرايند حرارتي كه احتمال زنده ماندن مقاومترين اسپورهاي *كلستريديوم بوتولينوم* را به $۱۰^{-۱۲}$ مي‌رساند (براي مثال اگر $۱۰^{۱۲}$ در هر قوطي باشد به ۱ اسپور مي‌رسد) حتي آلوده‌ترين مواد غذايي كنسرو شده به ندرت ممكن است جمعيت ميكروبي بيش از يك ميليارد به ازاء هر قوطي داشته باشد انديس ۱۲D شرايط قوطي را به استريليته كامل بدل مي‌كند.

- از آنجايي كه اسپورهاي *كلستريديوم بوتولينوم* زير pH، 4.5رويش نكرده و سم توليد نمي‌كنند طرح ۱۲D فقط جهت مواد غذايي با pH بالاي 4.5در نظر گرفته مي‌شود.

- اگر در نظر بگيريد هر قوطي تنها داراي يك اسپور *C. botulinum* است F_0 را مي‌توان با استفاده از معادله عمومي منحني سرعت مرگ و ديگر فرضيات پذيرفته شده قبلي محاسبه كرد.

- $F_0 = D_r (Loga - Logb)$

- $F_0 = 0.21 (Log۱ - Log۱۰^{-۱۲}) = 0.2$ $F_{121} = D_{121}(\log N_0 - \log N)$

- فرايندي معادل 2.52دقيقه در ۲۵۰F درجه خواهد توانست تعداد اسپورهاي *كلستريديوم بوتولينوم* را به ۱ اسپور در ۱ قوطي از يك بيليون قوطي كاهش دهد.

مفهوم ۱۲D

مفهوم ۱۲D به طول فرآیند حرارتی لازم در فرآیند کنسروسازی اشاره داشته و به معنی حداقل فرآیند حرارتی است که احتمال زنده ماندن مقاوم‌ترین اسپورهای *کلستریدیوم بوتولینوم* را به $۱۰^{-۱۲}$ برساند. ازآن‌جا که اسپورهای *کلستریدیوم بوتولینوم* در pH کمتر از ۴/۶ قادر به جوانه‌زنی و تولید سمّ نیستند، این مفهوم تنها برای غذاهای با pH بالاتر از این مقدار استفاده می‌شود. استامبو این مفهوم را از لحاظ فناوری کنسروسازی به صورت زیر توضیح می‌دهد. اگر فرض کنیم که هر قوطی کنسرو حاوی تنها یک اسپور *کلستریدیوم بوتولینوم* باشد، F_0 را می‌توان با استفاده از معادله‌ی کلی منحنی بقا و با در نظر گرفت فرضیات اشاره شده در بالا محاسبه نمود:

$$F_0 = D_r(\log a - \log b)$$

$$F_0 = ۰/۲۱(\log ۱ - \log ۱۰^{-۱۲})$$

12D

- **The rates of destruction can in TDT way be related to:**
  1. **The numbers of viable organisms in the initial container or batch of containers.**
  2. **The number of viable organisms which can safely be allowed to survive.**

- **Of course the surviving number must be small indeed, very much less than one, to ensure adequate safety.**

- **However, this concept, which includes the admissibility of survival numbers of much less than one per container, has been found to be very useful.**

- **From such considerations, the ratio of the initial to the final number of surviving organisms becomes the criterion that determines adequate treatment.**

- **A combination of historical reasons and extensive practical experience has led to this number being set, for *C. botulinum*, at 10^{12}:1.**

- **For other organisms, and under other circumstances, it may well be different.**

نگهداري مواد غذايي با دماهاي پائين

- استفاده از درجه حرارت پائين براي نگهداري موادغذايي ناشي از اين حقيقت است كه فعاليت ميكروب‌هاي غذازاد در درجه حرارت‌هاي بالاي انجماد كندتر شده و معمولاً در درجه حرارت‌هاي زير انجماد متوقف مي‌شود.

- دليل اين امر آن است كه همه واكنش‌هاي متابوليكی ميكروارگانيسم‌ها توسط آنزيم‌ها كاتاليز مي‌گردد و سرعت واكنش‌هايي كه با آنزيم انجام مي‌شوند به درجه حرارت وابسته است.

- افزايش درجه حرارت سبب افزايش سرعت واكنش مي‌شود. ضريب حرارتی Q_{10} (*Temperqture coefficient Q_{10}*) به شكل زير تعريف مي‌شود.

$$Q_{10} = \frac{\left(Velocity\ at\ a\ given\ temperature + 10C^{0}\right)}{Velocity\ at\ temperaure\ T}$$

- Q_{10} در اكثر سيسيتم هاي بيولوژيكي (حياتي) 1.5 تا 2.5 است، بدين معني كه به ازاي هر ۱۰ درجه سانتي‌گراد افزايش درجه حرارت در رنج مناسب، سرعت واكنش حدود ۲ برابر افزايش مي‌يابد. كاهش هر ۱۰ درجه سانتي‌گراد نيز سرعت را نصف مي‌كند.

سایکروفیل و سایکروتروف

- عبارت سایکروفیل در سال ۱۹۰۲ در مورد میکروارگانیسمهایی استفاده شد که در صفر درجه سانتیگراد رشد می کنند. امروزه به عنوان اصطلاحي براي باكتري‌هاي قادر به رشد از رنج دمایی یر صفر تا ۲۰°C است و بهینه دمای رشد آنها بین ۱۵°C-۱۰ است.

- سایکروتروف به ارگانیسمی اطلاق می شود که قادرند در دماهای بین ۷°C-۰ رشد کند و در عرض ۱۰-۷ روز كلني‌هاي قابل رویت یا کدورت ایجاد نماید

- بخاطر اینکه بعضي از این باكتري‌ها مي‌توانند در دماهاي بالا رشد كنند (تا دماي مورد نظر ۴۳ درجه سانتي‌گراد) لذا آنها را جزء مزوفيل‌ها مي‌دانند.

- با توجه به تعریف ارائه شده برای این واژه ها انتظار می رود که سایکروفیلها منحصراً بر روی فراورده های بدست آمده از آب دریاها و اقیانوسها یا از مناطق خیلي سرد وجود داشته باشند.

- از طرفی دیگر انتظار می رود که ارگانیسمهای عامل فساد گوشتها، طیور و سبزیجات در دماهای ۵°C-۰ جزء گروه سایکروتروف‌ها باشند. سایکروتروف‌ها قادر به رشد در محیطهای غیر اختصاصی در ۴۳°C به مدت ۲۴ ساعت نمی‌باشند و از این روش برای جداسازی سایکروتروفها از سایر باکتری ها استفاده می شود.

به دليل اينكه تمام سايكروتروف‌ها در دامنه دمايي ۷-۰ درجه سانتي‌گراد با سرعت يكساني رشد نمي‌كنند از اين رو آنها را به دو دسته تقسيم مي‌كنند.

۱. آنهايي كه تا ٦ الى ۱۰ روز يا بيشتر توليد كلني مى كنند ***Eurypsychrotroph*** (نامحدود ياگسترده)

۲. آنهاي كه در عرض كمتر از ٥ روز كلني قابل مشاهده ايجاد مي‌كنند. **Stenopsychrotroph** (محدود يا كوتاه)

- سايكروتروفهايى از كه در ۷°C و در عرض ۱۰ روز به خوبي رشد مي‌كنند و در ٤۳°C رشد مناسبى دارند مى‌توان از *انتروباكتر كلواكه*، هافنيا آلوئى و يرسينيا *انتروكوليتيكا* نام برد. كه از باكتريهاى گروه يورى سايكروتروف مى باشد.

- شاخص باكتريهاى استنو سايكروتروف *سودوموناس فراجى و ائروموناس هيدروفيلا* مى باشد. كه در ۷ درجه سانتي‌گراد در عرض ۳ تا ٥ روز به خوبي رشد مي‌كنند ولي در ٤۰ درجه سانتي‌گراد نمي‌توانند رشد كنند.

دماهاي پائين براى نگهداري موادغذايى

- الف- دماي سرد chilling temperatures دماهاي معمول مورد استفاده در يخچال‌ها (۷-۵ درجه سانتي‌گراد) و دماهاي محدود (۱۵-۱۰ درجه سانتي‌گراد) اين دماها براي نگهداري سبزيجات و ميوه‌ها از قبيل خيار و سيب‌زميني و (Limon) ليمون‌ها مناسب است.

- ب- درجه حرارت‌هاي يخچالي Refrigerator temperatures(بين ۰-۷ درجه سانتي‌گراد) كه بطور معمول زير ۴۰F درجه را در نظر مي‌گيرند.

- ج- دماي فريزر Freezer temperatures۱۸- درجه سانتي‌گراد يا پائينتر را گويند تحت شرايط نرمال (طبيعي) رشد همه ميكروارگانيسم‌ها در دماهاي فريزر متوقف مي‌شود. اگر هم بعضي قادر به رشد باشند سرعت رشد بسيار پائين است.

کمترین درجه حرارت رشد

- کمترین درجه حرارت گزارش شده براي رشد ميكروارگانيزم‌ها در غذا ٣٤- درجه سانتي‌گراد است كه مربوط به يك مخمر صورتي رنگ pink Yeast است.
- احتمال رشد مخمرها و كپك‌ها در درجه حرارت‌هاي زير صفر بيشتر از باكتري‌هاست كه با توانايي رشد قارچ‌ها در a_w پائين مطابقت دارد.
- پائين‌ترين درجه حرارت‌هاي گزارش شده براي باكتري‌ها در ٢٠- درجه سانتي‌گراد و حدود ١٢- درجه سانتي‌گراد است
- غذاهايي كه احتمالاً براي رشد ميكروبي در دماهاي زير صفر نيز مناسب است عبارتنداز كنسانتره‌هاي آب ميوه‌ها، بستني، bacon «گوشت نمك زده پهلو خوك» و بعضي از ميوه‌ها. اين فرآورده‌ها داري تركيباتي هستند كه قادرند دماي انجماد آب را پائين بياورند.

آماده‌سازي موادغذايي براي انجماد:

- عمليات آماده‌سازي سبزيجات براي فريز كردن عبارت است از انتخاب، جداكردن (سورت) همراه با طبقه‌بندي، شستن، بلانچينگ و بسته‌بندي قبل از انجماد.

- از منجد شدن آن دسته از غذاهايي كه داراي فساد مشهود هستند بايد پرهيز شود.

- گوشت‌ها، مرغ‌ها، غذاهاي دريايي، تخم‌مرغ‌ها و غذاهايي ديگر بايد تا حد ممكن تازه باشند.

Blanching

- Blanching را مي‌توان به دو صورت انجام داد:

۱- استفاده از آب داغ «غوطه‌ور کردن آن»

۲- استفاده از بخار

- هدف از آن عبارت است از:

- غیر فعال کردن آنزیم‌هایی که ممکن است در طول نگهداري در حالت انجماد تغییرات نامطلوبي ایجاد کنند.

- افزایش یا تثبیت رنگ سبز بعضي از سبزیجات

- کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها

- تسهیل در بسته‌بندي سبزیجات برگي به وسیله ایجاد پژمردگي

- تخلیه هواي محبوس در بافت‌هاي گیاهي

- کاهش بار میکروبي تا ۹۹ درصد نیز در مورد بلانچینگ گزارش شده است اگر چه هدف اصلی نابودی میکروارگانیسم ها نمی باشد.

انجماد مواد غذايي و اثرات انجماد

- روش انجماد سريع يا Quick يا Fast freezing فرايندي است كه درجه حرات مواد غذايي در عرض ۳۰ دقيقه تا دماي ۲۰- درجه سانتي‌گراد كاهش مي‌يابد.
  - اين عمليات ممكن است بوسيله غوطه‌ور كردن مستقيم يا تماس غير مستقيم مواد غذايي با مواد سرمازا «منجمدكننده» انجام شود
  - يا با استفاده از جريان هواي خيلي سردي كه به مواد غذايي در حال انجماد وزيده مي‌شود.
- Slow freezing به فرايندي گفته مي‌شود كه از اين طريق يك ماده غذايي در عرض ۳ تا ۷۲ ساعت به دماي مطلوب انجماد مي‌رسد، كه مثال بارز آن فريز كردن در فريزرهاي خانگي است انجماد سريع از نظر حفظ كيفيت مواد غذايي داراي مزاياي بيشتري نسبت به انجماد كند است.

تابلوی ۱۶-۱ مقایسه‌ی روش‌های انجماد

انجمادسریع	انجماد کند
● کریستال‌های کوچک یخ تشکیل می‌شوند	● کریستال‌های بزرگ یخ تشکیل می‌شوند
● متابولیسم متوقف می‌شود	● روابط متابولیکی مختل می‌شوند
● محصول مدت کوتاهی دربرابرعوامل زیان آور قرارمی گیرد	● قرارگرفتن درمعرض عوامل مضر یا آسیب‌رسان به مدت طولانی
● هیچ سازگاری دردماهای پایین صورت نمی گیرد	● سازگاری تدریجی
● شوک دمایی (تغییرحالت خیلی شدید) وجود دارد	● عدم وجودشوک دمایی
● اثرمحافظتی ندارد	● تجمع مواد تغلیظ شده همراه بااثرات مفید
● میکروارگانیسم‌ها به صورت کریستال منجمد می‌شوند	
● مانع ازعدم موازنه‌ی سوخت وساز درونی می شود	

انجماد سريع:

۱- كريستال‌هاي تشكيل‌شده يخ ريز است

۲- متابوليسم‌ها متوقف يا به حداقل مي‌رسند

۳- فرآورده به مدت كوتاه‌تري در برابر عوامل زيان‌آور شديد قرار مي‌گيرد

٤- هيچ سازگاري (تطبيقي) با دماهاي پائين ايجاد نمي‌شود

٥- ايجاد شوك حرارتي (تغيير حالت خيلي شديد)

٦- هيچ اثر محافظتي ندارد (براي ميكروب‌ها)

۷- انجماد ميكروب‌ها در داخل كريستال‌ها

۸- جلوگيري از عدم تعادل متابوليكي داخلي (از عدم موازنه سوخت و ساز دروني اجتناب مي‌شود)

انجماد کند

۱- کریستال‌هاي يخ درشت استدر انجماد زدایی باعث تخریب ماده غذایی

۲- روبط متابوليكي مختل مي‌شود. ممكن است تأثير روش بجا بگذارد مانند افزايش نياز مواد غذايي

۳- فرآورده به مدت طولاني‌تري در برابر عوامل مضر فرآوري قرار مي‌گيرد.

٤- سازگاري تدريجي ايجاد مي‌شود

٥- شوك حرارتي ايجاد نمي‌شود

٦- همراه با تغليظ مواد محلول اثرات مطلوبي براي ميكروب‌ها بجا مي‌گذارد.

سوختگي حاصل از انجماد Freezer burn

- پديده‌اي است كه در مورد مواد غذايي با بسته‌بندي نامطلوب در طول نگهداري در حالت انجماد رخ مي‌دهد. در اين پديده مواد غذايي مانند پوست گوشت جوجه قهوه‌اي رنگ مي‌شود كه علت آن از دست رفتن رطوبت سطحي محصول است كه در اين وضعيت فرآورده مورد نظر در نقطه‌اي كه دچار تغيير رنگ شده است داراي خلل و فرج بيشتري نسبت به حالت اوليه است.

قوانيني كه در حالت انجماد ممكن است در رابطه با ميكروارگانيسم‌ها صادق باشد به صورت زير خلاصه شده است.

- ۱- بعضي از گونه‌هاي ميكروبي در اثر رسيدن به نقطه انجماد فوراً مي‌ميرند.
- ۲- تعداد سلول‌هايي كه بلافاصله پس از انجماد زنده مي‌مانند در طول نگهداري در حالت انجماد بتدريج كم مي‌شوند.
- ۳- كاهش تعداد سلول‌ها در حرارت‌هاي نزديك انجماد (بخصوص ۲- درجه سانتي‌گراد) بيشتر از حرارت‌هاي پائين‌تر است.
- و از ۲۰- درجه سانتي‌گراد پائين‌تر كاهش تعداد ميكروب‌ها به كندي صورت مي‌گيرد. (معمولا ۲٤- درجه متوقف مي‌شود)
- باكتري‌ها از نظر ميزان زنده ماندن در دماي انجماد با هم فرق مي‌كنند بطوري‌كه كوكسي‌ها معمولاً مقاوم‌تر از باكتري‌هاي ميله‌اي گرم منفي اند. (مانند *استافيلوكوكوس آرئوس* و سالمونلاها)

پديده‌هايي كه به هنگام انجماد سلول‌ها رخ مي‌دهند و بر رشد ميكروارگانيسم‌ها مؤثرند به شرح زير است:

- ۱- در حالت انجماد، آبي كه يخ مي‌زند آب آزاد است و آب متصل منجمد نمي‌شود و انجماد باعث خالي شدن سلول‌ها از آب قابل مصرف مي‌شود. (به انجماد سريع كريستال‌هاي يخ درون سلول و انجماد كند در خارج آن)
- ۲- افزايش ويسكوزيته ماده سلولي (به دليل تبديل آب به كريستال‌هاي يخ)
- ۳- كاهش گازهاي سلولي O_2 و CO_2 كه وجود O_2 سبب انجام فعاليت‌هاي اكسيداتيو سلول و كاهش آن باعث توقف واكنش‌هاي تنفسي است.
- ٤- pH مواد سلولي ممكن است افزايش يابد.
- ٥- افزايش غلظت الكتروليت‌هاي سلولي به دليل كريستاله شدن آب
- ٦- تغيير در حالت كلوئيدي پرتوپلاسم سلول (مانند پروتئين‌ها)
- ۷- دناتوره شدن پروتئين‌ها (احتمالاً در اثر از بين رفتن برخي از گروه‌هاي SH-)
- ۸- ايجاد شوك دمايي سرد بخصوص در مورد مزوفيل‌ها و ترموفيل‌ها و اگر كاهش درجه حرارت در بالاي نقطه انجماد به طور ناگهاني انجام شود اثر كشندگي بيشتري روي سلول‌ها خواهد داشت.
- ۹- انجماد باعث آسيب متابوليكي به برخي از سلول‌هاي ميكروبي مي‌شود مثلا در مورد سودوموناس‌ها كه اين حالت پس از انجمادزدايي ممكن است احتياجات غذايي يك ميكروب را افزايش دهد.

Lipid solidification

- مقدار لیپیدها در بیشتر باکتری ها معمولاً بین ۲درصد و ۵درصد قرار دارد که بیشتر یا تمام آن در **غشای سلول** قراردارد. چربی های باکتریایی از استر های گلیسرول شامل لیپیدهای خنثی و فسفولیپیدها تشکیل شده اند. در لیپیدهای خنثی، **یک، دو یا هرگروه گلیسرول با –OH اسیدهای چرب زنجیر بلند** استری شده اند. اکثر باکتری‌ها تولید می‌کنند (با اسید چرب زنجیر بلند) و هنگامی که در دمای پائین رشد کنند فسفو لیپیدهای آنها میزان اسیدهای چرب غیر اشباع بیشتری دارند.

- به نظر می‌رسد که علت این است که بـا **افزایش درجه غیراشباعی اسیدهای چرب نقطه ذوب چربی کاهش** یابد که در این حالت باعث نگهداری چربی در حالت مایع و متحرک می‌گردد که به این وسیله به غشاء اجازه فعالیت داده می‌شود. این ایده به عنوان تئوری استحکام چربی **Lipid solidification** معروف است.

- اما در همین ارتباط پدیده شوک سرد cold shock نیز مطرح است که به محض کاهش دمای سوسپانسیون حاوی **مزوفیل‌های در حال رشد** در دمای مناسب، **اغلب آنها از بین می‌روند** که احتمـال مـی‌رود بـه دلیـل آسیب به غشای پلاسمایی است زیرا سرد کردن ناگهانی **منجر به انجماد برخی از لیپیدهای غشایی شده کـه در نتیجه محتویات سلولی به طور ناگهانی آزاد می‌شود** و به دنبال آن حفراتی در غشاء ایجـاد می‌شـود کـه این پدیده‌ها سبب ایجاد شوک سرد می‌شود.

TABLE 11.3
Typical Chilling Storage Conditions for Some Fruits and Vegetables

Product	Storage Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Shelf Life
Apples	−1 to 4	90–95	1–8 months
Bananas	11–16	85–90	5–10 days (ripe) 10–30 days (green)
Lemons	10–14	90	1–6 months
Oranges	2–7	90	1–4 months
Aubergines	7–12	90–95	1–2 weeks
Broccoli	0–1	95–100	1–2 weeks
Cucumbers	8–15	90–95	1–2 weeks
Peas	0–1	95–100	1–3 weeks
Spinach	0–1	95–100	1–2 weeks

Sources: Adapted from Fellows, P.J., *Food Processing Technology: Principles and Practice*, 2nd ed., CRC Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, U.K., 2000; Aked, J., *Fruit and Vegetable Processing—Improving Quality*, Ed., Jongen, W., CRC Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, U.K., 2002.