

به نام او که علم مطلق از آن اوست

دوره آموزشی : آشنایی با تکنولوژی هردل در صنایع غذایی

برگزار کننده :

موسسه مشاوران توسعه کیفیت

با همکاری اداره کل استاندارد ، دانشگاه علوم پزشکی و

شرکت شهرکهای صنعتی استان مازندران

مدرس دوره:

آقای دکتر احمدی

۱۴۰۱



محمداحمدی

- متخصص بهداشت مواد غذایی
- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی
- عضو کمیته صدور پروانه های بهداشتی و تایید مسئولین فنی معاونت غذا و داروی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران
- کارشناس رسمی تدوین و نظارت استاندارد و عضو شورای استاندارد مازندران
- عضو هیئت علمی مرکز سلامت فرآورده های دامی و گیاهی دانشگاه علوم پزشکی مازندران

Food

Acid

Temperature

Time

Oxygen

Moisture

What is
FAT TOM?



FAT TOM

6 Conditions that Promote the Growth of Food Borne Pathogens

Food	Protein-rich foods, such as meat, milk, eggs and fish, have sufficient nutrients to promote the growth of microorganisms
Acid	Bacteria grow best in an environment that is neutral or slightly acidic between 6.6 and 7.5 pH
Time	Pathogens need time to grow and multiply so heating or cooling foods as rapidly as possible will reduce food risks
Temperature	Foodborne pathogens grow best in the temperatures danger zone between 41 °F (5 °C) to 135 °F (57 °C)
Oxygen	Although a few pathogens like botulism are anaerobic and don't require air, most are aerobic and require oxygen to grow
Moisture	Water is essential for the growth of foodborne pathogens. Water activity (wa) is measured on a scale of 0 to 1.0. Foodborne pathogens grow best in foods that have a wa level between 1.0 and 0.86

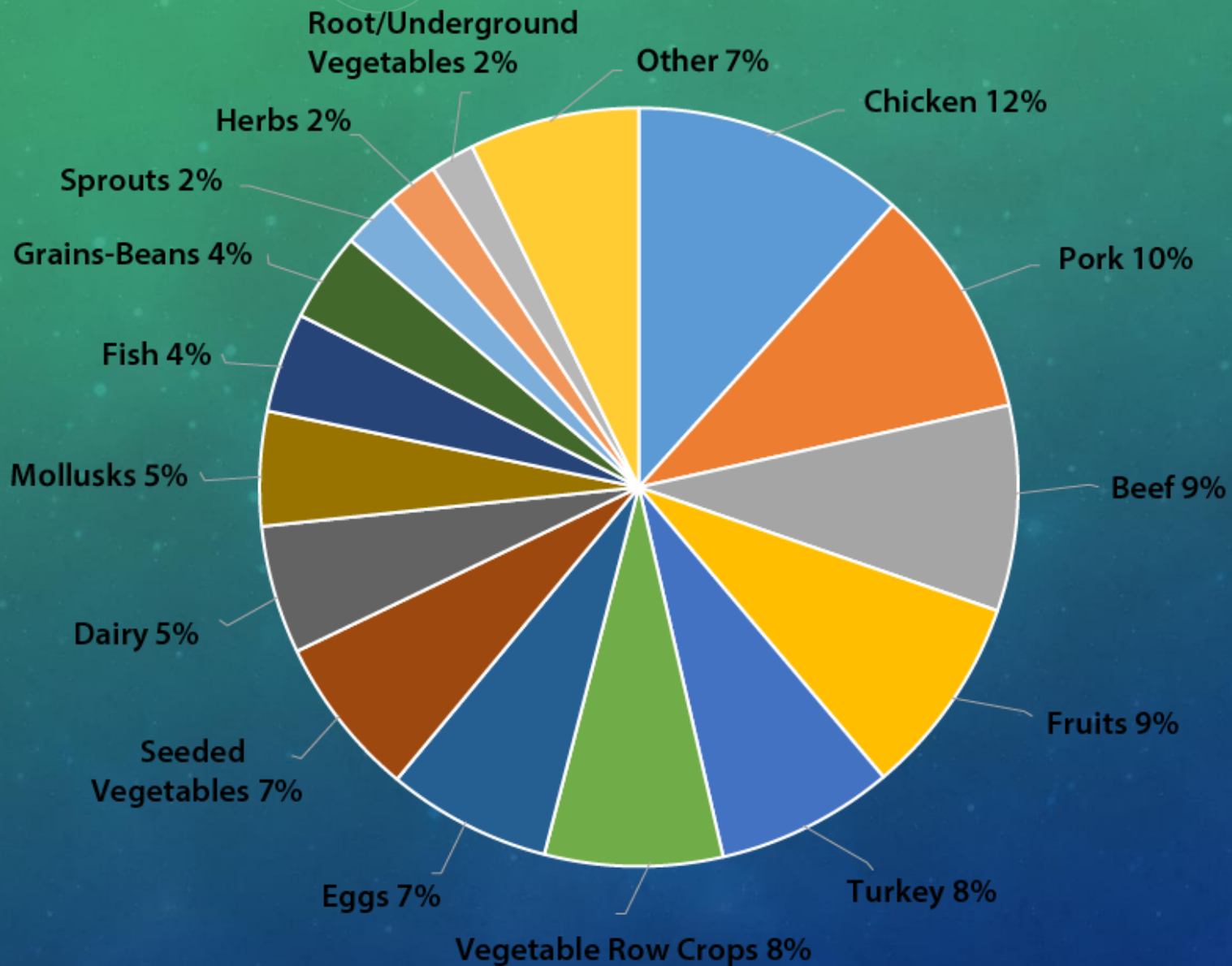
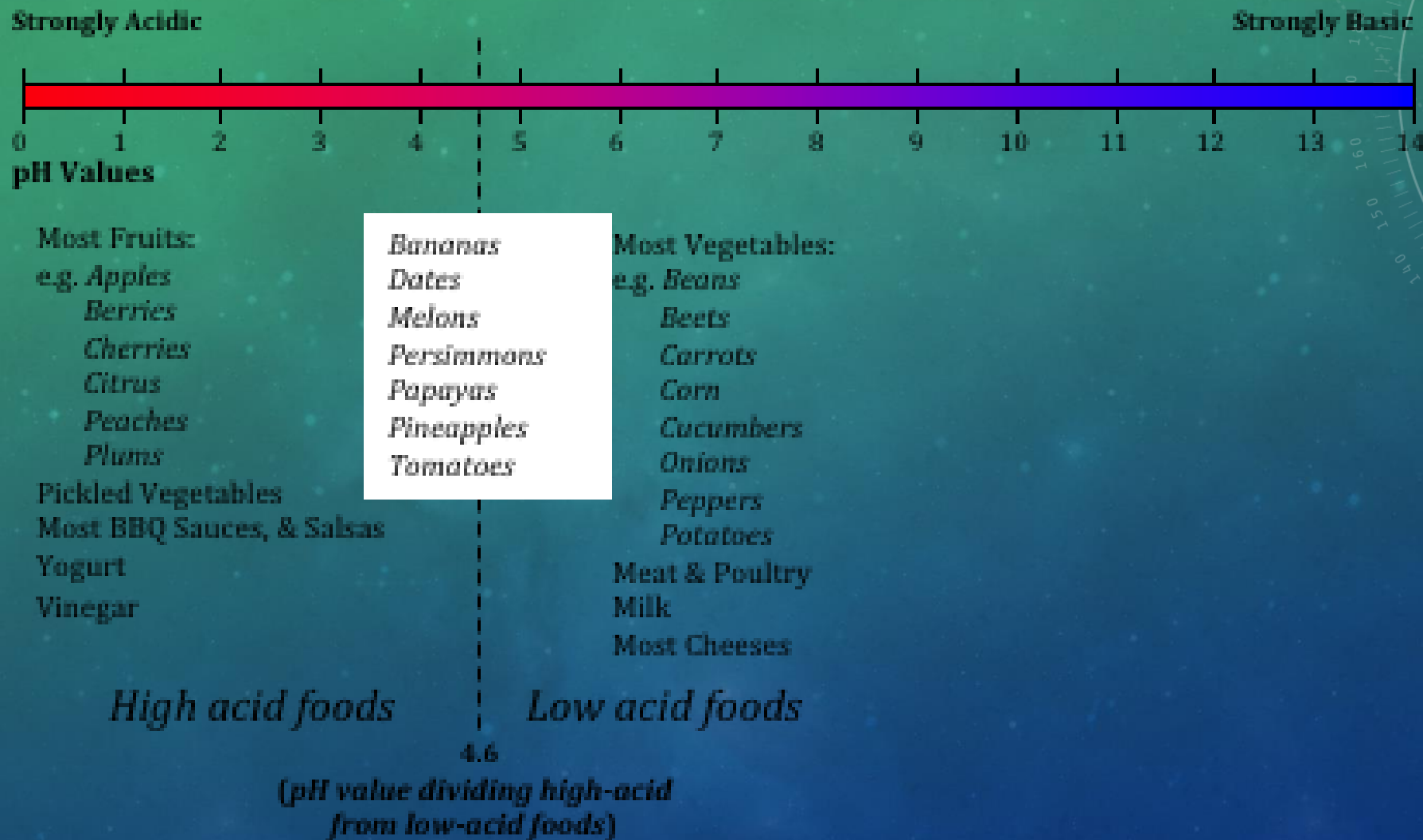


Figure 1 – pH scale and common food types

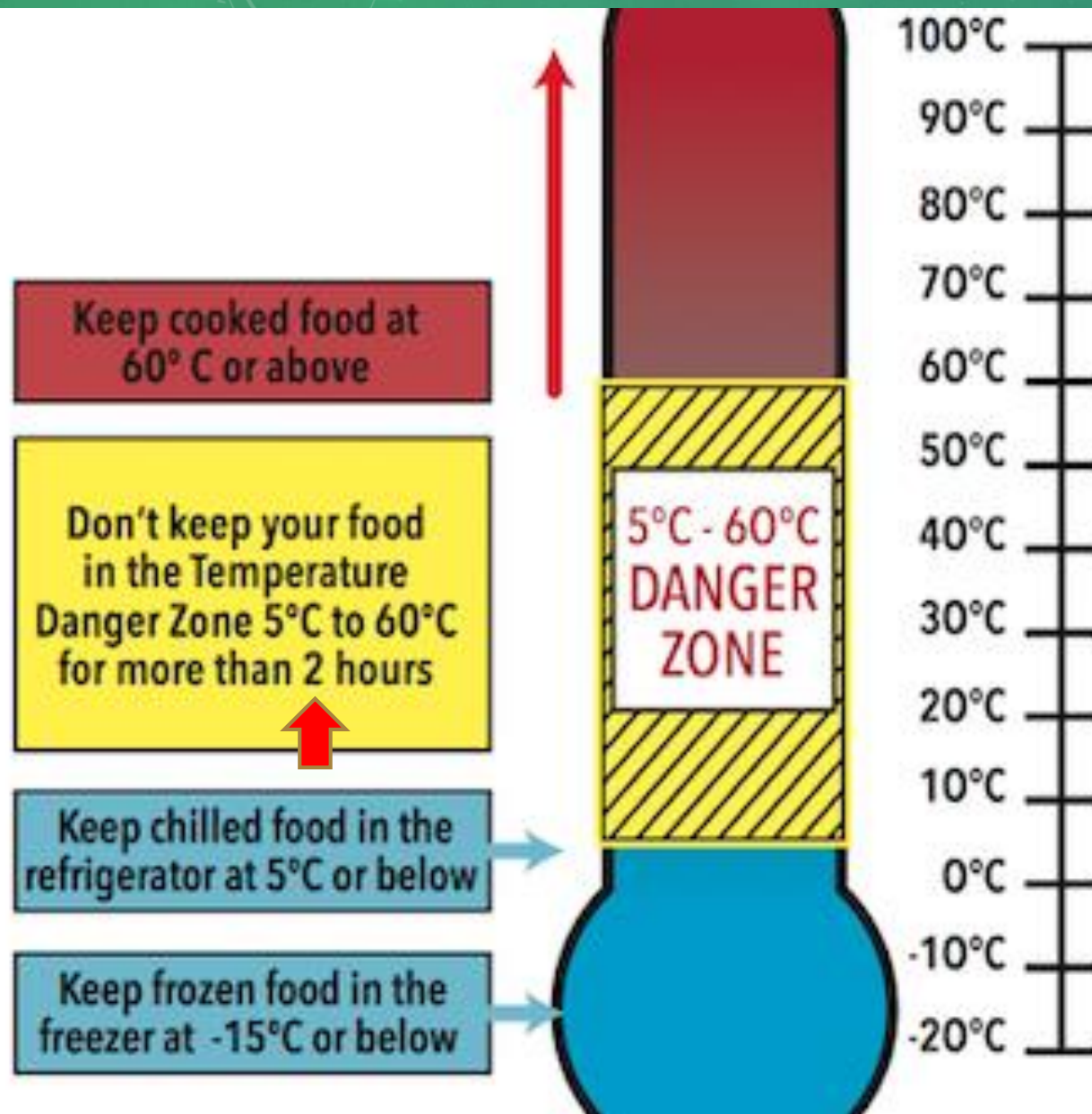




Microorganisms	Minimum	Optimum	Maximum
<i>Clostridium perfringens</i>	5.5-5.8	7.2	8.9
<i>Vibrio vulnificus</i>	5	7.8	10.2
<i>Racillus cereus</i>	4.9	6-7	8.8
<i>Campylobacter spp.</i>	4.9	6.5-7.5	9
<i>Shigella spp.</i>	4.9		9.3
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	4.8	7.8-8.6	11

<i>Clostridium botulinum growth</i>	4.6		8.5
<i>Staphylococcus aureus growth</i>	4	6-7	10
<i>Staphylococcus aureus toxin</i>	4.5	7-8	9.6
<i>Enterohemorrhagic Escherichia coli</i>	4.4	6-7	9
<i>Listeria monocytogenes</i>	4.39	7	9.4
<i>Salmonella spp</i>	4.21	7-7.5	9.5
<i>Yersinia enterocolitica</i>	4.2	7.2	9.6

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲
شماره های تماس : ۰۱۱-۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



Temperature (°C)

Campylobacter

Clostridium perfringens

STEC

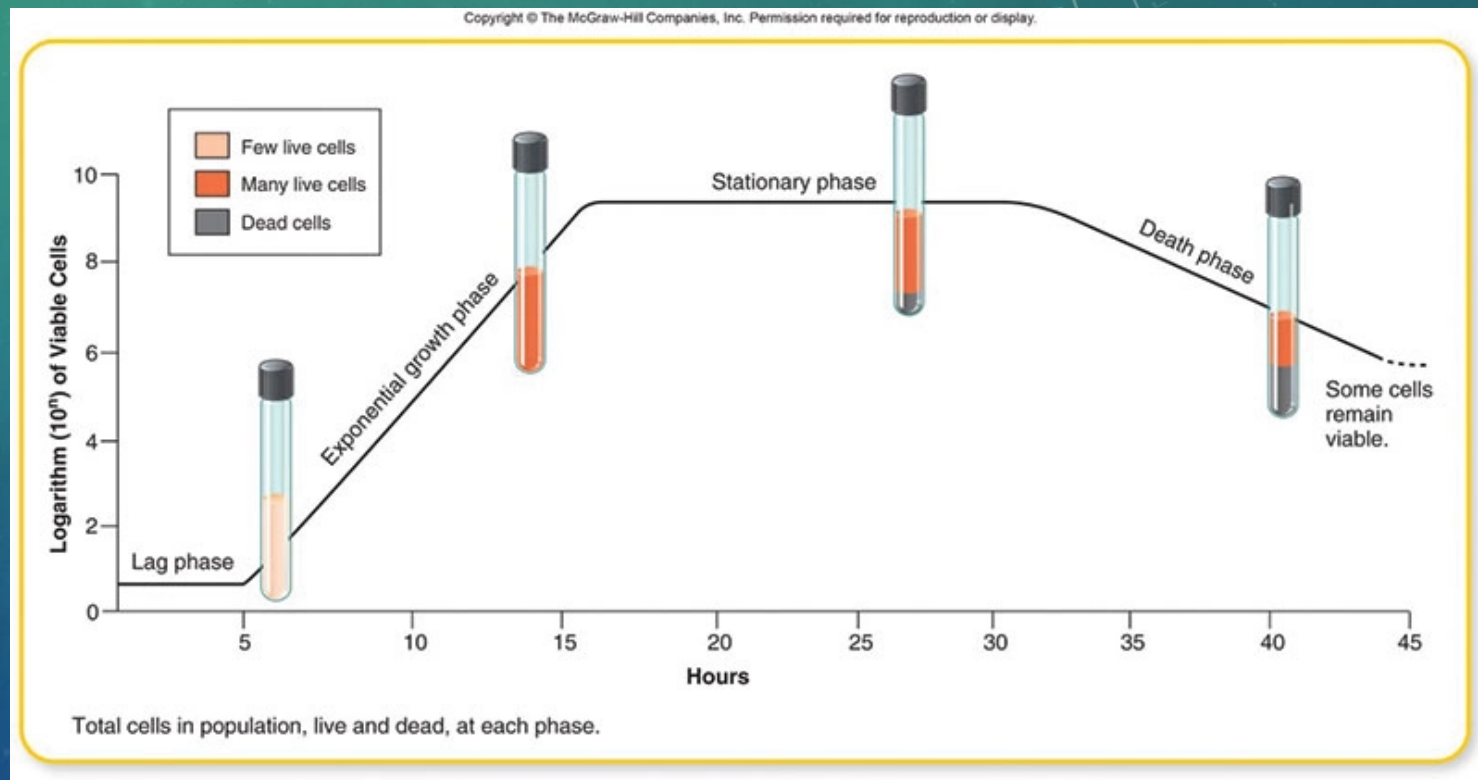
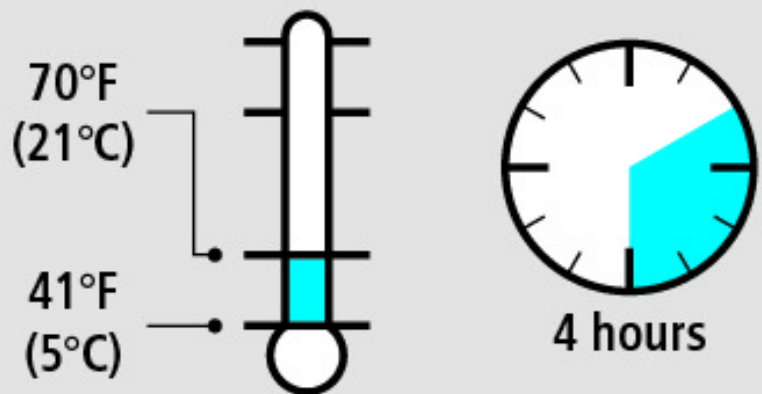
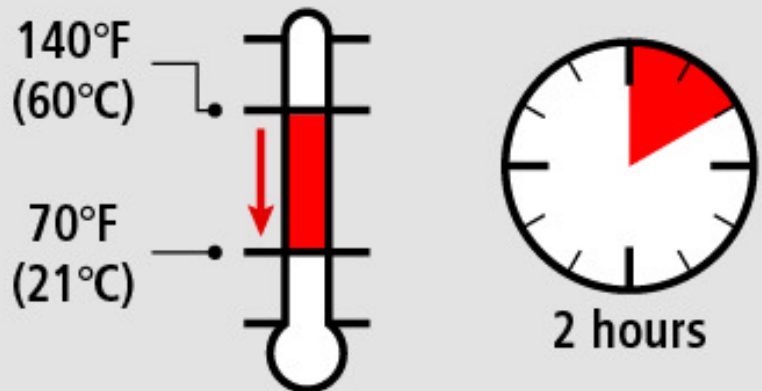
Salmonella

Staphylococcus

Listeria monocytogenes

Yersinia

Circles represent instances where growth did not occur, squares where growth did occur.



Group	Spoilage organisms	Pathogens
Aerobes	<i>Micrococcus</i> sp. Moulds, e.g. <i>Botrytis cinerea</i> <i>Pseudomonas</i> sp	<i>Bacillus cereus</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Vibrio parahaemolyticus</i> <i>Camplobacter jejuni</i>
Microaerophiles	<i>Lactobacillus</i> sp. <i>Bacillus</i> spp. <i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Listeria monocytogenes</i> <i>Aeromonas hydrophilia</i> <i>Escherichia coli</i>
Facultative anaerobes	<i>Brocothrix thermosphacta</i> <i>Shewanella putrefaciens</i> Yeasts	<i>Salmonella</i> spp. <i>Staphylococcus</i> spp. <i>Vibrio</i> sp.
Anaerobes	<i>Clostridium sporogenes</i> <i>Clostridium tyrobutyricum</i>	<i>Clostridium perfringens</i> <i>Clostridium botulinum</i>

10.A2.2.1 Effect of oxygen

Bacteria, yeasts and moulds have different respiratory and metabolic needs and can be grouped according to their O₂ needs (Table 10.1).

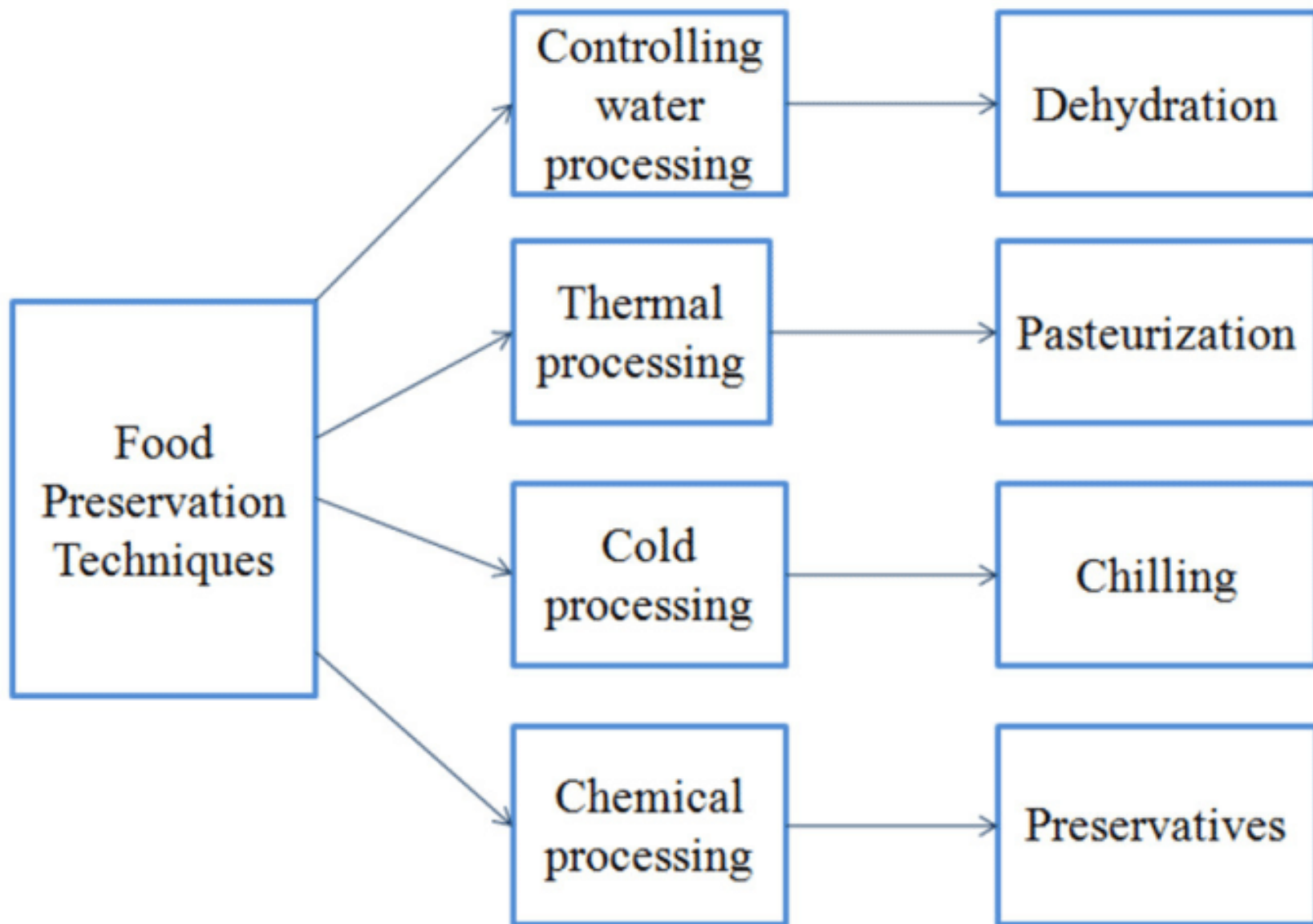
- high-moisture foods (a_w above 0.85);
- intermediate-moisture foods, (a_w 0.60–0.85);
- low-moisture foods, (a_w below 0.60).

• میزان آب آزاد مورد نیاز برای رشد اجرام ریزینی در محیط آن ها که به a_w نشان داده می شود عبارت است از نسبت فشار بخار آب در غذا به فشار بخار آب خالص در حرارت مشابه ($a_w = p/p_0$) که مانند pH قابل اندازه گیری با استفاده از دستگاه های مخصوص می باشد.



Table 20.3 Minimal water activity required for growth of foodborne microbes at 25°C (sources: Jay, 2000; Barwart, 2004; Montville and Matthews, 2005).

Group of microorganisms	Minimal a_w required
Most bacteria	0.88–0.91
Most yeasts	0.87–0.94
Most molds	0.70–0.80
Halophilic bacteria	0.75
Xerotolerant molds	0.71
Osmophilic yeasts	0.60–0.78
Xerophilic molds	0.60–0.70
Specific spoilage organisms	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.96–0.98
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.94–0.97
<i>Lactobacillus</i>	0.90–0.96
<i>Leuconostoc</i>	0.96–0.98
<i>Hansenula</i>	0.89–0.90
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	0.62–0.81
<i>Aspergillus niger</i>	0.80–0.84
<i>Xeromyces bisporus</i>	0.60–0.61
Specific pathogenic organisms	
<i>Escherichia coli</i>	0.94–0.97
<i>Clostridium botulinum</i>	0.90–0.98
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.83–0.92
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.94–0.98
<i>Salmonella</i>	0.93–0.96
<i>Bacillus cereus</i>	0.92–0.95
<i>Aspergillus flavus</i>	0.78–0.90



Homeostatic responses by microorganisms to various stress factors

Reduced nutrients	Nutrient scavenging; oligotrophy; 'stationary-phase response'; generation of 'viable nonculturable' forms
Low-pH level	Extrusion of protons across the cell membrane; maintenance of cytoplasmic pH; maintenance of transmembrane pH gradient
Low temperature for growth	'Cold shock' response; changes in membrane lipids to maintain satisfactory fluidity
High temperature for growth	'Heat shock' response; membrane lipid changes
High levels of oxygen	Enzymic protection (catalase, peroxidase, superoxide dismutase) from H_2O_2 and oxygen-derived free radicals
Presence of biocides	Phenotypic adaptation; reduction in cell wall-membrane permeability
Ionizing radiation	Repair of single-strand breaks in DNA
High voltage electric discharge	Lower electrical conductivity of the spore protoplast
Competition from other microorganisms	Formation of interacting communities; aggregates of cells showing some degree of symbiosis; biofilms

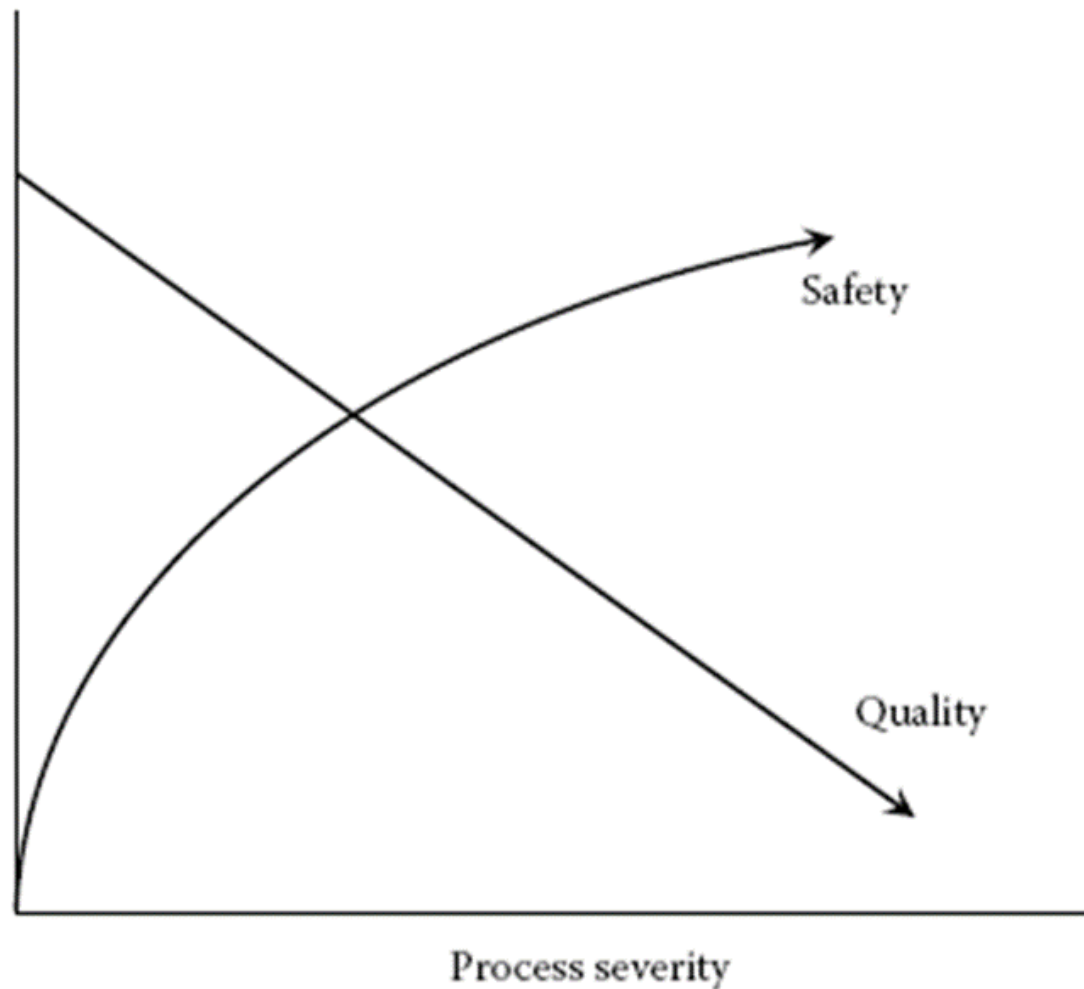
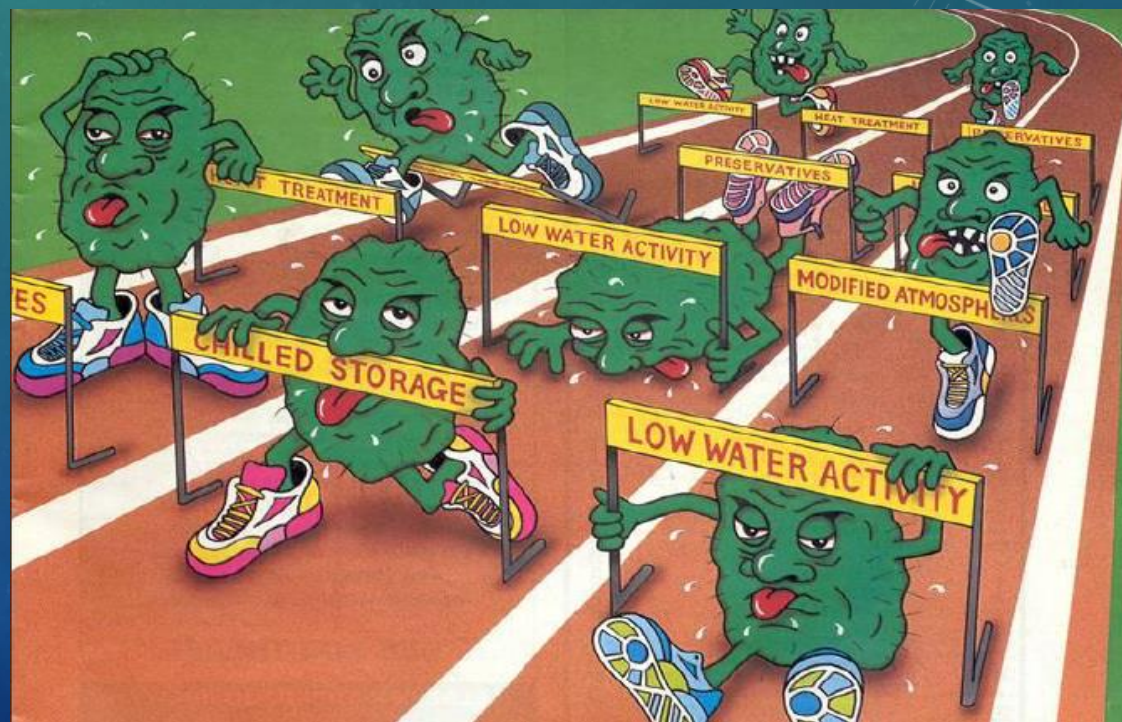
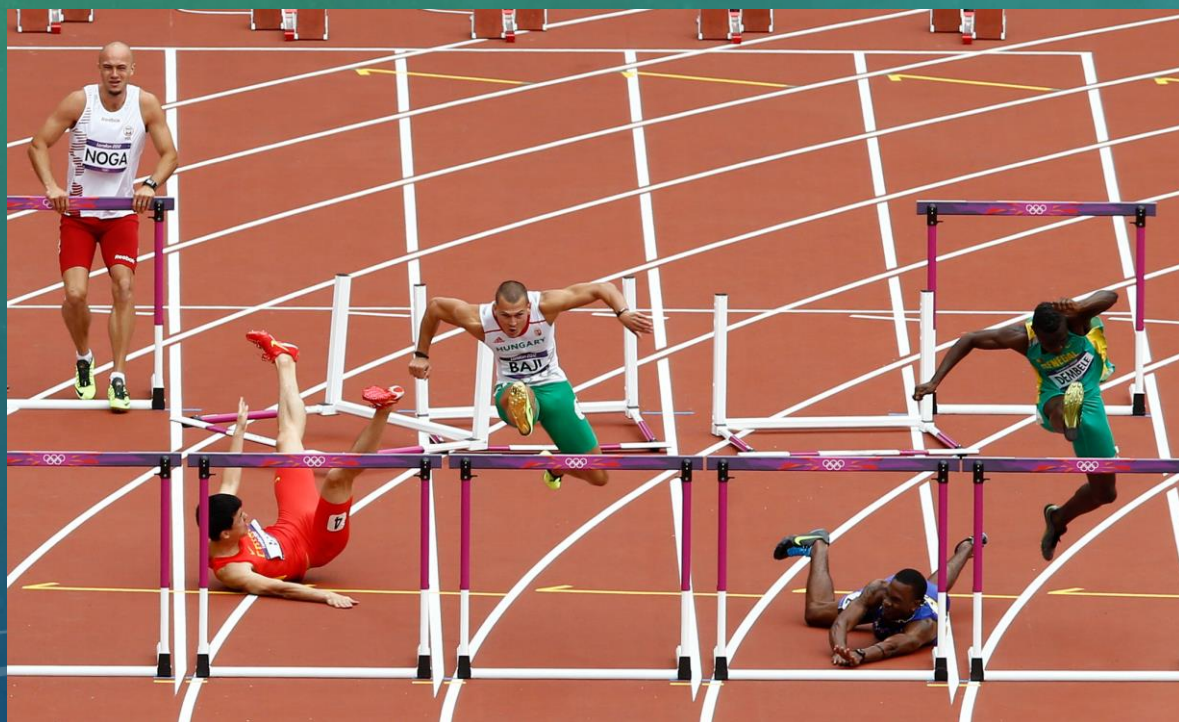


FIGURE 1.1 Effects of increase of process severity on safety and quality.

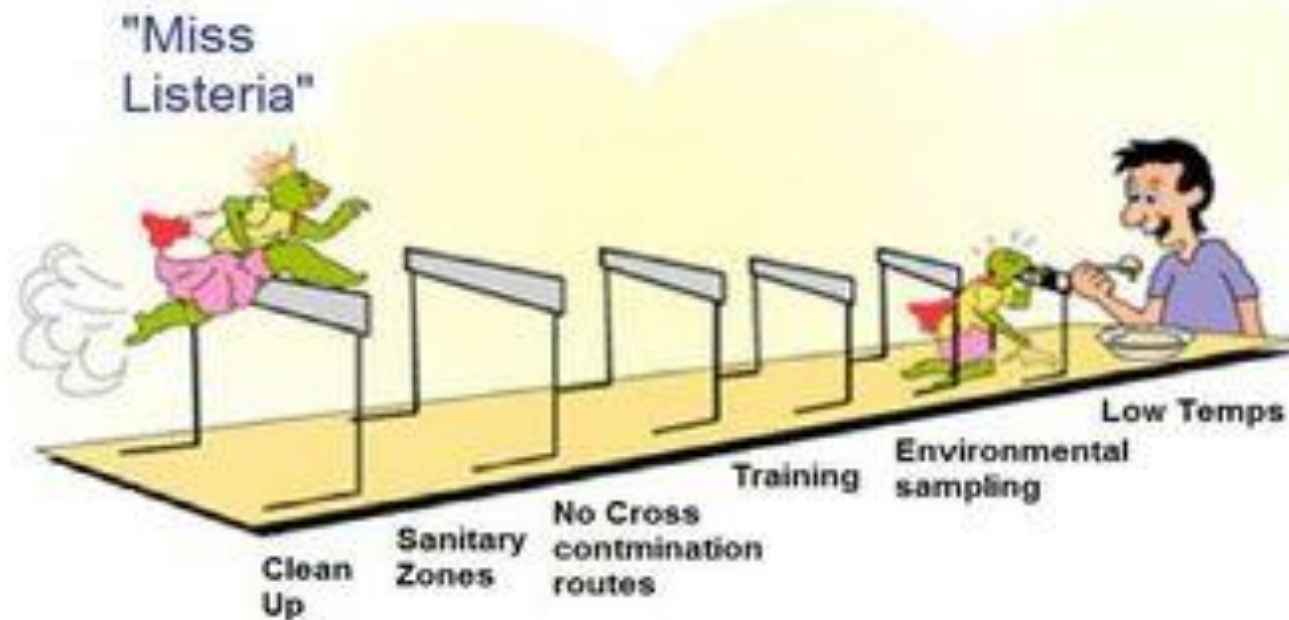
- میکرو ارگانیسم‌ها بیش از ۷۰٪ فساد مواد غذایی را به خود اختصاص می‌دهند، اطمینان از ایمنی و ثبات مواد غذایی به انتخاب درست روش‌های نگهداری مواد غذایی بستگی دارد که ایمنی میکروبی و شیمیایی را تضمین می‌کند و کیفیت تغذیه‌ای و حسی را حفظ می‌کند.
- تعداد این روش‌های مرسوم که ثابت شده کیفیت غذا و مشکلات مربوط به ایمنی را حل می‌کنند در عین حال گزارش شده‌است که کیفیت غذا را از طریق تخریب مواد مغذی ضروری و کاهش کیفیت ارگانولپتیک تحت تاثیر قرار می‌دهند.
- برای به حداقل رساندن اثرات منفی نگهداری سنتی، استفاده از دو یا چند روش در کنار هم با شدت پایین تر ضروری است.

واما..... تکنولوژی هر دل؟؟؟

Hurdle در لغت به معنی مانع است.



Hurdle Technology



- تکنولوژی هردل (Hurdle Technology) توسط Leistner در سال ۱۹۷۶ به عنوان ترکیبی هوشمند از موانع تعریف شده است که ایمنی و ثبات میکروبی و همچنین کیفیت ارگانولپتیکی (ویژگی های حسی مانند ظاهر، طعم، بافت و بو)، تغذیه ای و ماندگاری اقتصادی محصولات غذایی را تضمین می کند.



تعاریف

- مفهوم تکنولوژی هردل شامل بهینه سازی تکنیک های نگهداری است که محصولات ایمن با کیفیت حسی و تغذیه ای (کیفیت کل یا Total Quality) بیشتر را با هزینه های کم تر تضمین می کند (Augusto et al., 2018).
- ترکیبی از عوامل بازدارنده یا افزودنی ها در حداقل سطح رشد بیماری را با فراهم کردن استرس جمعی محدود می کند که بقای میکروبی را دشوار می سازد (Novak, 2003).
- تکنولوژی هردل یک تکنولوژی مانع چند گانه است که از چندین معیار نگهدارنده استفاده می کند، که به طور استراتژیک برای کنترل موثر رشد میکروارگانیسم ها در غذا به کار می رود (Yuan, 2003).
- رویکرد هردل فن آوری شامل ترکیب تکنولوژی های سنتی و جدید برای کنترل رشد میکروبی در غذا است. (Ravishankar and Maks, 2007)
- این حوزه مهمی از میکروبیولوژی مواد غذایی است که پتانسیل روش نگهداری چند گانه را توصیف می کند که به صورت هم افزایی برای مهار میکروارگانیسم ها در مواد غذایی عمل می کند (Duffy et al., 2003).

آون نماینده یک هردل (دما) و اتوکلاو نماینده دو هردل (دما و فشار) است.

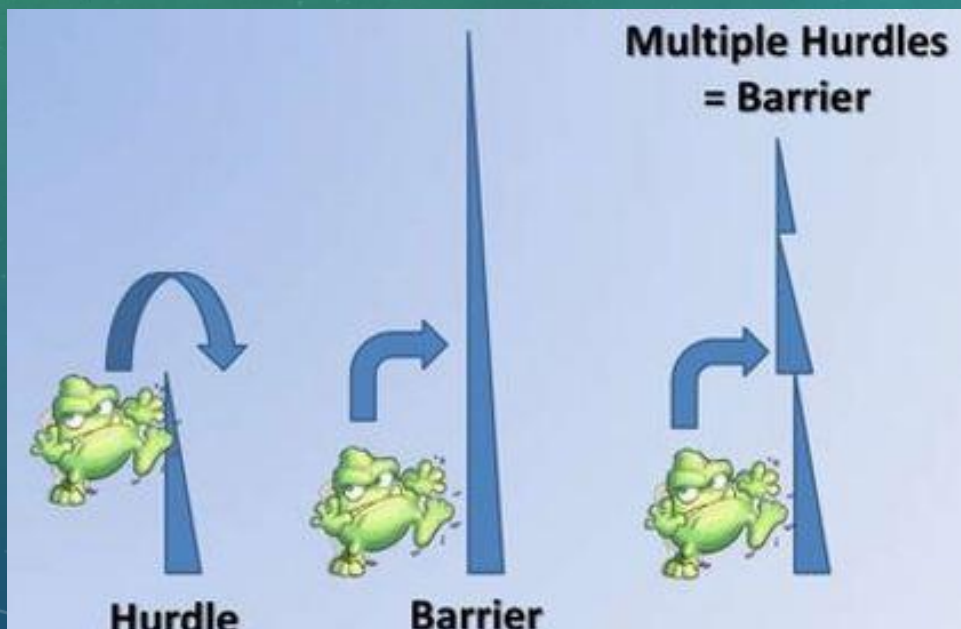


دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲
شماره های تماس : ۰۱۱-۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰

تقسیم بندی هردل ها

• هردل ها به ۳ دسته اصلی تقسیم میشوند:

- ۱. هردل های فیزیکی
- ۲. هردل های فیزیکوشیمیایی
- ۳. هردل های میکروبی



هردل های فیزیکی

- **حرارت:** استریلیزاسیون، پاستوریزاسیون، بلانچینگ، تبخیر (Evaporation)، اکستروژن، پخت و سرخ کردن
- **کاهش دما:** نگهداری سرد، نگهداری انجمادی
- **اشعه و امواج الکترومغناطیسی:** ماورابنفش، اشعه های یونیزه و غیر یونیزه، مایکرو ویو، اولتراسونیک، میدان پالس الکتریکی در صنایع غذایی
- **افزایش فشار:** فرایند (HPP (High pressure processing
- **بسته بندی:** کاهش اکسیژن از طریق بسته بندی های وکیوم و نیتروژنی، افزایش کربن دی اکسید از طریق بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP)، بسته بندی هوشمند مواد غذایی، فیلم های خوراکی و بسته بندی های اسپتیک

هردل های فیزیکوشیمیایی

- کاهش فعالیت آبی: خشک کردن، افزودن نمک و شکر
- کاهش pH: با افزودن اسید مانند لاکتیک اسید (اسید آلی)، انجام تخمیر
- استفاده از نمک: نیترات، نیتريت
- استفاده از گاز ها: کربن دی اکسید، اوزون، گوگرد دی اکسید
- آنتی اکسیدان ها
- اسانس های گیاهی
- پتانسیل اکسیداسیون پایین
- فراورده های تولید شده از واکنش مایلارد

هردل های میکروبی

- آنتی بیوتیک ها؟ (لانتی بیوتیکها؟)
- ترکیبات ضد قارچی
- باکتریوسین ها: مانند ناتامایسین



Examples of lantibiotics characterised to date

Lantibiotic	Producing strain(s)	Reference
Type-A Lantibiotics^a		
Type-A(I)		
Nisin A	<i>L. lactis</i> NIZOR5, 6F3, NCFB894, ATCC11454	[10]
Nisin Z	<i>L. lactis</i> N8, NIZO22186	[34,35]
Subtilin	<i>B. subtilis</i> ATCC6633	[36]
Epidermin	<i>Staphylococcus epidermidis</i> Tu3298	[37]
Gallidermin	<i>Staphylococcus gallinarum</i> Tu3928	[38]
Mutacin B-Ny266	<i>S. mutans</i>	[39]
Mutacin 1140	<i>S. mutans</i> JH1000	[40]
Pep5	<i>S. epidermidis</i> 5	[41]
Epicidin 280	<i>S. epidermidis</i> BN280	[42]
Epilancin K7	<i>S. epidermidis</i> K7	[43]
Type-A(II)		
Lacticin 481	<i>L. lactis</i> CNRZ481, ADRIA85LO30	[11,44]
Cytolysin	<i>E. faecalis</i> DS16	[45]
Lacticin 3147	<i>L. lactis</i> DPC3147	[13]
Staphylococcin C55	<i>S. aureus</i> C55	[14]
Salvaricin A	<i>Streptococcus salvarius</i> 20P3	[46]
Lactocin S	<i>L. sake</i> L45	[47]
Streptococcin A-FF2	<i>Streptococcus pyogenes</i> FF22	[48]
Sublancin 168	<i>B. subtilis</i> 168	[49]
Carnocin U149	<i>C. piscicola</i>	[50,51]
Variacin 8	<i>Micrococcus varians</i> MCV8	[52]
Cypemycin	<i>Streptomyces</i> ssp.	[53]
Type-B lantibiotics		
Cinnamycin	<i>Streptomyces cinnamoneus</i>	[54]
Duramycin B	<i>Streptoverticillium</i> ssp.	[55]
Duramycin C	<i>Streptomyces griseoluteus</i>	[55]
Ancovenin	<i>Streptomyces</i> ssp.	[56]
Mersacidin	<i>B. subtilis</i> HIL Y-85, 54728	[57]
Actagardine	<i>Actinoplanes</i>	[58]

هر محصول ممکن است ترکیب متفاوتی از هردل ها را نیاز داشته باشند براساس:



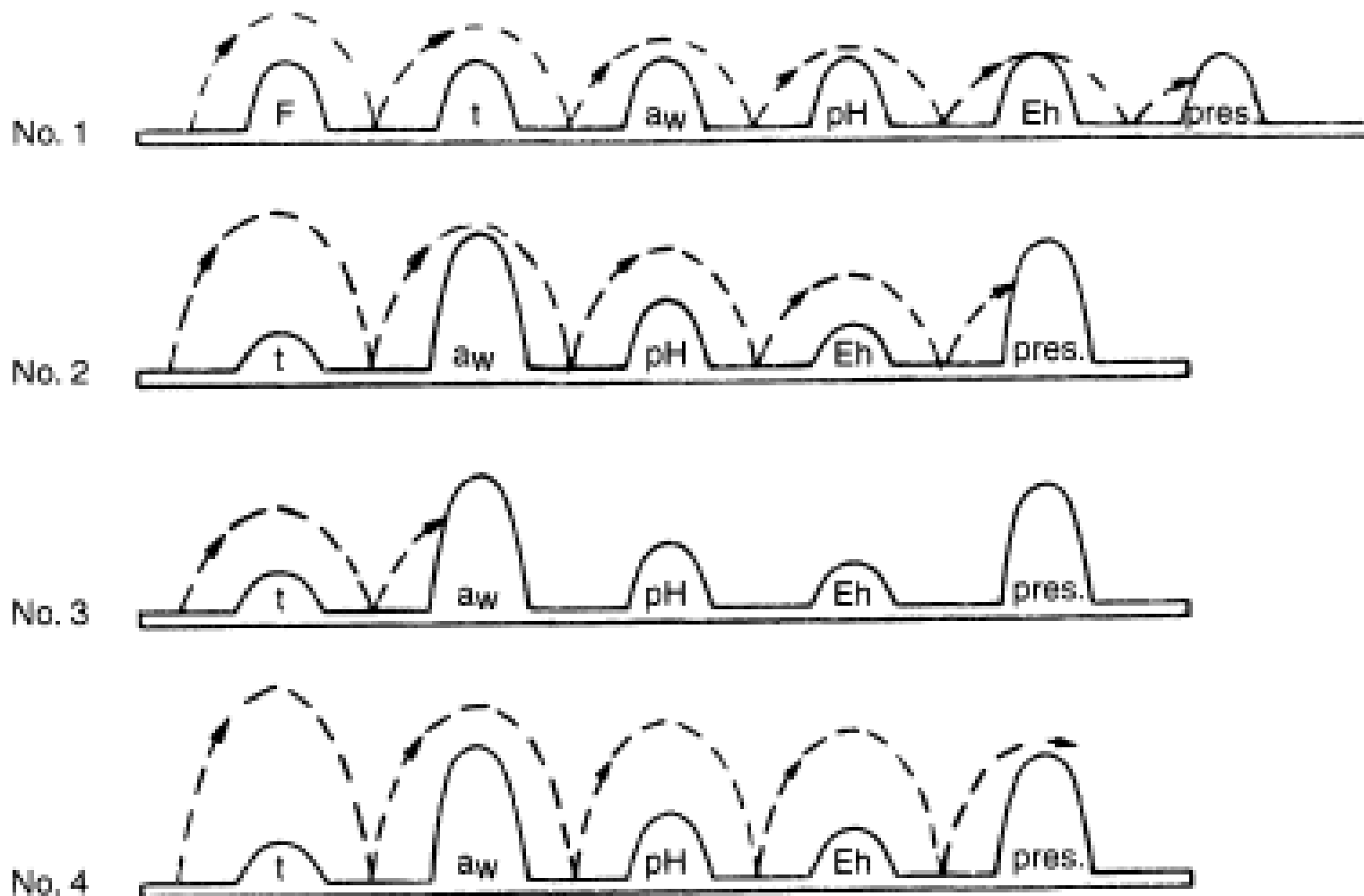
- میزان میکروب اولیه محصول
- شرایط مساعد برای رشد میکروبی در محصول
- طول عمر مورد نظر برای آن ماده غذایی
- نوع محصول مورد نظر از نظر میزان مواد مغذی

Table 4–1 Most important hurdles for food preservation

<i>Symbol</i>	<i>Parameter</i>	<i>Application</i>
F	High temperature	Heating
t	Low temperature	Chilling, freezing
a_w	Reduced water activity	Drying, curing, conserving
pH	Increased acidity	Acid addition or formation
Eh	Reduced redox potential	Removal of oxygen or addition of ascorbate, etc.
Pres.	Preservatives	Sorbate, sulfite, nitrite, etc.
c.f.	Competitive flora	Microbial fermentations

Adapted from L. Leistner, Principles and applications of hurdle technology, in *New Methods of Food Preservation*, G.W. Gould, ed., p. 12. © 1995, Blackie Academic & Professional.

مقابله میکروب (خط نقطه چین) در مثالها پریدن (Overcome or Leap Over) از روی هردل ها است



Trampoline Effect

No. 5



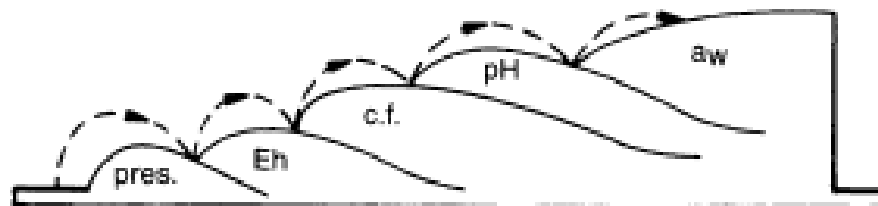
No. 6



No. 7

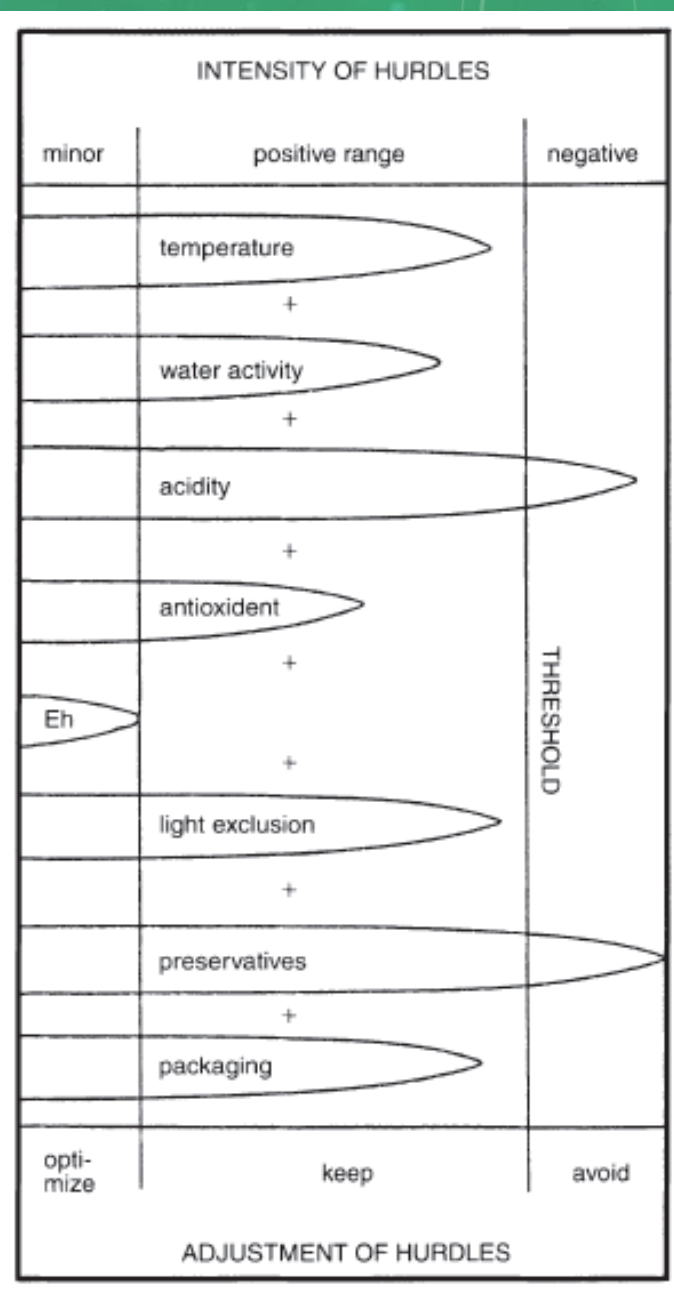


No. 8



No. 9





کیفیت کلی

Total Quality

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲
 شماره های تماس : ۰۱۱- ۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰

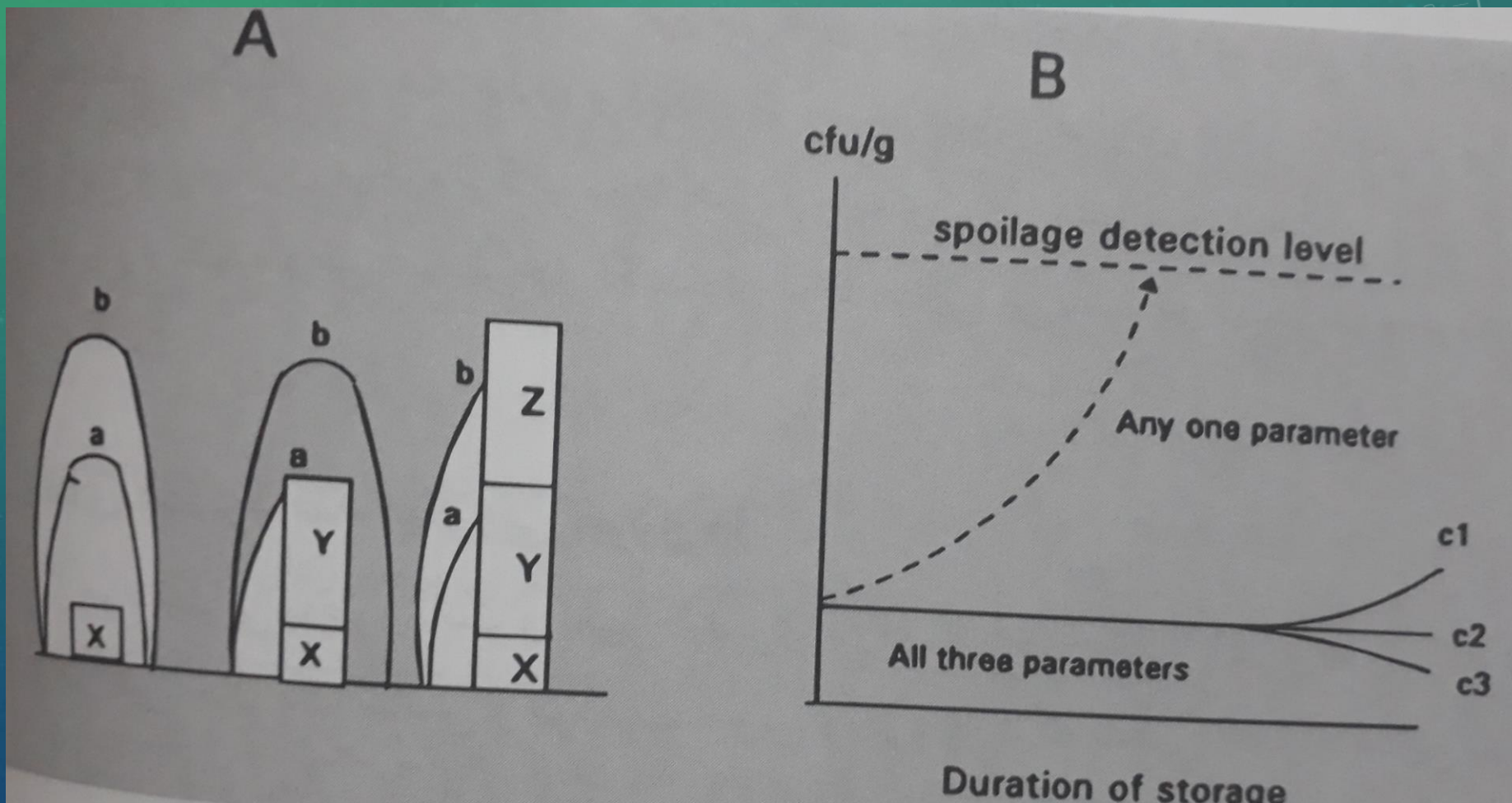


مکانیسم عمل هردل

- برهم زدن مکانیسم هموستازیس میکروارگانیزم.
- جلوگیری از تولید پروتئین های واکنش فشار
- استفاده هردل هایی که اثر سینرژستی باهم دارند.
- استفاده از میکروارگانسیم های رقابت کننده یا فلور رقابتی.

مهمترین عمل هردل برهم زدن هموستازیس میکروارگانیزم است.

اثر سینرژیستی نگهدارنده ها



پدیده هموستازیس

- تمایل پیوسته و دائمی میکروب ها به باقی نگهداشتن ثبات و تعادل محیط درونی خودشان را هموستاز می گویند .
- برای مثال اگر چه مقدار pH در مواد غذایی مختلف ممکن است کاملاً متغیر باشد ، میکروب های موجود در آنها تلاش می کنند تا مقدار pH درونی اشان را در محدوده بسیار کوچکی حفظ کنند.
- برای مثال در یک غذای اسیدی میکروب ها فعالانه در برابر فشار جریان پروتون های غیرفعال پروتون هایی آزاد می سازند.

Homeostatic responses by microorganisms to various stress factors

Reduced nutrients	Nutrient scavenging; oligotrophy; 'stationary-phase response'; generation of 'viable nonculturable' forms
Low-pH level	Extrusion of protons across the cell membrane; maintenance of cytoplasmic pH; maintenance of transmembrane pH gradient
Low temperature for growth	'Cold shock' response; changes in membrane lipids to maintain satisfactory fluidity
High temperature for growth	'Heat shock' response; membrane lipid changes
High levels of oxygen	Enzymic protection (catalase, peroxidase, superoxide dismutase) from H_2O_2 and oxygen-derived free radicals
Presence of biocides	Phenotypic adaptation; reduction in cell wall-membrane permeability
Ionizing radiation	Repair of single-strand breaks in DNA
High voltage electric discharge	Lower electrical conductivity of the spore protoplast
Competition from other microorganisms	Formation of interacting communities; aggregates of cells showing some degree of symbiosis; biofilms

Alakomi, H., Skytta, E., Helander, I., Ahvenainen, R., 2002. The hurdle concept. Chapter 7. In: Ohlsson, T., Bengtsson, N. (Eds.), Minimal Processing Technologies in the Food Industry. CRC Press LLC, New York, pp. 175-195.

اسیدی کردن

- در حالیکه اسیدی کردن ممکن است به راحتی جلوی رشد میکروارگانیسم های حساس اسید را بگیرد، در عین حال می تواند سرعت رشد اغلب گونه های تحمل کننده شرایط اسید را کم کند.
- این موضوع می تواند به این علت رخ دهد که اگر چه اسیدیته داخلی میکروارگانیسم ها در اغلب مواد غذایی به طور معمول یک یا دو واحد بالاتر از محیط اطرافشان می باشد، اما خروج و نشت پروتونها از غشاء سلولی به سیتوپلاسم با کاهش pH محیط، بیشتر و بیشتر می گردد.
- واکنش و پاسخ هموستازی عمده برای این هجوم پروتونها، خروج وابسته به انرژی آنها می باشد که به گونه ای عمل کرده که pH سیتوپلاسمی را از pH محیط اطراف بیشتر و تقریباً ثابت نگه می دارد و حفظ می کند.
- همچنانکه pH کاهش می یابد، نیاز انرژی برای خروج پروتون افزایش یافته که در نهایت برای دیگر فعالیت های سلولی که می توان به تولید توده سلولی اشاره کرد کمتر در دسترس می باشد.
- هنگامی که ظرفیت سلولی برای تولید انرژی به گونه ای بوده که خروج خالص پروتون را دیگر نتواند جلوگیری کند، pH سیتوپلاسمی کاهش یافته، رشد متوقف شده و در بعضی موارد سلول ها از بین خواهند رفت.
- هر هر دل دیگری که باعث کاهش کارایی انرژی سلولی گردد اینگونه تصور شده که در نهایت به طور سودمندی اثر pH کاهش یافته را تقویت کرده و این موضوع اساس و پایه تکنولوژی هر دل شناخته شده را تشکیل می دهد

اسیدی کردن

- به عنوان قسمتی از یک «واکنش تنش» عمومی، بسیاری از میکروارگانیسم ها قادر بوده که در pH کاهش یافته به گونه ای عمل کرده که باعث افزایش تحمل اسیدی آنها گردد.
- به عنوان مثال، میکروارگانیسم هایی که در معرض شرایط اسیدی ملایم که برای جلوگیری کامل از رشد آنها ناکافی می باشد قرار می گیرند، قادر هستند که در مقادیر pH رشد کرده وزنده بمانند که در غیر این صورت مرگ حتمی می باشد.
- این واکنش از جهت پتانسیلی برای رشد میکروارگانیسم های مولد فساد در مواد غذایی که pH یک هردل کلیدی و اساسی می باشد و همچنین از جهت پتانسیلی برای بقاء پاتوژن ها مهم
- می باشد. سالمونلاهایی که با شرایط اسیدی انطباق حاصل کرده اند و سازگار نسبت به سالمونلاهای غیر سازگار شده به مدت زمان بیشتری در پنیر زنده باقی می مانند.
- سازگاری و انطباق مشابه ای در اشرشیا کلی، سالمونلا، لیستریا مونوسیتوژنز و آئروموناس هیدروفیلا ثابت شده است.
- مسمومیت غذایی از بقاء سالمونلاها در شراب سیب و در آب میوه پرتقال و همچنین از اشرشیا کلی O:157 H:7 در آب میوه و شراب سیب ایجاد شده است.

اسیدی کردن

- یک تأثیر مهم دیگر pH کم علاوه بر کاهش میزان رشد، کاهش احتمال اینکه یک میکروارگانیسم خاص شروع به رشد کند، می باشد که این می تواند در نگهداری بعضی از مواد غذایی بخصوص آنهایی که دارای شمارش میکروبی اولیه کم هستند یا آنهایی که حرارت دیده و در نتیجه حاوی تنها تعداد اندکی از ارگانیسم های تولید کننده اسپور پس از فراوری هستند مهم باشد.
- Montville در سال ۱۹۸۴ یک مورد و مثال مهم را با استفاده از اسپورهای کلستریدیوم بوتولینوم نوع A ارائه داد که احتمال رشد اسپورهای تنزل یافته از حدود ۱۰۰٪ در مقادیر pH حدود ۷ تا مقدار اندک ۰/۰۰۱٪ در pH ۵/۵ بوده است.
- هردل های اضافی نظیر کاهش در فعالیت آبی از طریق افزودن نمک که اینگونه احتمالات رشد را حتی بیشتر کاهش می دهد، بطور بالقوه خیلی سودمند بوده و یک قسمت مهم در بعضی از غذاهایی که به طور مؤثر با تکنولوژی هردل نگهداری شده اند، بوده است.

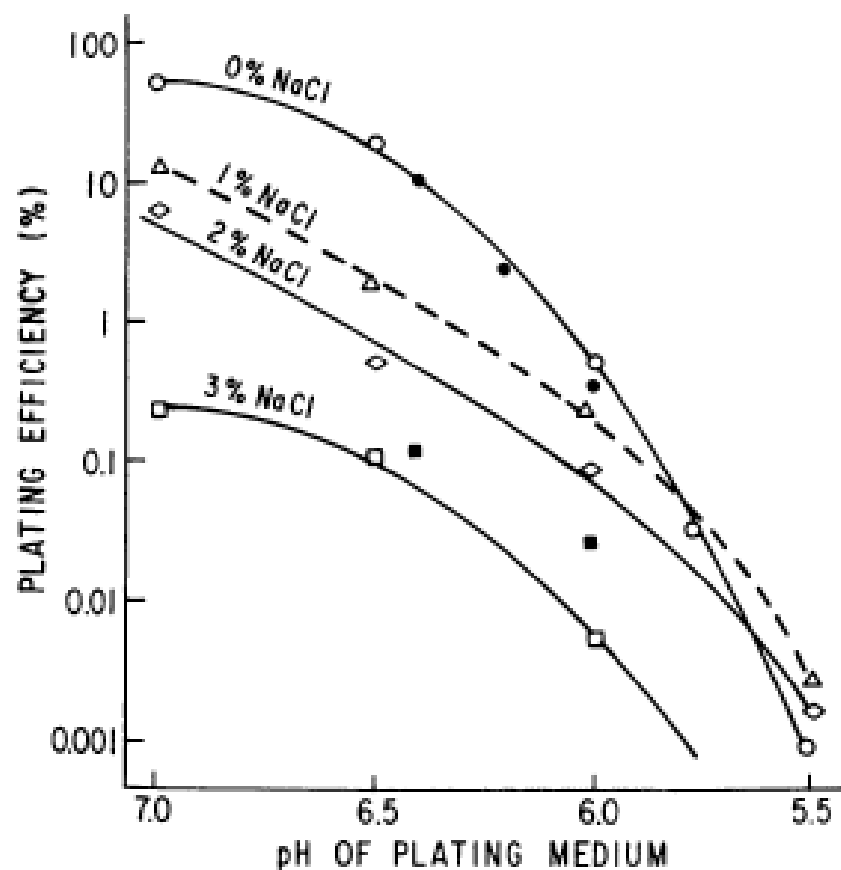


Figure 3-2 Probability of growth from spores of *Clostridium botulinum* as affected by pH and salt concentration. (From T.J. Montville, Quantitation of pH- and salt-tolerant subpopulations from *Clostridium botulinum*. © 1984 *Applied and Environmental Microbiology*, 47, 28-30.)

تخلیه انرژی متابولیکی

- تخلیه انرژی متابولیکی یک پدیده با اهمیت عملی، تخلیه انرژی متابولیکی میکروارگانیسم ها می باشد که می منجر به یک استریلیزاسیون خود به خودی (Auto sterilization) غذا گردد
- این امر اولین بار بررسی های انجام شده با سوسپس های جگر "پاته" به طور ملایم حرارت دیده (دمای مرکزی، 95°) و کنسرو شده مشاهده گردید که نمونه هایی با فعالیت های آبی متفاوت از طریق افزودن نمک، چربی و شیر خشک تنظیم گردید.
- تمامی نمونه ها با اسپورهای کلستریدیوم اسپوروژنز تلقیح گردید و در دمای 37° نگهداری شد.
- اگر تنها ۱۷ اسپور در هر گرم در تیمار حرارتی زنده بماند، نمونه ها با یک فعالیت آبی ۰/۹۶۱ یا کمتر پایدار هستند اما با ۲۲/۰۰۰ اسپور زنده در هر گرم، نمونه های پایدار نیازمند یک فعالیت آبی ۰/۹۴۲ یا کمتر می باشند .
- اسپورهای کلستریدیومی که در تیمار حرارتی زنده مانده اند، در محصول در طی نگهداری از بین می روند به شرط آنکه نمونه ها از نظر میکروبی پایدار باشند.

تخلیه انرژی متابولیکی

- یک مثال در خصوص مارتادلای ایتالیایی که با اسپورهای کلستریدیوم اسپروژنس و کلستریدیوم بوتولینوم تلقیح شده اند، ارائه شده است.
- همچنانکه نگهداری تداوم می یابد، اسپورها به آرامی در معرض جوانه زنی قرار می گیرند اما تحت شرایطی به میزانی بوده که باعث شده اسپورهای جوانه زده از تنظیم فشار اسمزی که باعث شروع رشد رویشی می گردد جلوگیری شوند.
- نتیجه این بوده که تخلیه انرژی متابولیکی به زودی منجر به مرگ اسپورهای جوانه زده شده و بنابراین در نهایت منجر به استریلیزاسیون خود به خودی محصول بخصوص مواد غذایی که سرماسازی نشده اند می گردد (Leisner, 1985)
- بنابراین وضعیت میکروبی یک چنین مواد غذایی در طول نگهداری بهبود می یابد.
- در مواد غذایی که دارای فعالیت آبی خیلی کمتر هستند نظیر مواد غذایی با رطوبت اندک، فعالیت آبی آنقدر کم می باشد که اگر اسپورها تنها آلودگی باشند باعث جلوگیری از جوانه زنی آنها شده و یا اینکه اگر سلول های رویشی وجود داشته باشند، از شروع تنظیم فشار اسمزی جلوگیری به عمل می آید و در نتیجه تخلیه انرژی متابولیک رخ نمی دهد و بقاء آلودگی های میکروبی به طور جدی افزایش می یابد.



تخلیه انرژی متابولیکی

- محققان آمریکای لاتین در بررسی های محصولات میوه با رطوبت بالا تخلیه انرژی متابولیک را مشاهده کردند که در واقع با توجه به اینکه هر دل های به کار رفته (aw, pH ، سوربات، سولفیت) اجازه رشد را نمی دادند به همین خاطر شمارش یک تعدادی از باکتری ها، مخمرها و کپکها که در تیمار حرارتی ملایم زنده باقی مانده اند در این محصولات در طی نگهداری در دماهای غیرسرد خیلی سریع کاهش یافت.
- بنابراین، این میوه های نگهداری شده در طی نگهداری به طور خود به خود استریل می گردند



تخلیه انرژی متابولیکی

- سالامی کوچک (Small Salami-Mini Salami) یک محصول گوشتی متداول و یک غذای تفریحی در آلمان برای سالیان زیاد می باشد. این نوع سوسیس تخمیری دارای یک فعالیت آبی کمتر از ۰/۸۲۴ و ماندگاری هفت ماهه در دمای محیط می باشد به شرط آنکه در خلاء و یا با گاز نیتروژن که باعث خروج اکسیژن و جلوگیری از تند شدن و رشد کپک ها می شود نگهداری گردد
- در آلمان، سالامی کوچک، هرگز باعث مسمومیت غذایی نشده است اما در دیگر کشورها این محصول باعث ایجاد سالمونلوزیس گردیده است.
- دلیل این حقیقت شگفت آور احتمالا این می باشد که سالامی کوچک در آلمان همیشه در دمای اتاق نگهداری می شود در حالی که بعضی از کشورهای وارد کننده متأسفانه این محصول را تحت سرما نگهداری می کنند.



تخلیه انرژی متابولیکی



- به منظور اطمینان از تخلیه انرژی متابولیک سالمونلاها و دیگر پاتوژن ها (نظیر سویه های اشرشیاکلی O:157H:7 که ممکن است به سلامی های کوچک دستیابی پیدا کنند، بعضی کارخانجات آلمان در حال حاضر محصولاتشان را قبل از انتقال به دیگر کشورها به وسیله نگهداری آنها برای ۱۰ روز در ۲۵° مشروط می کنند.
- پاتوژن های گرم منفی که از فرایند تخمیر سلامی های کوچک زنده باقی مانده اند اگر محصولات در دمای محیطی نگهداری گردند به سرعت از بین می روند و اگر محصولات تحت شرایط سرماسازی شده نگهداری گردند آنها به مدت زمان طولانی تر زنده می مانند و احتمالاً باعث بیماری های غذایی می گردند .
- در عین حال به خوبی شناخته شده است که سالمونلاها در مایونز در دماهای سرد نسبت به دماهای محیطی بهتر زنده می ماند.

واکنش های تنش

STRESS REACTIONS

- RpoS (فاکتور سیگمای فاز سکون) عامل واکنش کلی (Global Response)
- زیر واحد RNA پلی مرز
- بیش از ۲۰ ژن به وسیله RpoS تنظیم میگردند.
- مقاومت میکروبی
- افزایش بیماری زایی میکروبهای پاتوژن
- پروتئین های شوک حرارتی (چاپرونین ها)

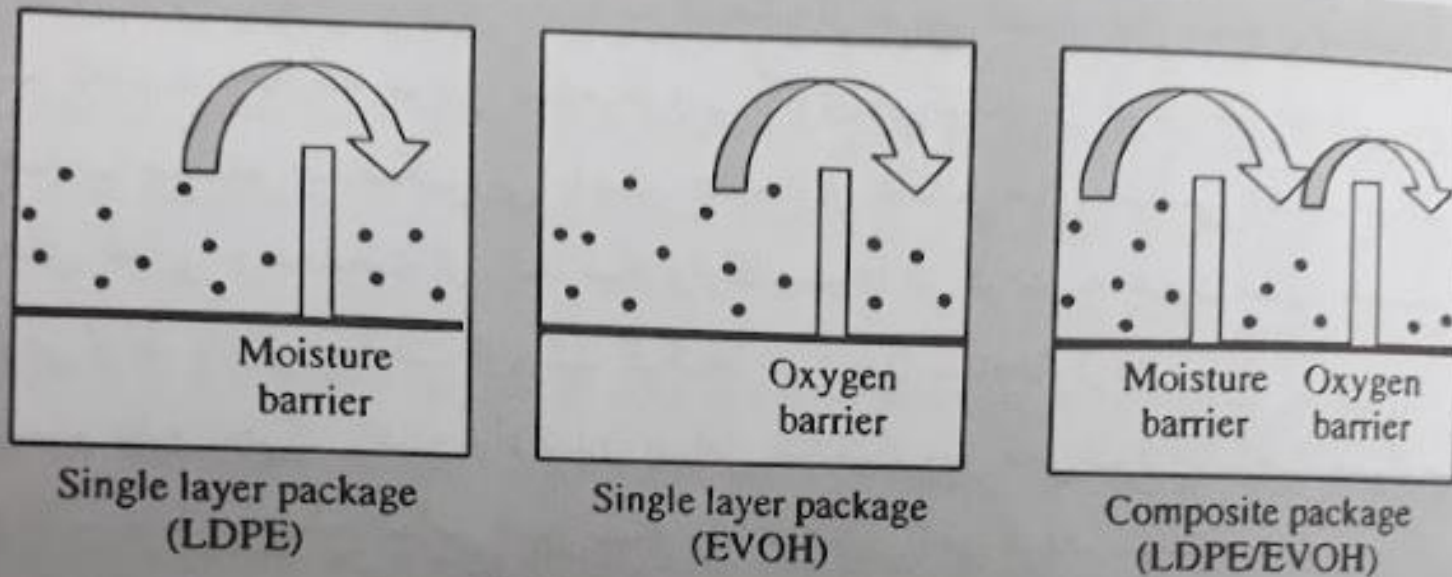
مثالهای عملی از واکنش های تنش

- حضور پراکسید هیدروژن یا غلظت های بالای اکسیژن در اشیریشیا کلای
- واکنش به شرایط بی هوازی در مخمرها
- واکنش کاندیدا آلیکنس به غلظت های بالای الکل
- آمینواسید دکربوکسیلاز تحریک شده در ای کلای وسالمونلا ومقاومت در برابر اسید معده

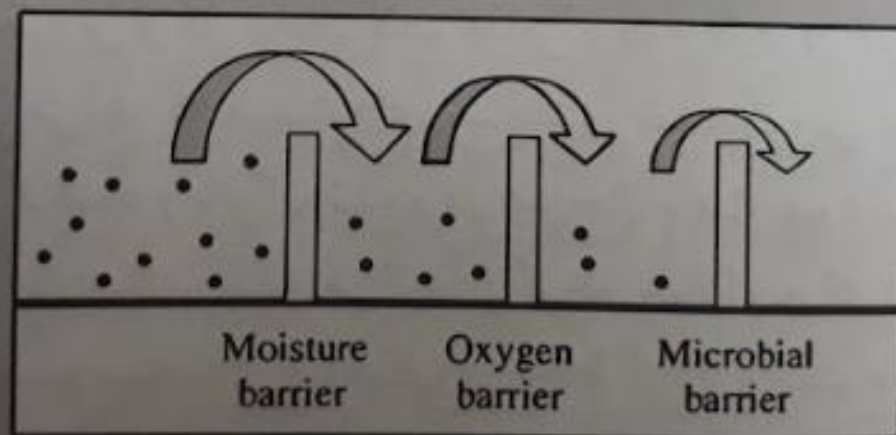
هردل بسته بندی ضد میکروبی

- بسته بندی ضد میکروبی مواد غذایی بسته بندی ضد میکروبی یکی از انواع زیاد کاربردهای بسته بندی فعال می باشد
- بسته بندی فعال سیستم بسته بندی می باشد که دارای خصوصیات فراتر از خصوصیات ممانعت کنندگی بوده و با افزودن ترکیبات و اجزاء سازنده فعال در سیستم بسته بندی و یا با استفاده از پلیمرهایی با عملکرد و کارکرد فعال حاصل می گردد .
- بسته بندی ضد- میکروبی سیستم بسته بندی می باشد که قادر به از بین بردن یا ممانعت از میکروارگانیسم های مولد فساد و پاتوژن که آلوده کننده مواد غذایی هستند، می گردد.
- عملکرد ضد میکروبی جدید می تواند با افزودن عوامل ضد میکروبی در سیستم بسته بندی و یا با استفاده از پلیمرهای ضد میکروبی که باعث برآورده کردن نیازهای بسته بندی معمول می گردد، حاصل گردد.
- هنگامی که سیستم بسته بندی فعالیت ضد میکروبی را کسب می کند، سیستم (یا مواد) بسته بندی باعث محدود کردن و یا ممانعت از رشد میکروبی از طریق گسترش زمان تأخیر در منحنی رشد و کاهش سرعت رشد یا کاهش شمارش زنده میکروارگانیسم ها می گردد.
- در مقایسه با اهداف بسته بندی معمول مواد غذایی که شامل گسترش ماندگاری، حفظ کیفیت، اطمینان از ایمنی که از طریق روش های مختلف بدست می آید، می باشد، بسته بندی ضد میکروبی به طور خاص در جهت کنترل میکروارگانیسم ها طراحی گردیده است.

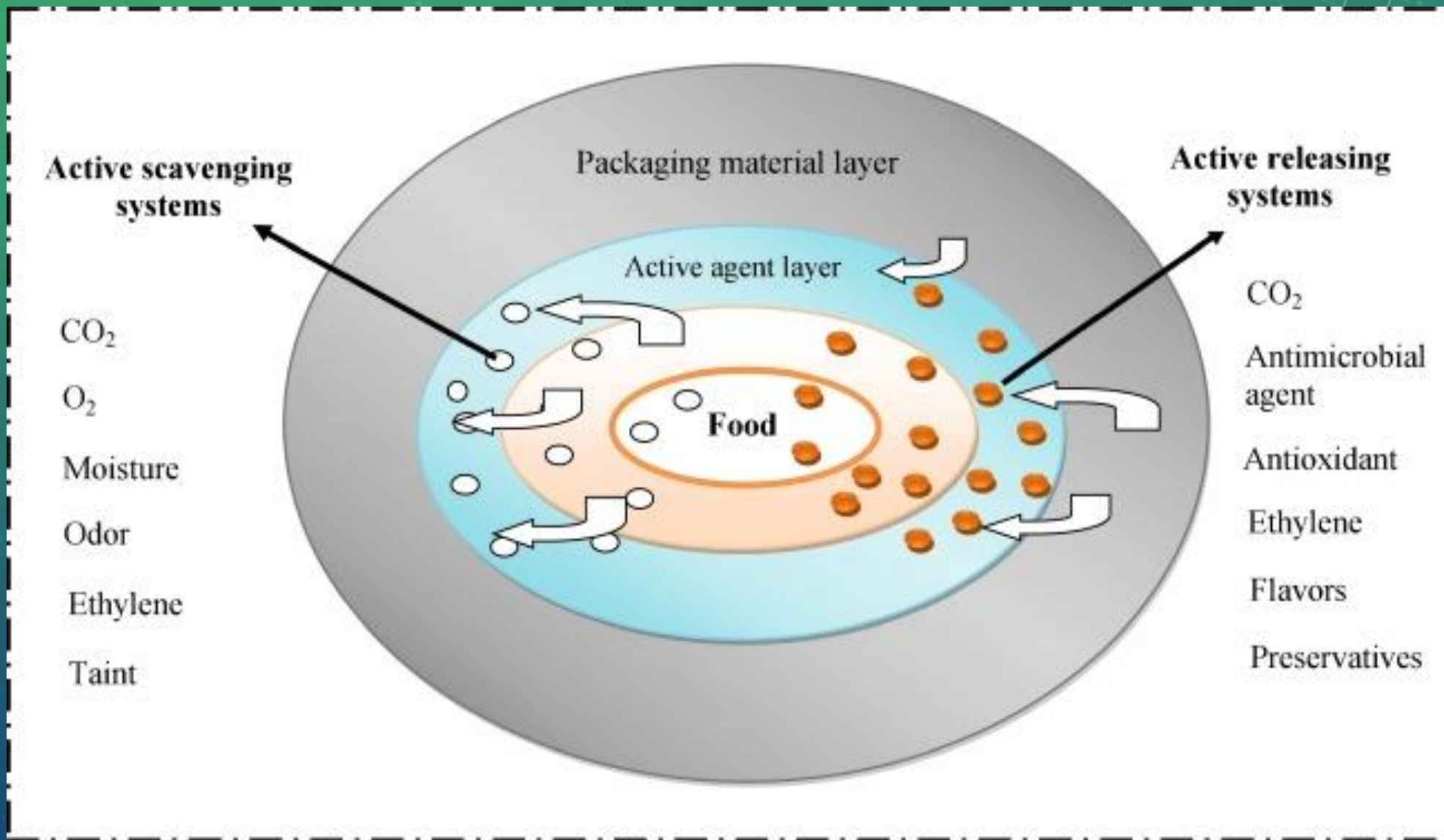
- اگر چه بعضی از محصولات غذایی ممکن است حساس به فساد یا آلودگی میکروبی نباشند و در نتیجه نیازی به سیستم بسته بندی ضد میکروبی نداشته باشند، اما اغلب مواد غذایی فسادپذیر بوده و در عین حال اغلب وسایل بهداشتی و پزشکی حساس به آلودگی هستند.
- در نتیجه اهداف اولیه یک سیستم ضد میکروبی اطمینان از ایمنی، حفظ کیفیت، گسترش ماندگاری می باشند که به ترتیب عکس اهداف اولیه برای سیستم های بسته بندی معمول می باشد.
- امروزه امنیت غذایی یک جنبه مهم تلقی می گردد و بسته بندی ضد میکروبی می تواند یک نقش مهم را در آن خصوص بازی کند
- همه عوامل ضد میکروبی دارای فعالیت های متفاوتی هستند که به صور مختلفی بر روی میکروارگانیسم ها تأثیر گذار هستند.
- شیوه های نگهداری سنتی گاهی اوقات شامل مفاهیم بنیادی ضد میکروبی بوده است که شامل پوشش های محصول گوشتی عمل آوری شده ، دارای نمک و دود داده شده و یا بشکه ای از جنس سفال با چوب بلوط برای تخمیر و موارد دیگر بوده است.
- اصول اساسی این روش های سنتی نگهداری و بسته بندی ضد میکروبی، تکنولوژی هردل می باشد.



(A) Conventional packaging system



(B) Antimicrobial packaging system



- عملکرد ضد میکروبی در سیستم بسته بندی، هردل دیگری در جهت جلوگیری از فساد کن مواد غذای بسته بندی شده می باشد، اگر چه در سیستم بسته بندی ضد میکروبی عملکردهای معمول نظیر ممانعت کنندگی در برابر رطوبت و اکسیژن و نیز حفاظت فیزیکی لحاظ گردیده است، هردل میکروبی به عنوان عملکرد محافظت کنندگی در برابر صدمه فیزیکی نمی باشد اما این هر دل دارای محافظت خیلی خوب در برابر میکروارگانیسم ها می باشد که از طریق مواد بسته بندی معمول با خصوصیات ممانعت کنندگی در برابر اکسیژن و رطوبت هرگز حاصل نمی گردد.
- عملکردهای ضد میکروبی که با افزودن عوامل ضد میکروبی در سیستم بسته بندی و یا با استفاده از مواد پلیمری ضد میکروبی می باشد عموماً دارای سه نوع شیوه هستند:
- ۱. آزاد سازی؛ ۲. جذب و ۳. بی تحرک کردن.
- درنوع آزاد سازی امکان مهاجرت عوامل ضد میکروبی به داخل مواد غذایی یا فضای خالی میکروارگانیسم ها می گردد.
- عوامل ضد میکروبی می تواند به صورت یک ماده حل شونده یا یک گاز باشد.
- البته عوامل ضد میکروبی به صورت ماده حل شونده نمی توانند به عنوان مثال از طریق هر فضای بین بسته بندی و محصول غذایی مهاجرت کنند.
- شیوه جذب سیستم ضد میکروبی باعث جداسازی فاکتورهای اساسی رشد میکروبی از سیستم های غذایی و ممانعت از رشد میکروارگانیسم ها می گردد.
- به عنوان مثال، سیستم جذب اکسیژن می تواند باعث ممانعت از رشد کپک ها در درون بسته ها گردد.

- سیستم عدم تحرک باعث آزاد شدن عوامل ضد میکروبی نمی شود اما باعث سرکوب رشد میکروارگانیسم ها در سطح تماس (بین بسته و ماده غذایی می گردد).
- سیستم مذکور ممکن است در مورد مواد غذایی جامد در مقایسه با انواع مایع کمتر مؤثر باشد چرا که احتمال کمتری برای تماس بین بسته ضد میکروبی و کل محصولات غذایی وجود دارد.
- در این قسمت ذکر این نکته مجددا ضروری به نظر می آید که سیستم های بسته بندی ضد میکروبی باعث ممانعت از رشد میکروارگانیسم های مولد فساد و پاتوژن شده و در عین حال باعث بهبود ایمنی غذایی و گسترش ماندگاری ماده غذایی بسته بندی شده می گردد.
- اگرچه همانگونه که اشاره شد، بسیاری از فاکتورها در طراحی سیستم بسته بندی ضد میکروبی لحاظ گردیده است اما اغلب فاکتورها به طور نزدیکی در ارتباط با خصوصیات و ویژگی های عوامل ضد میکروبی، غذاهای بسته بندی شده و میکروارگانیسم های هدف می باشند.

میکروبیولوژی پیش بینانه

Predictive Microbiology

- مفهوم میکروبیولوژی پیش بینانه این می باشد که یک واکنش دقیق و جزئی از واکنش های میکروبی به شرایط محیطی، ما را قادر می سازد که به ارزیابی هدفمند اثر عملیات فراوری توزیع و نگهداری بر روی ایمنی میکروبی و کیفیت مواد غذایی بپردازیم.
- میکروبیولوژی پیش بینانه شامل جمع آوری اطلاعات براساس رفتار میکروبی در مواد غذایی و اعمال آنها در مدل های ریاضی می باشد.
- کاربرد این دانش از طریق ابزار و وسایلی می باشد که اطلاعات را با شرایط محیطی میکروارگانیسم ها هماهنگ و سپس حفظ می کند.
- از میکروبیولوژی پیش بینانه می توان در جهت تخمین ماندگاری و ایمنی مواد غذایی قدیمی و سنتی به عنوان یک روش سریع استفاده نمود.
- در قدیم، میکروبیولوژیست های مواد غذایی، ماندگاری و طول عمر میکروبی مواد غذایی را از طریق استفاده از قضاوت تخصصی انجام می دادند.
- استفاده از مدل های پیش بینی برای مواد غذایی جدید نمی باشد و فراوری حرارتی ایمن برای بسیاری از مواد غذایی کنسرو شده بر اساس مدل های فعالسازی میکروبی بوده که بیش از هفتاد سال توسعه و گسترش یافته است.
- علاوه بر این، در طی پانزده سال گذشته، علاقه مندی زیاد در توسعه و گسترش مدل هایی بوده که برای رشد میکروبی و غیر فعالسازی غیر حرارتی هستند.

میکروبیولوژی پیش بینانه

Predictive Microbiology

- مدل های پیش بینانه برای رشد میکروبی می تواند به دو دسته اصلی تقسیم شود. آنهایی که احتمال وقوع یک رویداد را پیش بینی می کنند (مدل های احتمالی) و آنهایی که تغییر در تعداد میکروب ها را پیش بینی می کنند (مدل های سینتیک).
- در بعضی شرایط مدل های احتمالی خیلی توانا و قدرتمند هستند که به عنوان مثال می توان به استفاده آنها در پیش بینی احتمال رشد کلستریدیوم بوتولینوم در محصولات گوشتی عمل آوری شده اشاره نمود.
- مدل های سینتیک غالبا بر خلاف مدل های احتمالی که اطلاعاتی در مورد سرعت وقوع تغییرات را ارائه نمی دهند، تنها توانایی رشد را نشان نمی دهند بلکه در عین حال در بر گیرنده اطلاعاتی راجع به سرعت و گستره یا دامنه رشد که در یک دوره زمانی خاص اتفاق می افتد نیز می باشد.
- مهمترین مزیت مدل های پیش بینی، استفاده آنها در جهت پیش بینی سرنوشت میکروارگانیسم ها در شرایطی بوده که اختصاصا" در طی ایجاد مدل، مورد آزمون قرار گرفته است.

• بهترین مثال در ارتباط با میکروبیولوژی پیش بینانه مدل غیر فعالسازی تعداد زیادی از اسپورهای سویه های پروتئولیتیک کلستریدیوم بوتولینوم می باشد که باعث ایجاد اصولی برای فراوری حرارتی این مواد غذایی کنسرو شده با اسید کم می باشد. این مدل بر اساس داده ها و اطلاعاتی بوده که از حدود یک قرن گذشته بدست آمده است

• در مدل های مؤثر و سودمند از نظر علمی در گذشته، مدل های غیر فعالسازی بوده است که می توان به عنوان مثال به مدل هایی که در ارتباط با فرایندهای حرارت، تابش، پاستوریزاسیون و ضد عفونی با مواد شیمیایی هستند اشاره نمود.

• تنها در دهه اخیر بوده که مدل هایی توسعه و گسترش یافتند که در ارتباط با رشد میکروارگانیسم ها در مواد غذایی بودند.

• مدل های رشد اولین بار به منظور بهبود آنالیز خطر و نقاط کنترل بحرانی و همچنین ارزیابی ریسک بوده است که باعث اطمینان از ایمنی مواد غذایی شده که در نهایت هدف آن میکروارگانیسم های مولد فساد در مواد غذایی هستند.

انواع هرذل های مدل سازی

۱- مدل سینتیک :

- این مدل ها قادر هستند که پارامترهای رشد میکروارگانیسم ها را نظیر سرعت رشد، فاز تأخیری و زمان مورد نیاز برای رسیدن به یک افزایش در تعداد را پیش بینی نماید.
- مدل های سینتیکی زمان بر هستند و در نتیجه معمولا اثرات سه فاکتور (معمولا دما ، اسیدیته و نمک یا قند) را در سرعت های رشد میکروبی ارزیابی می کنند.
- اگرچه غالبا یک فاکتور چهارم (نظیر نیتريت یا CO) را نیز شامل می باشند.
- این مدلها می توانند، برای وضعیت هایی که بعضی از رشدهای میکروبی (نظیر آنچه که مربوط به ارگانیسم مولد فساد است) قابل قبول بوده اما در عین حال سرعت رشد نیز مهم می باشد، به کار روند.

انواع هرذل های مدل سازی

۲- مدل های زمان - رشد:

- این مدل ها بر اساس زمانی که برای میکروارگانیسم های خاصی در جهت رشد و تولید کدورت در محیط کشت رشد و یا در مورد کلستریدیوم بوتولینوم برای تولید سم مورد نیاز می باشد، قرار دارد.
- آنها سرعت رشد ویژه میکروارگانیسم ها را اندازه گیری نمی کنند اما می توانند یک نشانه ای از مدت زمان فاز تأخیری و شروع رشد را ارائه دهند.
- این مدل ها در مورد پاتوژن هایی نظیر کلستریدیوم بوتولینوم و در جایی که انتهای فاز تأخیری و شروع رشد برای هر فرمولاسیون غذایی قابل قبول نمی باشد، مفید و سودمند هستند.
- اینگونه مدل ها برای راه اندازی به طور آزمایشی ساده تر بوده و در نتیجه می توانند فاکتورهای بیشتری را در مقایسه با مدل های رشد سینیتکی ارزیابی کنند

انواع هردل های مدل سازی

- **۳- مدل های غیر فعال سازی:**
- این مدل ها براساس سینتیک مرگ یا غیر فعال شدن میکروارگانیسم ها که تحت تأثیر حرارت در ترکیب با دیگر عوامل است، می باشند.
- این مدل ها امکان پیش بینی در جهت کاهش احتمالی در تعداد میکروارگانیسم ها را تحت شرایط مختلف فرایند می دهند.
- اخیرا غیرفعال شدن به علت تابش در بعضی از سیستم های مدل سازی به کار رفته است.
- **۴- مدل های بقاء:**
- همانگونه که از نام آن بر می آید، این مدل ها در جهت پیش بینی توانایی میکروارگانیسم ها در زنده ماندن و بقاء تحت شرایط بد محیطی به کار می روند.
- آنها خصوصا برای میکروارگانیسم هایی نظیر سالمونلا یا اشرشیا کلی $O:157H:7$ که دارای **دوز عفونی** اندکی هستند، به کار می رود.
- برای این ارگانیسم ها، توانایی در جهت بقاء در طی نگهداری ماده غذایی ممکن است از اینکه رشد رخ دهد یا نه، مهمتر باشد چرا که حضور یک تعداد اندکی از سلول ها می تواند باعث بیماری گردد.

موارد استفاده از مدل ها و سیستم مدل سازی در صنعت غذا

- توسعه محصول (طراحی و تغییر فرمولاسیون)
- طراحی فرایند (D value , Z value)
- تخمین ماندگاری میکروبی
- تنظیم خصوصیات و ویژگی های میکروبی استاندارد
- کاهش انحراف در فرایند
- HACCP PLAN
- ارزیابی ریسک
- نمایه کمی و کیفی دما-زمان
- تکنولوژی با حداقل فراوری (Minimal Processing)
- تربیت و آموزش!!!!



مطالعات انجام شده

Karthikeyan et al., 2000

- غذای مخصوص تهیه شده از گوشت چرخ کرده بز (کیما) تحت مواع a_w ، pH، بسته بندی تحت خلا، تیمار حرارتی و مواد نگهدارنده قرار گرفت.
- افزایش عمر ماندگاری تا ۵ روز در دمای محیط شد که ماندگاری نمونه شاهد ۱ روز بود

Table 5
Effect of hurdle treatment on microbiological qualities of chevon keema^a

Treatment	Storage period (days)				Overall mean
	0	3	5	7	
<i>Aerobic plate count (log cfu/g)</i>					
Untreated keema	2.14 ± 0.14	3.88 ± 0.09	6.99 ± 0.01	—	4.33 ± 0.66 ¹
Treated keema	1.79 ± 0.33	2.02 ± 0.30	3.13 ± 0.01	5.74 ± 0.04	3.17 ± 0.42 ²
Day's mean	1.96 ± 0.18a	2.95 ± 0.37b	5.06 ± 0.73c	5.74 ± 0.04d	
<i>Anaerobic plate count (log cfu/g)</i>					
Untreated keema	3.81 ± 0.07	6.08 ± 0.24	7.94 ± 0.02	—	5.94 ± 0.67 ¹
Treated keema	2.19 ± 0.40	3.07 ± 0.03	4.65 ± 0.03	6.86 ± 0.06	4.19 ± 0.47 ²
Day's mean	3.00 ± 0.36a	4.57 ± 0.58b	6.29 ± 0.62c	6.86 ± 0.06c	
<i>Staphylococcus aureus count (log cfu/g)</i>					
Untreated keema	2.16 ± 0.39	2.24 ± 0.08	3.49 ± 0.09	—	2.63 ± 0.27 ¹
Treated keema	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.56 ± 0.19	3.04 ± 0.06	1.65 ± 0.22 ²
Day's mean	1.58 ± 0.29a	1.62 ± 0.24b	2.53 ± 0.38b	3.04 ± 0.06c	

^a Means bearing same letters rowwise or superscript numbers columnwise are not significant. – = Not analysed.

مطالعات انجام شده



Gunathilake, 2006

- اضافه کردن ۳٪ NaCl و ۰/۳٪ اسید سیتریک بر روی اسلایس های نارگیل
- افزایش عمر مفید اسلایس های نارگیل به ۱ ماه در دمای محیط و ۳ ماه در یخچال

Table 2: Characteristics of treated fresh coconut during ambient (30+2°C) and refrigerated (5+2°C) storage

Storage	Storage period (months)	FFA (% of oleate)	TBA (mg malanaldehyde/kg)	Colour		Sensory evaluation (overall acceptability)	Total plate count (cfu/g)
				b	L		
Ambient	0	0.31	0.34	7.26	73.12	8.5 + 0.5	2.5x10 ¹
	1	0.34	0.53	6.57	74.61	7.6 + 0.6	2.3x10 ¹
	2	0.72	0.67	6.30	75.10	5.2 + 0.4	2.5x10 ¹
	3	0.10	0.92	6.10	77.00	4.9 + 0.2	2.2x10 ¹
Refrigerated	1	0.35	0.36	7.27	73.12	8.0 + 0.5	2.5x10 ¹
	2	0.37	0.40	7.36	73.29	7.8 + 0.4	2.5x10 ¹
	3	0.39	0.40	7.50	73.44	7.5 + 0.2	2.4x10 ¹

مطالعات انجام شده

Saxena et al., 2009



- تیمار اسلایس های آناناس با آبگیری اسمزی، اشعه گاما و خشک کردن با مادون قرمز:
- کاهش بار میکروبی و افزایش عمر مفید تا ۴۰ روز

Table 3

Microbiological analysis of radiation treated intermediate moisture pineapple slices during storage at ambient temperature ($26 \pm 2^\circ\text{C}$).^a

Radiation dose (Gy)	Total bacterial count			Yeast and mould count			Staphylococcus spp.		
	Day 1	Day 20	Day 40	Day 1	Day 20	Day 40	Day 1	Day 20	Day 40
0	2.0	2.1	-	2.0	2.1	-	1.8	1.9	-
250	1.8	1.9	-	1.3	1.4	-	1.3	1.4	-
500	1.3	1.3	1.3	1.6	1.5	1.3	*	*	*
1000	*	*	*	*	*	*	*	*	*

* Symbol denotes non detectable microbial load and - symbol denotes visible mould growth.

^a The data were expressed as logarithm of colony forming unit (cfu)/g and represent the mean of at least 12 slices per treatment.

Table 2 Effect of hurdle treatment on microbiological counts (log cfu/g) of pork sausages during refrigerated storage ($4 \pm 1^\circ\text{C}$)

	Storage period, days					
	0	6	12	18	24	30*
Total plate count						
Control	4.23 ± 0.08^{a1}	4.4 ± 0.01^{a1}	4.6 ± 0.10^{a1}	5.3 ± 0.21^{b1}	6.1 ± 0.03^{a1}	SP
I	3.2 ± 0.03^{c2}	3.3 ± 0.02^{c2}	3.6 ± 0.01^{c2}	4.0 ± 0.04^{c2}	4.3 ± 0.06^{b2}	4.9 ± 0.03^{a1}
II	3.2 ± 0.03^{c2}	3.3 ± 0.01^{c2}	3.5 ± 0.06^{c2}	4.0 ± 0.04^{c2}	4.3 ± 0.02^{b2}	4.8 ± 0.06^{c2}
Psychrotropic count						
Control	ND	ND	2.6 ± 0.09^a	3.7 ± 0.05^b	4.6 ± 0.2^{a1}	SP
I	ND	ND	ND	ND	1.7 ± 0.0^2	2.2 ± 0.11
II	ND	ND	ND	ND	1.6 ± 0.1^2	2.1 ± 0.18
Coliform count						
Control	1.8 ± 0.06	1.4 ± 0.08	ND	ND	1.6 ± 0.13	SP
I	ND	ND	ND	1.4 ± 0.08	ND	1.6 ± 0.13
II	ND	ND	1.6 ± 0.05	ND	ND	1.4 ± 0.08
Total anaerobic count						
Control	2.3 ± 0.04^{a1}	2.3 ± 0.05^{a1}	2.6 ± 0.04^{a1}	3.1 ± 0.03^{b1}	3.2 ± 0.02^{a1}	SP
I	1.3 ± 0.13^{c2}	1.4 ± 0.08^{c2}	1.4 ± 0.13^{c2}	1.7 ± 0.17^{c2}	2.1 ± 0.05^{b2}	2.5 ± 0.06^a
II	1.3 ± 0.08^{c2}	1.4 ± 0.17^{c2}	1.5 ± 0.02^{c2}	1.7 ± 0.08^{c2}	2.1 ± 0.03^{b2}	2.6 ± 0.05^a
Lactobacillus count						
Control	1.8 ± 0.03^{b1}	1.8 ± 0.10^{b1}	1.8 ± 0.13^{b1}	1.9 ± 0.08^{a1}	1.9 ± 0.14^{a1}	SP
I	1.1 ± 0.02^{c2}	1.2 ± 0.13^{c2}	1.2 ± 0.18^{b2}	1.2 ± 0.05^{b2}	1.3 ± 0.02^{b2}	1.4 ± 0.03^a
II	1.1 ± 0.09^{c2}	1.1 ± 0.09^{c2}	1.2 ± 0.02^{b2}	1.2 ± 0.10^{b2}	1.3 ± 0.04^{b2}	1.4 ± 0.14^a
Staphylococcus aureus count						
Control	2.1 ± 0.03^c	2.1 ± 0.03^c	2.2 ± 0.03^c	2.2 ± 0.14^b	2.5 ± 0.15^{a1}	SP
I	ND	ND	ND	1.3 ± 0.25^c	1.7 ± 0.13^{b2}	1.9 ± 0.09^{a1}
II	ND	ND	ND	ND	1.4 ± 0.07^{b2}	1.8 ± 0.02^{c2}
Yeast and mold count						
Control	ND	1.4 ± 0.08^d	1.6 ± 0.14^c	1.8 ± 0.13^b	2.0 ± 0.12^a	SP
I	ND	ND	ND	1.3 ± 0.05^c	1.6 ± 0.13^b	1.7 ± 0.31^a
II	ND	ND	ND	ND	ND	ND

n=9; SP = Spoiled

Control = No hurdles. ND: Not detected, T I, T II: See Table 1.

Means with different superscripts (letters in the same row and numbers in the same column) indicate significant difference ($p < 0.05$)

*Data in the same column on day 30 was analyzed by paired t-test



- سوسیس تحت هردل های مختلف مثل pH، a_w ، بسته بندی تحت خلا و تیمار با محلول پتاسیم سورات قبل از بسته بندی قرار گرفت
- عدم رشد مخمر و کپک تا ۲۴ روز در یخچال (نمونه های شاهد تا ۱۸ روز سالم ماندند)

مطالعات انجام شده

Thippeswamy et al., 2011



- پنیر با استفاده از هردل های مختلف مانند pH، a_w ، نگهدارنده ها و بسته بندی اتمسفر اصلاح شده تولید شد
- ۱- افزایش عمر ماندگاری از ۱۰ روز به ۲۰ روز در یخچال
- ۲- کیفیت بهتری از محصول استریل شده حرارتی داشت

Table 5 Physico-chemical and microbiological characteristics of HT-paneer

Paneer type	Moisture, %	Fat, %	Protein, %	Ash, %	a_w	pH	SPC, $\log_{10}\text{cfu/g}$	YMC, $\log_{10}\text{cfu/g}$
Raw	52.5 ^a	23.4 ^a	21.0 ^a	1.6 ^a	0.994 ^a	5.5 ^a	5.3 ^a	2.4 ^a
D	52.0 ^b	23.0 ^b	20.5 ^b	3.5 ^b	0.970 ^b	5.1 ^b	3.1 ^a	2.0 ^b
D+MAP	51.5 ^c	23.0 ^b	21.0 ^a	3.5 ^b	0.970 ^b	5.1 ^b	2.3 ^c	Nil

D Diffused, *MAP* modified atmospheric packaging, *HT* Hurdle technology, *SPC* standard plate count, *YMC* yeast and mould counts ($n=3$).

Means with different superscripts in a column differ significantly at $p \leq 0.05$, ($n=3$)



مطالعات انجام شده

Sinha et. al., 2013

- ترکیبی از نمک (۰.۸٪)، اسید سیتریک، متابی سولفیت پتاسیم و بنزوات سدیم (هر کدام ۳۰۰ ppm) برای نگهداری گل کلم
- افزایش عمر مفید گل کلم را تا ۱۸۰ روز در دمای ۳۰ تا ۳۷ درجه سانتی گراد

Treatments with its Shelf life(in days)	YMC/gm	TPC(cfu/ml)	E. coli
P0/T1 -180	32.17*	20.14*	Nil
P0/T2 -180	32.17*	20.14*	- do -
P1/T1 -30	65	47.33	- do -
P1/T2 -60	51	31	- do -
P2/T1 -60	35.75	36.25	- do -
P2/T2 -90	26.8*	25*	- do -
P3/T1 -90	52	40.4	- do -
P3/T2 -120	47.5	25.5*	- do -
P4/T1 -180	23.14*	46.86	- do -
P4/T2 -180	8.43*	23.43*	- do -
P5/T1 -150	40.29	34.28	- do -
P5/T2 -180	17.71*	14.42*	- do -
P6/T1 -120	28.45*	27.33*	- do -
P6/T2 -150	26.5*	21.57*	- do -

YMC/gm-Yeast & mold count/gm; TPC (cfu/ml)-Total plate count (colony formation unit/ml); E. coli- Escherichia coli; All values are MEAN; *Significant values.

Table 2: Scores of microbial analysis (YMC, TPC & E. coli) of preserved cauliflower in different treatments with its shelf life.



مطالعات انجام شده

Sujatha, 2014

- ترکیب موانع آب گیری اسمزی، خشک کردن با مادون قرمز و دوز تابش ۱ kGy برای اسلایس های آناناس
- افزایش طول عمر مفید اسلایس های آناناس تا ۴ ماه در دمای محیط

Table 5: Effect of infra red drying, radiation and packing on sensory attributes of IM Pineapple stored at ambient temperature

TBC of IM Pineapple on storage (log cfu/gm)						TMC of IM Pineapple on storage (log cfu/gm)				
storage period	0day	1month	2month	3month	4month	0day	1month	2month	3month	4month
IR	nvc	1.06	1.25	2.02	discarded	nvc	1.02	1.8	1.9	discarded
IRR	nvc	nvc	nvc	nvc	nvc	nvc	nvc	nvc	Nvc	nvc

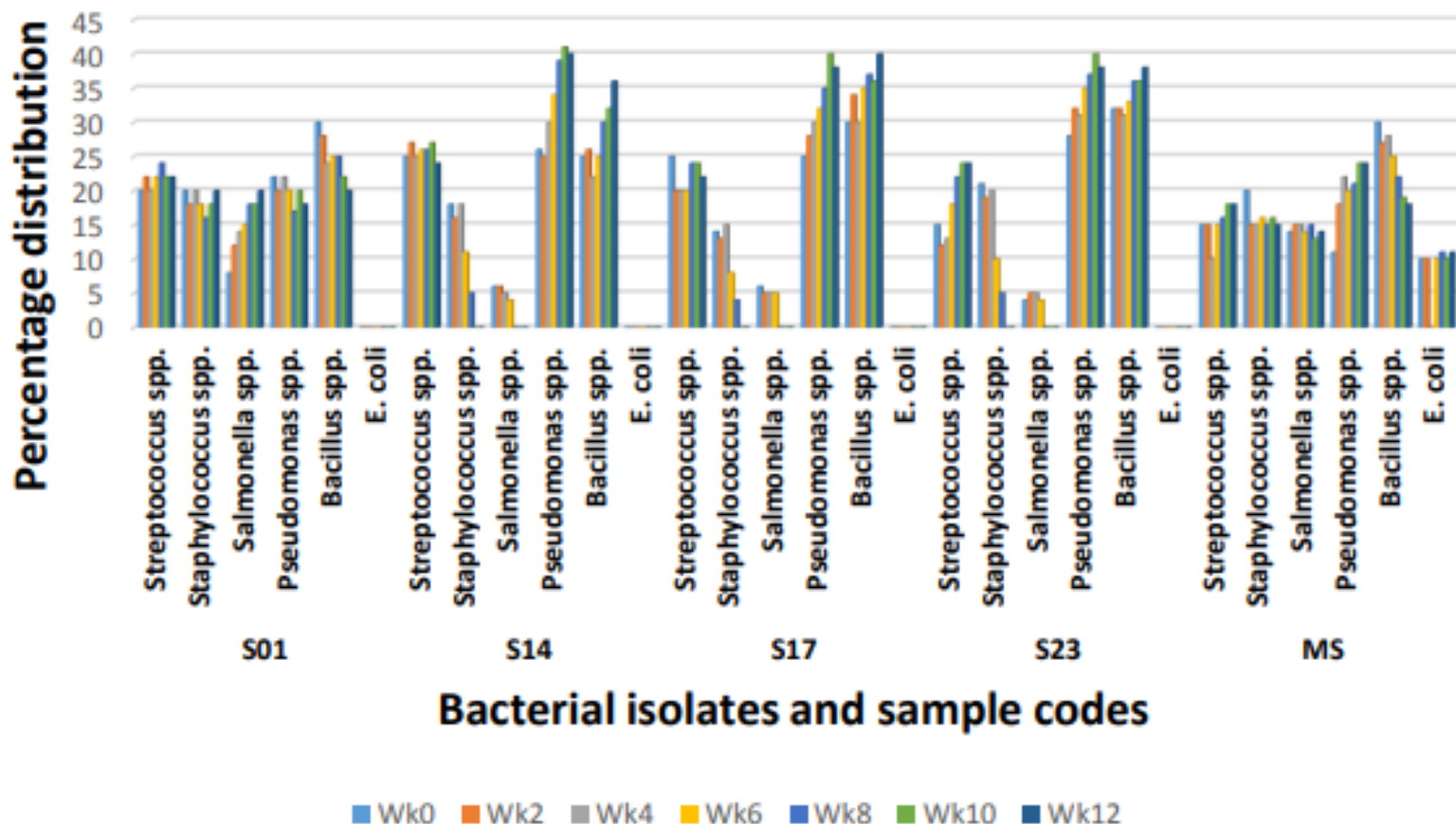
The data expressed as logarithm of colony forming unit (cfu/g) and represents the mean of three independent determinants

Note: TBC- Total bacterial count, TMC- Total Microbial count

IR-Infra red dried, IRR-Infra red dried radiated.

Abdullahi et al., 2016

- گوشت خشك شده تحت شرايط تركيبی از ۴٪ ساكارز، ۱٪ اسيد سيتريك، ۱٪ بنزوات سدیم و HDPE بعنوان بسته بندی قرار گرفت
- توقف رشد گونه های سالمونلا و استافیلوکوکوس در طول ذخيره سازی در دمای محیط



امکان استفاده وسیع تر از هردلها

• در حال حاضر، شاید این درست باشد که بگوییم، اغلب مواد غذایی نگهداری شده با هردل وابسته به ۲ یا ۳ فاکتور (هردل) ارزیابی می شوند.

• اما هیچ دلیل اساسی در جهت اینکه چرا این موضوع باید درست باشد وجود ندارد.

• تعداد هردل هایی که به طور بالقوه در دسترس هستند به صدها یا حتی هزاران هردل می رسد و تعداد خیلی کمی از این عوامل به طور جدی مورد بررسی قرار گرفته است.

• امکان به کارگیری هوشمندانه از این عوامل نیز قابل توجه می باشد.

• در مقایسه، تکنولوژی هر دل عموماً این امکان را ایجاد کرده که مقادیر ترکیبات و اجزاء تشکیل دهنده به طور جداگانه با استفاده از مقادیر اندک از یک دامنه وسیعی از عوامل نگهدارنده کاهش یابد و هرگز استفاده از یک دامنه وسیع تر از عوامل (هر دلها) الزاماً به استفاده از یک تعداد بیشتر از افزودنی ها اشاره نمی کند.

• این را باید به خاطر آورد که بسیاری از هردلها به عنوان افزودنی های شیمیایی در برخی از کشورها حتی قانونی تلقی نمی شوند. (نایسین)

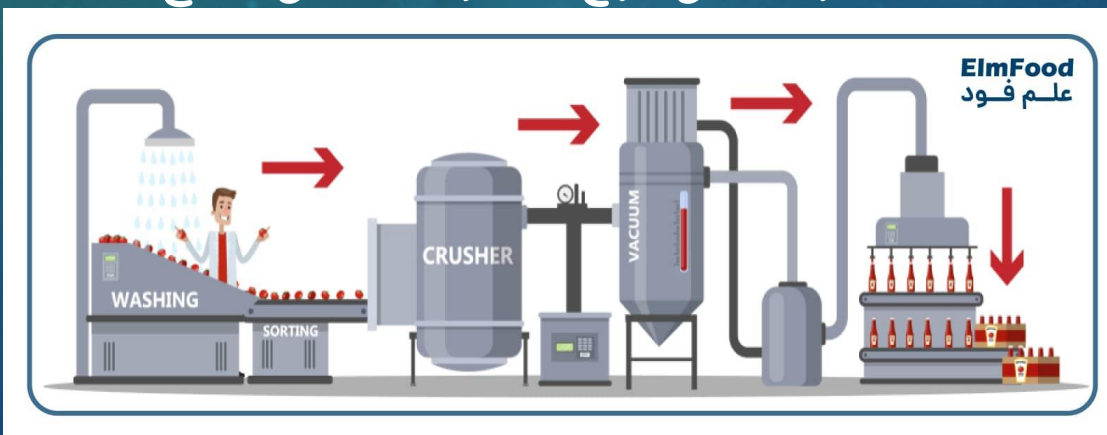
• نگهدارنده های شیمیایی ممکن است به وسیله به عنوان مثال کنترل منطقی مقادیر اسید، فعالیت آبی، اسیدیته و غیره و همچنین با استفاده وسیعی از عوامل فیزیکی نظیر تیمار حرارتی، فشار بالا، تابش و غیره و یک دامنه وسیعی از موادی که دارای فعالیت ضد میکروبی هستند و به طور طبیعی در مواد غذایی وجود دارند، جایگزین شوند.

• از طرف دیگر، تحت شرایط صنعتی، گاهی اوقات استفاده بدون تشخیص صحیح از افزودنی های شیمیایی در مواد غذایی وجود دارد که می توان به افزودن سولفیت به میوه ها و یا نیتريت به محصولات گوشتی اشاره نمود که اینگونه نقاط ضعف باید با به کارگیری هوشمندانه از تکنولوژی هردل جلوگیری می کند.

هردل تکنولوژی های جدید و نوظهور

- تکنولوژیهای جدید برای نگهداری مواد غذایی نظیر نظیر شیوه های نگهداری فیزیکی غیر حرارتی (فشارهیدرواستاتیک بالا، میدان های الکتریکی پالسی با شدت بالا، میدان های مغناطیسی ان کننده، پالس های نوری و غیره) اغلب همراه و در ترکیب با دیگر هردل های نگهداری غذایی مؤثرتر می باشند.
- به عنوان مثال در مانو ترموسونیکاسیون ترکیبی از فشار هیدرواستاتیک نسبتا زیاد با تیمارهای حرارتی ملایم و امواج ماوراء صوت (فراصوت) می باشد. استفاده از فشار بالا همراه با حرارت دهی ملایم دارای توان قابل ملاحظه ای می باشد. (Patterson et al., 1995; Knorr, 1995)
- یک تعداد از بررسی ها نشان می دهد که اثر ضد میکروبی فشار بالا می تواند با حرارت، کاهش اسیدیته، کاهش فعالیت آبی، اسیدهای آلی، سولفیت ها، دی اکسید کربن، بعضی پلی فنل ها، کیتوزان، لیزوزیم، EDTA و باکتریوسین هایی نظیر نایسین افزایش یابد. این تیمارهای ترکیبی امکان اعمال فشار فراوری کمتر، دما و یا زمان در معرض قرار گرفتن کمتر را می دهد.
- (Hoover et al., 1989; Popper&Knorr, 1990, Mertens&Deplace, 1993; Knorr, 1995; Hauben et al., 1996; Palou et al., 1997, 1999).
- به عنوان مثال Morgan و همکارانش (۲۰۰۰) اثرات فشار هیدرواستاتیک بالا و باکتریوسین سین ۳۱۴۷ را در برابر استافیلوکوکوس ارئوس و لیستریا در شیر و آب پنیر بررسی کردند.
- آنها دریافتند هنگامی که هر دو تیمار به صورت ترکیبی استفاده می شوند، بیش از یک اثر افزایشی را دارد و به عبارت بهتر دارای اثرات تشدید کنندگی (
- اثرات دو تیمار به صورت ترکیبی بیش از مجموع اثرات دو تیمار است) می باشند.
- در واقع برای استافیلوکوکوس ارئوس یک تیمار فشار میزان ۲۰۰ مگا پاسکال به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵° باعث کاهش ۲/۲ لگاریتمی تعداد باکتری مذکور می گردد و از طرف دیگر لاکتاسین (AU ۱۰۰۰۰ ml)، به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵° یک کاهش یک لگاریتمی را باعث می شود در حالی که هر دو تیمار همراه با یکدیگر یک کاهش ۶ لگاریتمی را شامل می شود.

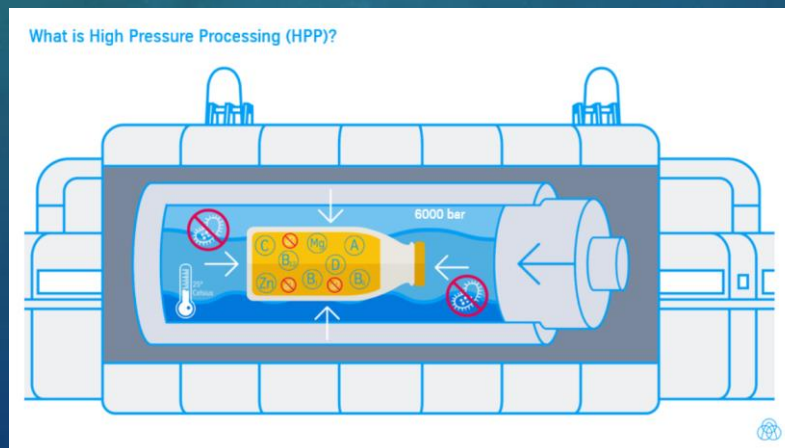
- بطور مشابه فشار بالا باعث حساسیت اشرشیا کلی به طور ناپایدار و گذرا به نایسین و همچنین لیزوزیم می گردد. (Haufen et al)
- پدیو سین ACH و دیگر باکتریوسین ها دارای اثر سینرژیستی با فشار و همچنین و با تیمارهای تخریه الکتریکی با ولتاژ بالا در غیر فعال نمودن میکروارگانیسم های مربوط به مواد غذایی می باشند. (Kalchayanand et.al.1998)
- Vega-Mercado و همکارانش (۱۹۹۶) برای غیر فعال نمودن ای کلای دریک دامنه دمایی ۱۰ الی ۱۵° با تیمارهای ترکیبی میدان پالس الکتریکی، اسید یته و قدرت یونی مورد بررسی قرار گرفت.
- غیر فعالسازی اشرشیا کلی O:157H:7 توسط هر دل ترکیبی اسیدهای آلی و میدان پالس الکتریکی به وسیله لیو و همکارانش (۱۹۹۸)، در ترکیبی از اسید های آلی ضد میکروبی و میدان های الکتریکی پالسی به وسیله سن همکارانش (۱۹۹۵) مورد بررسی قرار گرفت. تصور می گردد که ترکیب حرارت، لیزوزیم میدان های الکتریکی پالسی با شدت بالا دارای این توان بوده که بتواند به عنوان یک جایگزین برای استریلیزاسیون بعضی انواع محصولات غذایی مطرح باشد.



- به عقیده Babsa canovs فرایندهای جدید غیر حرارتی می توانند یک امیدواری بی نظیری را برای مشارکت آنها در سیستم های نگهداری ترکیبی با استفاده از مفهوم تکنولوژی هر دل داشته باشند.
- سیستم های نگهداری باید با فهم و اطلاع دقیق و عمیق از چگونگی عملکرد و کار فرایندهای غیر حرارتی طراحی گردد.
- یک فهم بهتر از مکانیسم های واقعی و در عین حال نهفته برای تأثیر این گونه تکنولوژی های جدید و همچنین ترکیب آنها با هردل های قدیمی و سنتی برای نگهداری مواد غذایی واقعا مورد نیاز می باشد و در نتیجه تحقق این امر امکانات جدید نگهداری می تواند به سوی یک اساس و پایه علمی سالم حرکت کند.
- کانوواس و همکارانش (۱۹۹۸) عقاید خود را اینگونه بیان نمودند که مفهوم تکنولوژی هردل می تواند یک افزایش سریع در ارتباط با تحقیقات و بررسی ها در زمینه محصولات جدید بخصوص بررسی های مربوط به ترکیب هردل های سنتی و قدیمی با تکنولوژی های غیر حرارتی جدید را آغاز کند.
- به عقیده این محققین تکنولوژی های ترکیبی یا همان تکنولوژی هردل به طور فزاینده در آینده جزو تکنیک های نگهداری مواد غذایی خواهد بود

• یک مثال خوب در استفاده از این شیوه ها و تکنولوژی های جدید ترکیبی (تکنولوژی هردل) به وسیله Lee و همکارانش (۲۰۰۳) در آلمان انجام گرفت. آنها به بررسی اثرات تیمارهای ترکیبی نایسین و ماوراء صوت با شدت بالا همراه با فشار هیدرواستاتیک بالادر غیر فعالسازی میکروبی در تخم مرغ کامل مایع پرداختند.

• دراین بررسی مشخص شد فشارهیدرواستاتیک بالا به تنهایی هیچ اثری روی لیستریا سیلیگری نداشت درحالیکه ترکیب نایسین و فشاربالا و ماوراء صوت (اولتراسوند) توانست حدود ۳لوگاریتم لیستریا را در تخم مرغ کاهش دهد.از طرفی با کاهش شدت فشار در نتیجه افزودن نایسین ، دناتوره شدن پروتئین در تخم مرغ کاهش می یابد.



دریافتیم که تکنولوژی هردل مزایای زیر را دارد:

Advantages

دنبال کردن اهداف مختلف در سلول میکروب باعث عدم ایجاد مقاومت در میکروب می شود

استفاده از موانع با شدت های پایین تر باعث کاهش هزینه تولید می شود

استفاده از فرآوری ملایم خواص حسی و تغذیه ای را حفظ می کند

کاهش مصرف نگهدارنده های مصنوعی خطر برای سلامتی را کاهش می دهد

امکان تولید غذاهای پایدار حتی در دمای محیط



با تشکر و سپاس

موسسه مشاوران
توسعه کیفیت