

“Shelf-life”: Applicazioni tecnologiche per la conservazione degli alimenti

Marco Poiana

Università Mediterranea di Reggio Calabria

Dipartimento di AGRARIA

Shelf life

The time period within which the food is safe to consume and/or has an acceptable quality to consumers (T. Labuza).

In una predeterminata condizione di conservazione, la shelf life o “durabilità” di un alimento è l’intervallo di tempo entro il quale il progresso dei processi degradativi non raggiunge la soglia della percezione sensoriale o la diminuzione di “una qualità” al di sotto della sua accettabilità, e comunque il prodotto può essere consumato in condizioni di totale sicurezza.

La shelf life di un prodotto NON corrisponde obbligatoriamente alla sua “vita” reale:

La perdita di alcune caratteristiche (ad esempio quelle sensoriali) può equivalere alla fine della sua commerciabilità ma non necessariamente alla perdita delle caratteristiche merceologiche, igienico-sanitarie o nutrizionali.

Processi di deterioramento degli alimenti

1. Deterioramento dell'alimento a causa di crescita microbica, in alcuni casi ci può essere il potenziale sviluppo di patogeni.
2. Attività chimica e enzimatica, possono portare a modificazioni di colore, odore, consistenza, perdita di elementi nutrizionali.
3. Migrazione di acqua/vapore produce cambiamenti di consistenza, attività dell'acqua e aroma.

Variabili che posso influenzare la conservabilità degli alimenti

Temperatura: accelerazione/rallentamento reazioni/crescita, letalità microbica, denaturazione proteica, transizioni di stato.

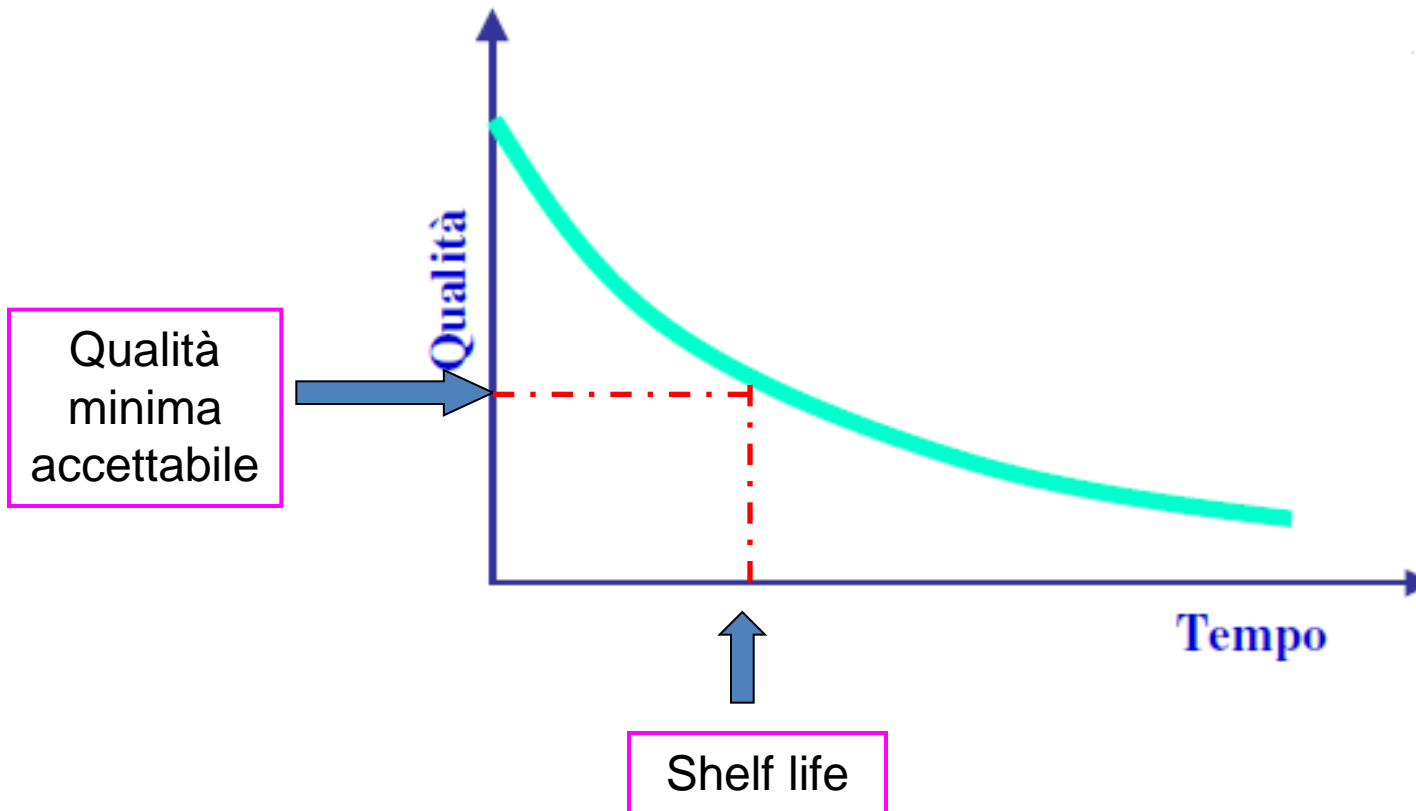
Umidità: disponibilità di acqua (a_w).

Radiazione elettromagnetica : fotoreazioni, metabolismo (vegetale).

Composizione della fase gassosa in equilibrio con il prodotto
(*pressione parziale di O_2*): ossidazioni, reazioni enzimatiche, metabolismo aerobio.

Shelf life

Si esclude il periodo che per alcuni alimenti fa aumentare la qualità: **maturazione**



Variabili che posso influenzare la conservabilità degli alimenti

- Umidità e attività dell'acqua;
- pH;
- Trattamenti termici;
- Sistemi emulsionati o separazioni di fase;
- Utilizzo di additivi per la preservazione delle qualità;
- Confezione/packaging

Controllo microorganismi

Distruzione

Inibizione

Inattivazione reversibile di forme microbiche alterative e/o patogene (non è risanamento)

- Fisica:
 - bassa **T** (completa con il congelamento)
 - compartimentazione:
 - * emulsioni W / O
- Chimico-fisica:
 - bassa **aw** (completa per valori < 0,6)
 - bassa **pO₂** (selettiva)
- Chimica:
 - basso **pH** (selettiva in ambito alimentare)
 - sostanze ad effetto batterio / fungino-statico
- Biochimica: - fermentazione competitiva (selettiva)

Stabilizzazione enzimatica

Non attivazione:(enzimi endogeni)

- integrità tessuti protettivi

Assenza: (enzimi microbici)

- protezione antimicrobica

Inattivazione:(irreversibile)

- calore a Temperatura > 60°C

Inibizione:(reversibile)

- Temperatura inadatta
- Eredox inadatto
- pH inadatto
- chelanti metallici

Controllo delle reazioni chimiche

Impedimento:

- assenza di contatto tra reagenti
- non disponibilità di reagente/mezzo
- aggiunta di un reagente sacrificale
- modificazione del pH, Eredox, ecc.

Rallentamento:

- bassa T
- limitata accessibilità di un reagente

Tecnologia di conservazione degli alimenti

conservazione degli alimenti

Insieme di trattamenti che tendono ad arrestare o rallentare i processi trasformativi a anche ad opera di microrganismi che si svolgono negli alimenti, consentendone pertanto una più lunga durata.

Per la conservazione degli alimenti vengono usati metodi basati soprattutto su mezzi fisici e chimici.

Tecnologia di conservazione degli alimenti con mezzi fisici

I principali metodi fisici utilizzano l'azione del **freddo** (refrigerazione, congelamento), l'azione del **calore** (pastorizzazione, sterilizzazione), la **disidratazione** (essiccamento, liofilizzazione), l'**azione di gas inerti** (atmosfera controllate), l'impiego di **radiazioni ionizzanti** (raggi X e raggi γ).

Dal punto di vista tecnologico, tutti gli alimenti possono essere conservati al freddo; naturalmente gli effetti sono diversi a seconda che il raffreddamento sia diretto a raggiungere una temperatura appena superiore al punto di congelamento (refrigerazione) oppure inferiore a tale punto (congelamento e surgelazione).

Tecnologia di conservazione degli alimenti con mezzi fisici

METODI "FISICI"

Temperatura

↗bassa: refrigerazione
congelamento
surgelazione

⇒alta: pastorizzazione
sterilizzazione

Pressione

⇒Processi iperbarici

**riduzione
umidità**

⇒concentrazione
essiccamento

radiazioni

⇒irraggiamento
antigermogliamento

confezionamento

⇒imballaggio
sottovuoto
atmosfera protettiva

affumicamento

Tecnologia di conservazione degli alimenti con mezzi chimici

I trattamenti chimici utilizzano sostanze naturali o artificiali.

I metodi con mezzi naturali risalgono a tempi antichissimi; le sostanze utilizzate hanno in generale **funzione antimicrobica** e agiscono con **meccanismi d'azione a livello della membrana cellulare o del citoplasma o del nucleo o dei mitocondri o dei vari processi enzimatici dei microrganismi**.

Il prodotto chimico più usato per la conservazione è il sale da cucina, cioè il cloruro di sodio, che inibisce o limita lo sviluppo dei germi disidratando le cellule batteriche; altri prodotti chimici naturali impiegati sono l'aceto, l'olio, l'alcol etilico, lo zucchero (con una concentrazione superiore al 70%).

Per alcuni alimenti di origine animale si utilizzano anche l'affumicamento o l'azione combinata della temperatura, del sale, del fumo. Insieme a questi conservanti tradizionali, sono molto diffusi conservanti di sintesi, come i benzoati, l'anidride solforosa, i nitriti e i nitrati, o altri additivi ad azione antiossidante (acido ascorbico, butilidrossianisolo).

Tecnologia di conservazione degli alimenti con mezzi chimici

METODI “CHIMICI”

**conservanti
naturali**

⇒ **Convenzionali : sale,
umettanti (zucchero),
acidi, spezie
Innovativi/emergenti:
enzimi, proteine,
batteriocine**

**conservanti
artificiali**

⇒ **Additivi ad attività
antimicrobica ed
antiossidante**

Tecnologia di conservazione degli alimenti con mezzi chimici

**METODI
BIOLOGICI**

fermentazione

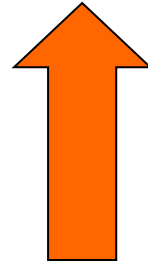
**Microflora
autoctona
Starter**

Tecnologia di conservazione degli alimenti con mezzi fisici

Utilizzo del calore

- **Stabilizzazione microbica ed enzimatica**
 - Cottura, scottatura (blanching)
 - Pastorizzazione e sterilizzazione
 - Essiccamento
- **Trasformazione delle caratteristiche qualitative**
 - Cottura
 - Tostatura

La stabilizzazione termica degli alimenti



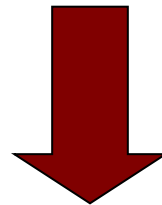
- Distruzione dei microrganismi (cellule vegetative e spore) e delle loro tossine (quando termolabili)
- Distruzione di insetti e parassiti
- Distruzione (denaturazione irreversibile) degli enzimi
- Distruzione fattori antinutrizionali e tossine naturalmente presenti negli alimenti

Aspetti indiretti positivi/desiderati dei trattamenti termici

- Modificazioni delle caratteristiche sensoriali (odore, sapore) per sviluppo di componenti volatili gradevoli
- Modificazione della consistenza (intenerimento/indurimento)
- Modificazione del colore (es. imbrunimento pane, carne)
- Miglioramento biodisponibilità di nutrienti (aumento digeribilità proteine, gelatinizzazione amido)

Aspetti indiretti negativi/indesiderati dei trattamenti termici

- Modificazioni delle caratteristiche sensoriali (odore, sapore) per sviluppo di componenti volatili sgradevoli (es. odore di cotto latte)
- Modificazione della consistenza per degradazione componenti pareti cellulari (intenerimento)
- Distruzione di nutrienti (vitamine)
- Riduzione biodisponibilità (es. aminoacidi essenziali)
- Innesco reazioni chimiche (ossidazione lipidi, reazioni di imbrunimento non enzimatico)



DANNO TERMICO

Trattamenti termici di stabilizzazione

- Sul prodotto dopo confezionamento. In opportune confezioni (banda stagnata, buste).
- Sul prodotto sfuso prima del confezionamento (confezionamento asettico). Confezionamento del liquido subito a valle del trattamento in apposito ambiente che impedisce la ricontaminazione.

Tecnologia di conservazione degli alimenti con mezzi fisici

Utilizzo del calore

COTTURA

Utilizzata per rendere appetibili gli alimenti e per risanarli dalla presenza di specie microbiche.

Per esplicare azione distruttiva sui germi occorre raggiungere temperature di almeno 75°C al cuore del prodotto per un tempo necessario.

Tecnologia di conservazione degli alimenti con mezzi fisici

Utilizzo del calore

STERILIZZAZIONE

Trattamento mirato a distruggere tutte le forme microbiche vegetative presenti nell'alimento e quasi tutte le spore.

Il prodotto, però, non è completamente asettico e non può conservarsi all'infinito: si ottiene, infatti, una “sterilità commerciale”.

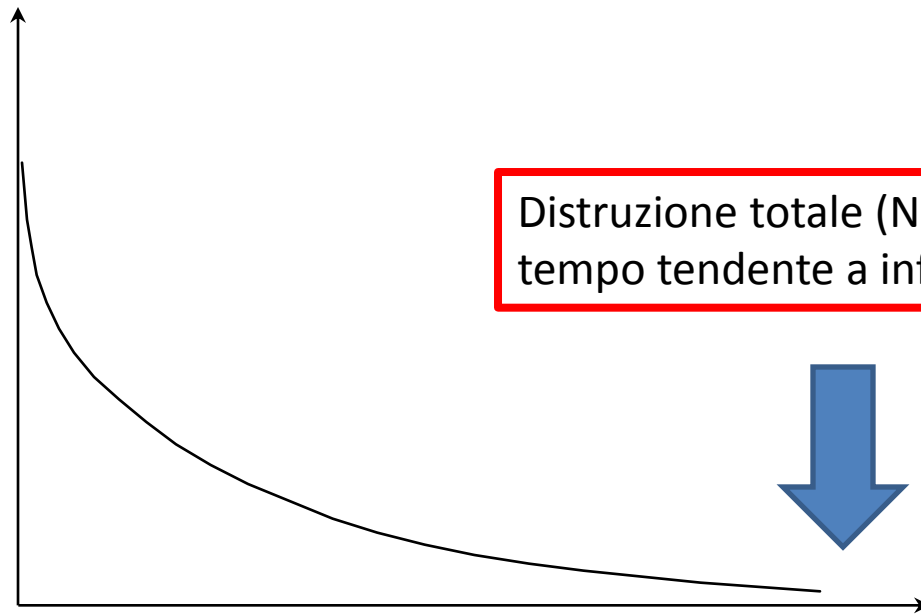
Sterilità assoluta si raggiunge per tempi di trattamento tendenti all'infinito.

Sterilizzazione classica o appertizzazione. Si effettua su alimenti confezionati. 100 - 120° C per oltre 20 min.

U.H.T. indiretto . Su alimenti sfusi in scambiatori di calore. **140 - 150° C per pochi secondi.**

U.H.T. diretto . Si effettua con **iniezione di vapore** surriscaldato nel prodotto sfuso micronizzato. **140 - 150° C per pochi secondi.**

Numero di
microorganismi



Distruzione totale ($N=0$) per
tempo tendente a infinito

tempo

Tecnologia di conservazione degli alimenti con mezzi fisici

Utilizzo del calore

PASTORIZZAZIONE

Trattamento termico capace di distruggere le **forme patogene** e la maggior parte di quelle **vegetative**, nonché di disattivare gli **enzimi**.

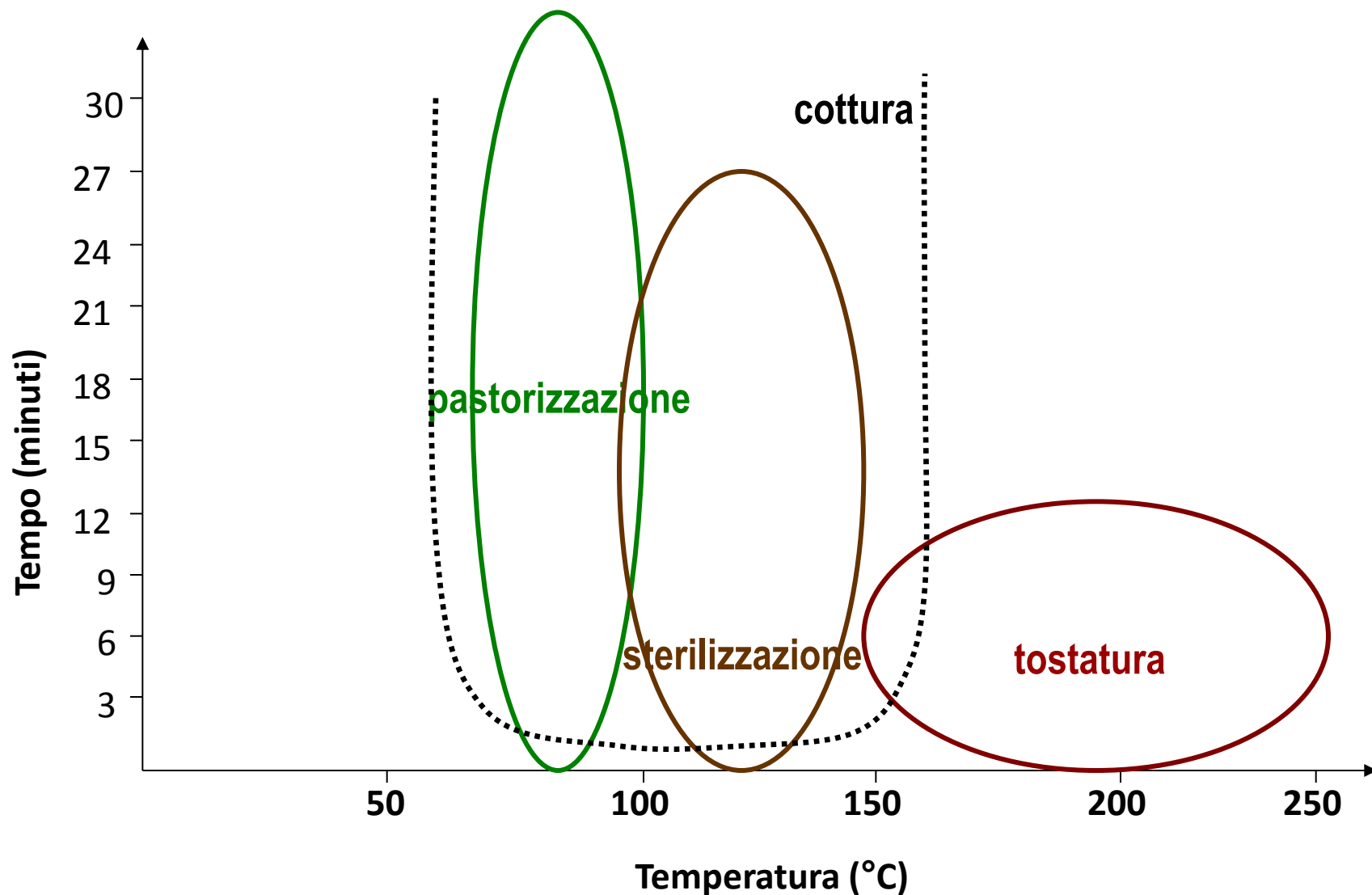
Con essa non si distruggono le spore.

Pastorizzazione bassa: 60 - 65° C per 30 minuti

Pastorizzazione alta: 70 – 75 ° C per 2 – 3' minuti

Pastorizzazione rapida o HTST (High Temperature Short Time = alta temperatura e tempo breve): 75 - 85° C per 15 – 20 secondi.

Condotta **su alimenti liquidi che scorrono in uno strato sottile**



CONSERVA

STABILITA' MICROBIOLOGICA A TEMPERATURA AMBIENTE PER PERIODI LUNGI con confezione integra

- Prodotto sterilizzato
- Prodotto pastorizzato con $\text{pH} < 4.5$

SEMICONSERVA

STABILITA' MICROBIOLOGICA A TEMPERATURA AMBIENTE LIMITATA E DIPENDENTE DA ALTRI INTERVENTI TECNOLOGICI (ad esempio refrigerazione)

- Prodotto pastorizzato con $\text{pH} > 4.5$

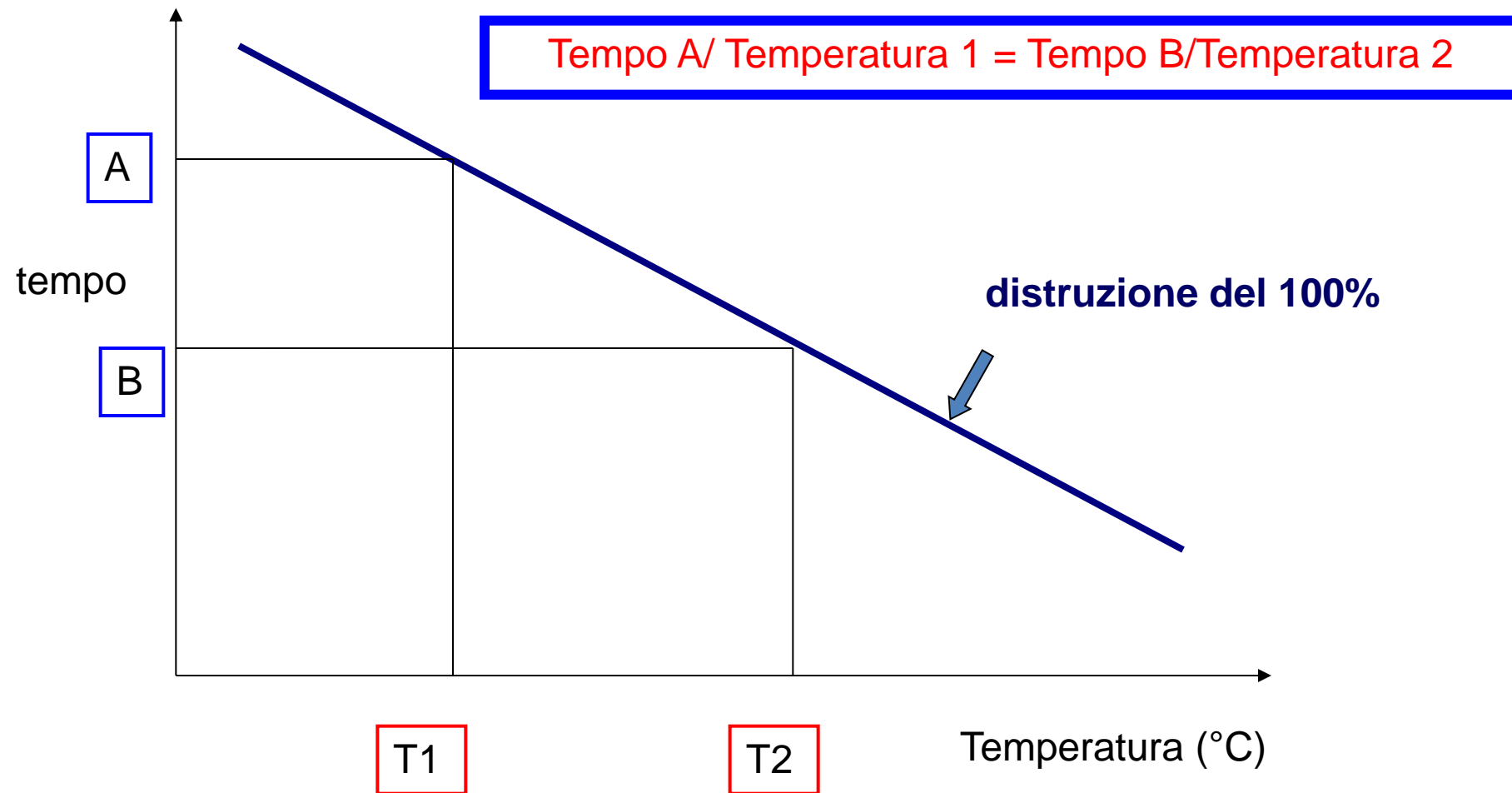
Trattamenti termici

Un trattamento termico viene effettuato sottoponendo l'alimento ad una **temperatura T** per un **tempo t** adeguati a somministrare una determinata quantità di calore.

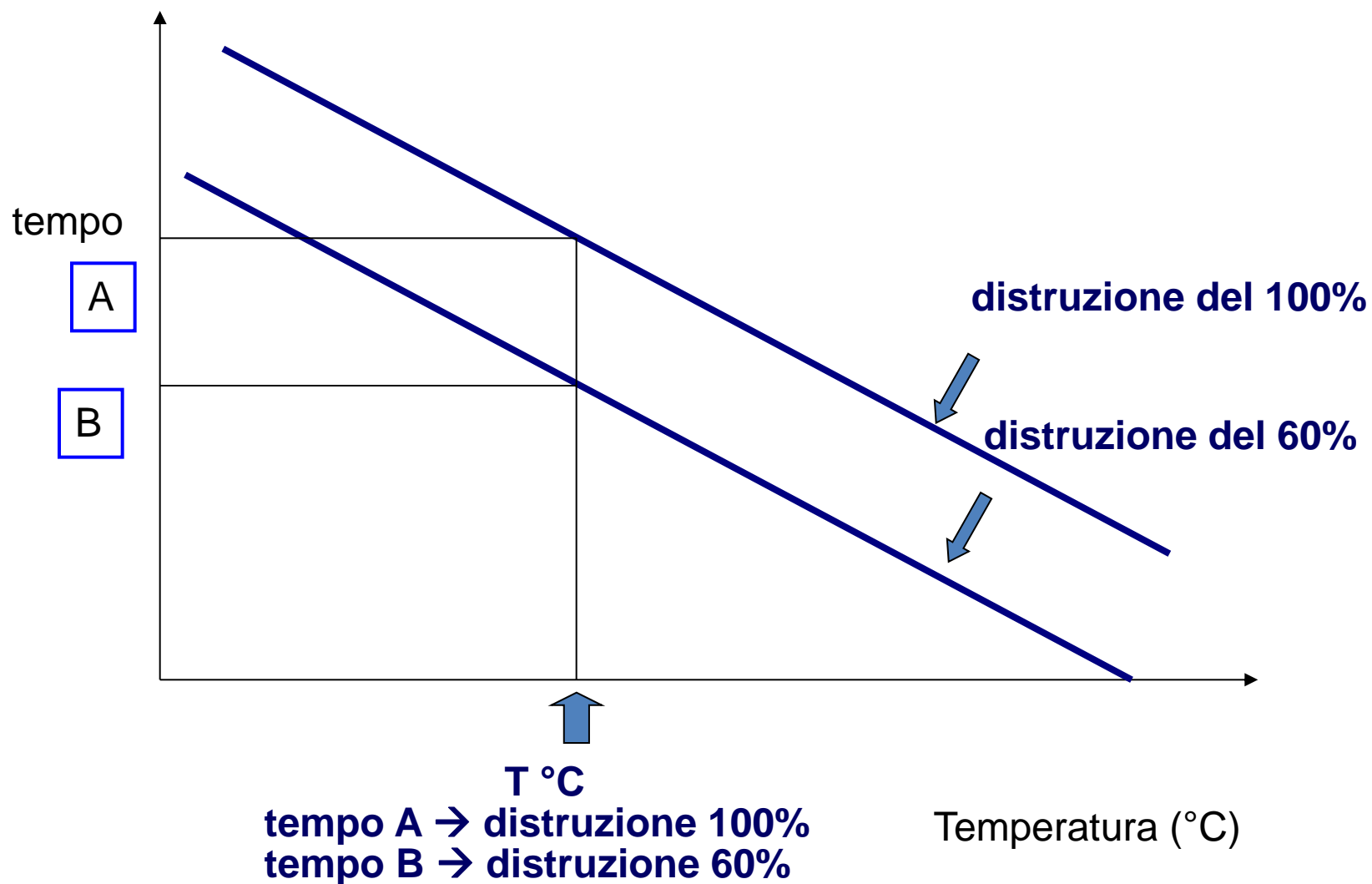
temperatura T e **tempo t** → parametri di processo

Dipendono da: alimento, microrganismi (quali/quantitativamente), modalità di somministrazione del calore

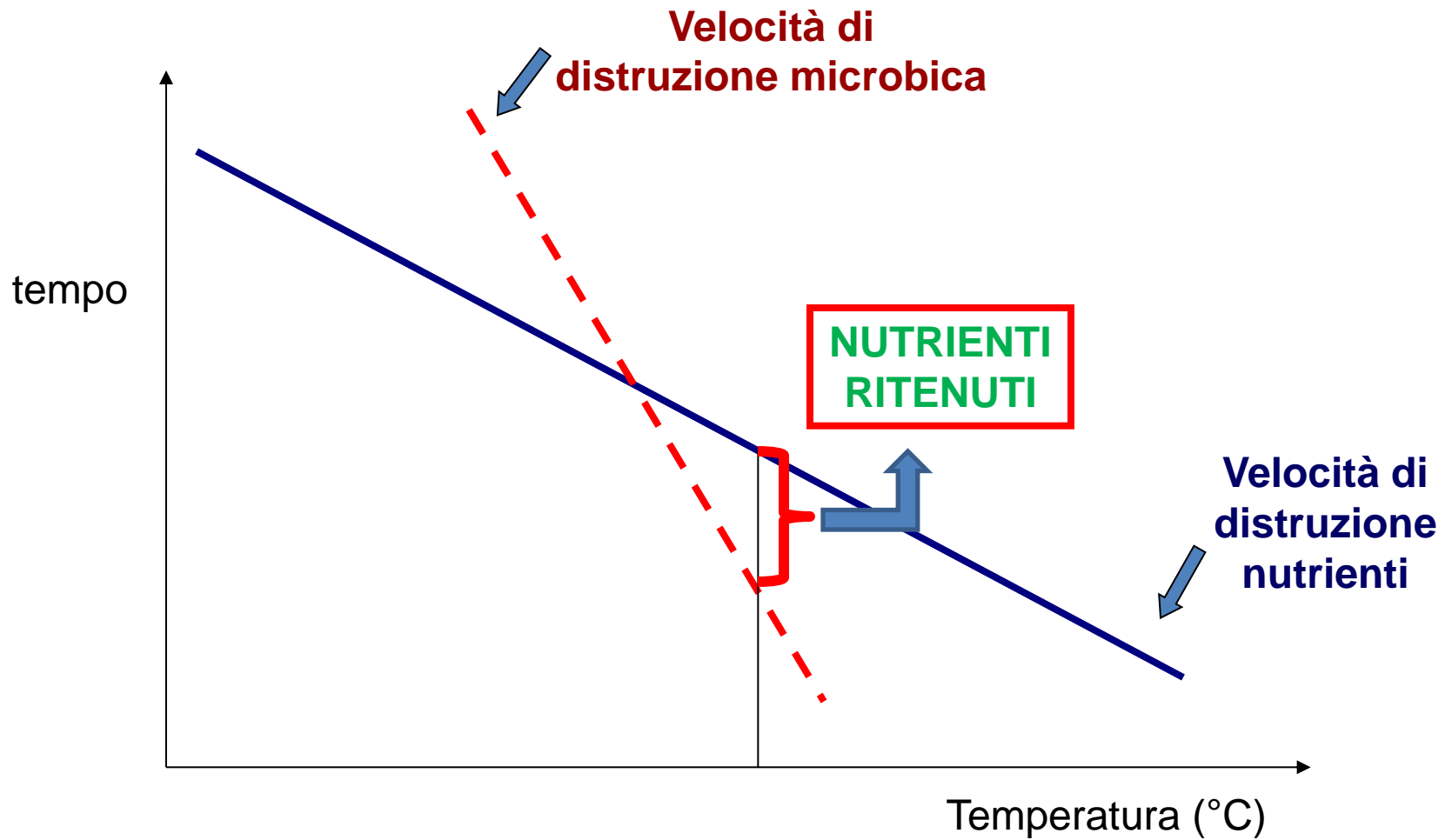
I trattamenti termici equivalenti tempo/temperatura



I trattamenti termici – tempo/temperatura



I trattamenti termici – gli effetti sugli alimenti



Heating time or equivalent heating time, s

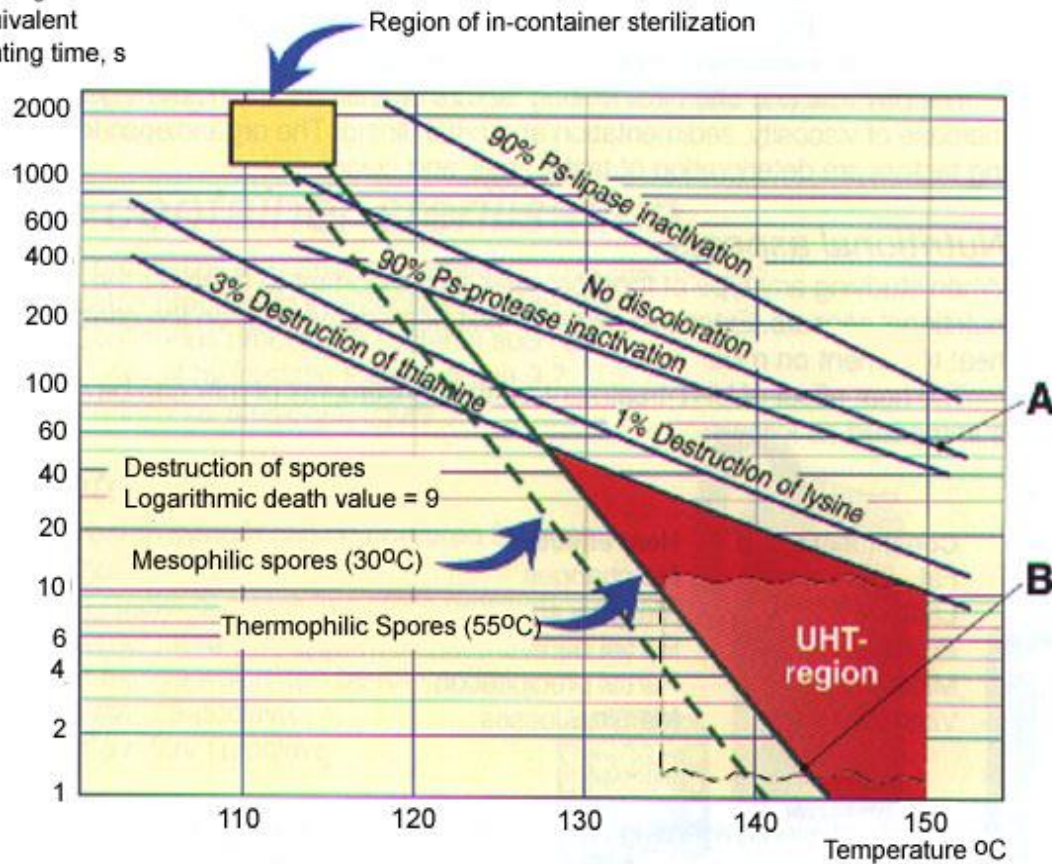


Fig. 9.5 Limiting lines for destruction of spores and effects on milk. The values within brackets (30°C and 55°C) express the optimal growth temperatures of the vital types of corresponding spore-forming micro-organisms.
Source: Kessler

Problematiche dei trattamenti termici – la trasmissione del calore

L'efficacia di un trattamento termico dipende anche dalla conducibilità termica dell'alimento e dal contenitore.

Il calore si trasmette in tre modi: conduzione, convezione ed irraggiamento.

In un prodotto inscatolato, ad esempio, si trasmette per conduzione se l'alimento è solido, per convezione se è liquido, in entrambi i modi se l'alimento è formato da particelle solide sospese in un liquido.

C'è sempre una zona in cui **il calore arriva più tardi, il punto freddo**.

È importante anche dalla forma del contenitore: i migliori sono quelli cilindrici bassi (tipo scatolette di tonno). Per i cibi liquidi è utile anche l'agitazione dei contenitori, almeno entro certi limiti.

Problematiche dei trattamenti termici – la trasmissione del calore

Le proprietà reologiche del prodotto:

- influenzano la velocità di scambio termico.
- cambiano con la temperatura durante il processo.

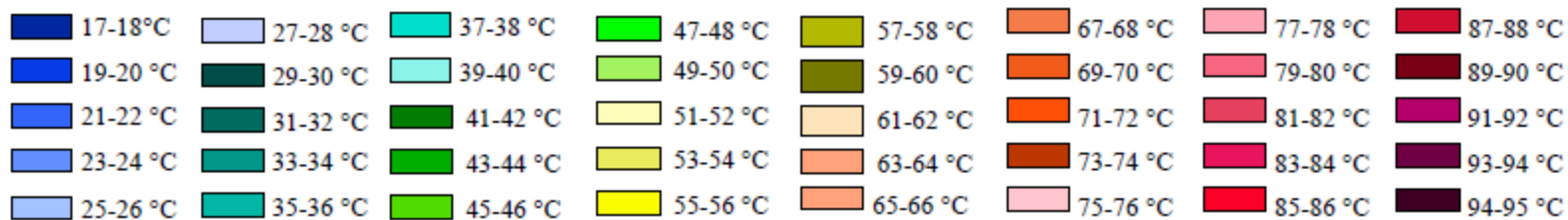
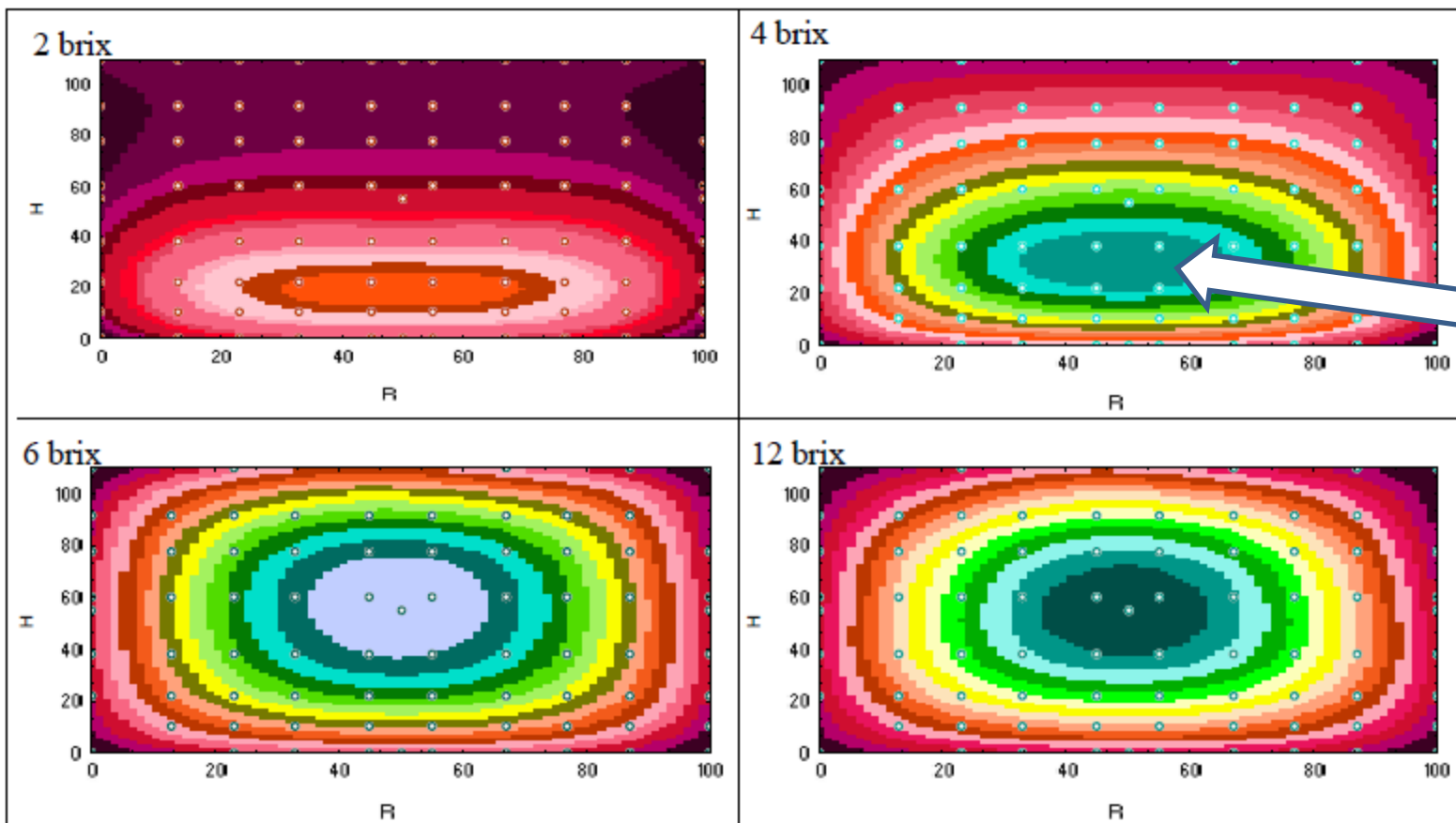
La forma geometrica e il volume della confezione influenzano la velocità di penetrazione del calore.

Punti sfavoriti (FREDDI)

- Fluidi alto viscosi: centro della confezione
- Fluidi basso-viscosi: fondo della confezione.

Trasmissione del calore nelle confezioni

20 min



Tecnologia di conservazione degli alimenti con mezzi fisici

Impiego delle basse temperature

- ❄ REFRIGERAZIONE
- ❄❄ CONGELAMENTO
- ❄❄❄ SURGELAZIONE

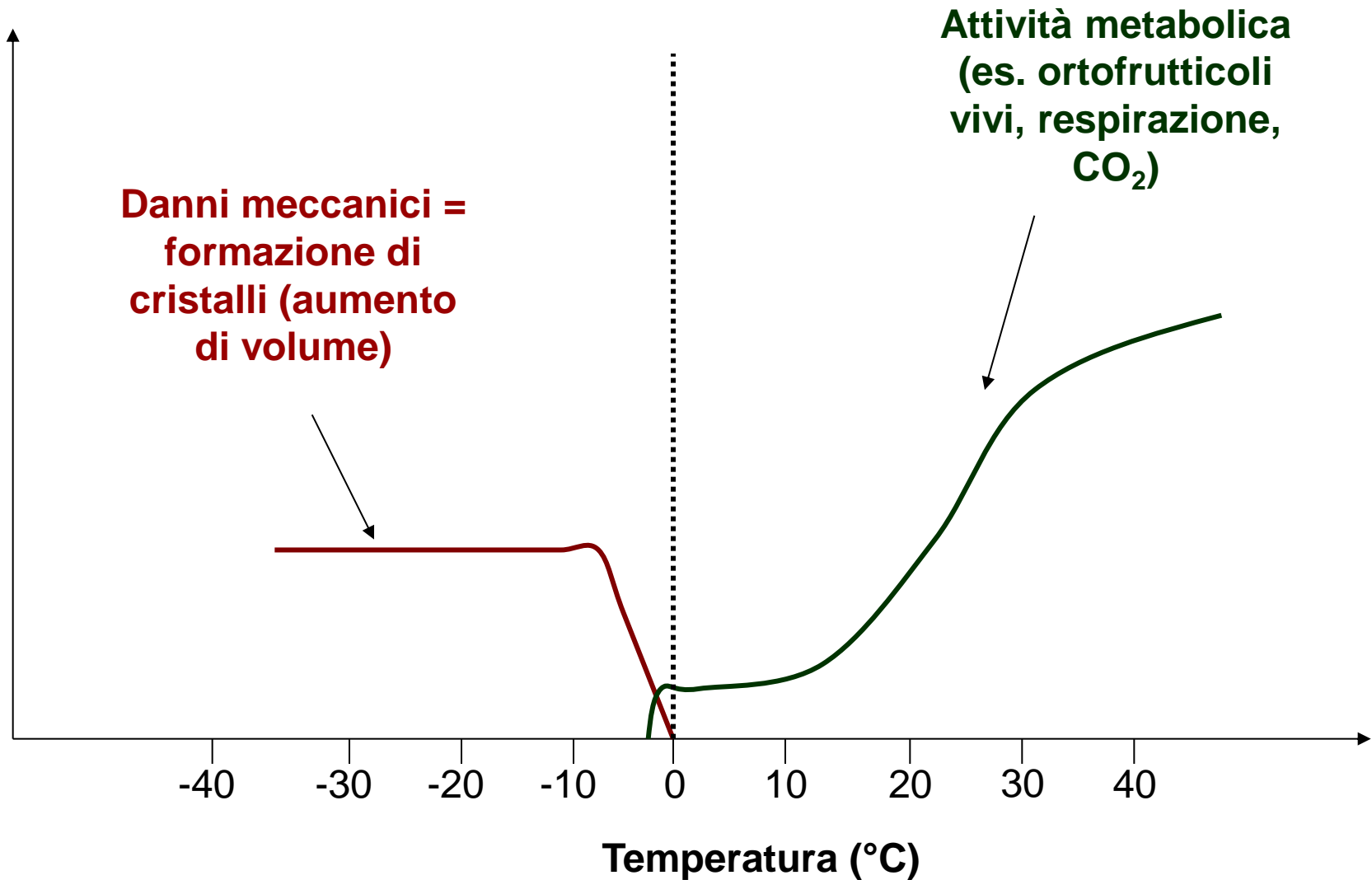
AZIONE FREDDO

Diminuzione energia cinetica delle molecole

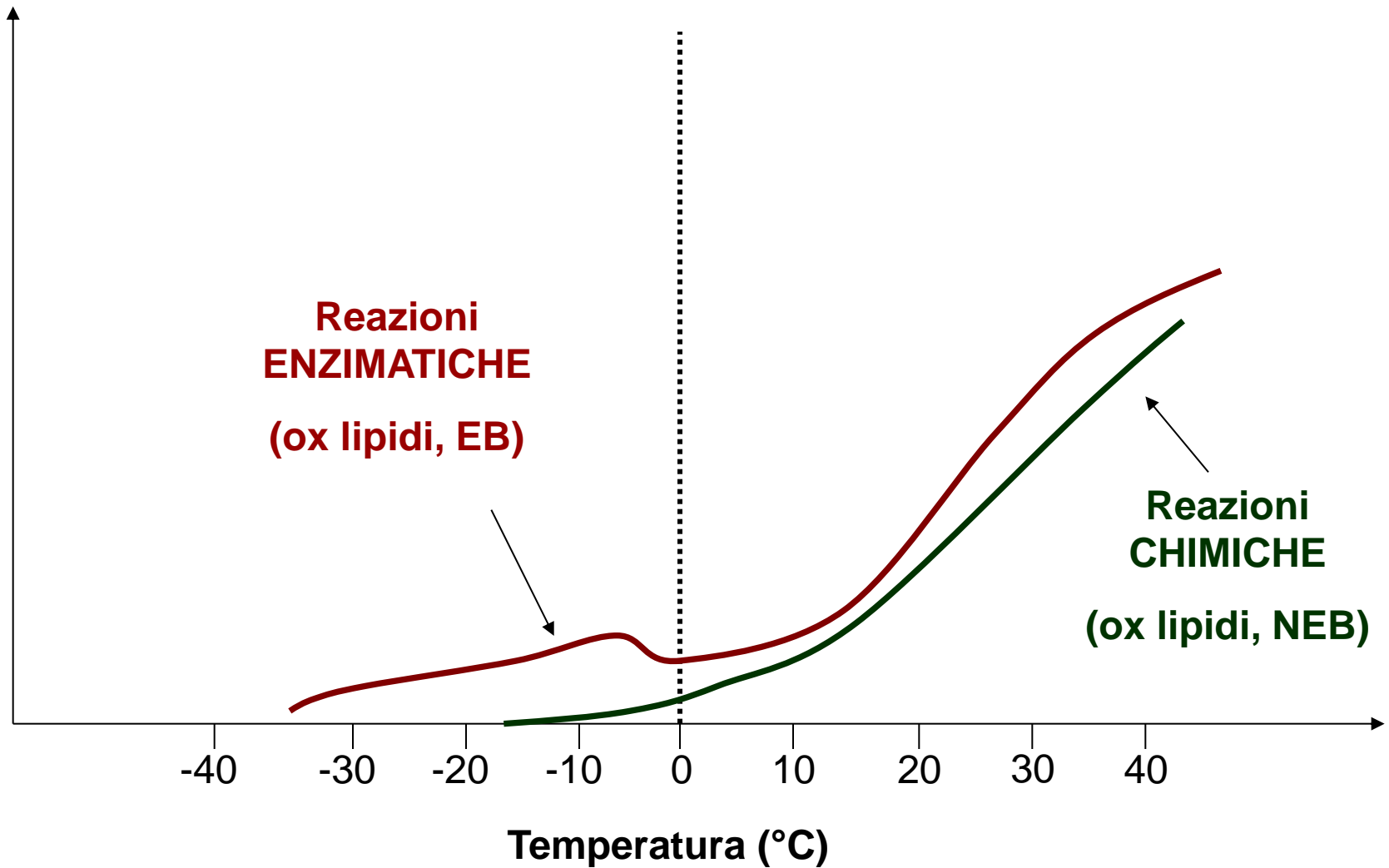
⇒ rallentamento di ogni tipo di reazione

Ogni reazione degradativa risponde in maniera diversa alle variazioni di temperatura

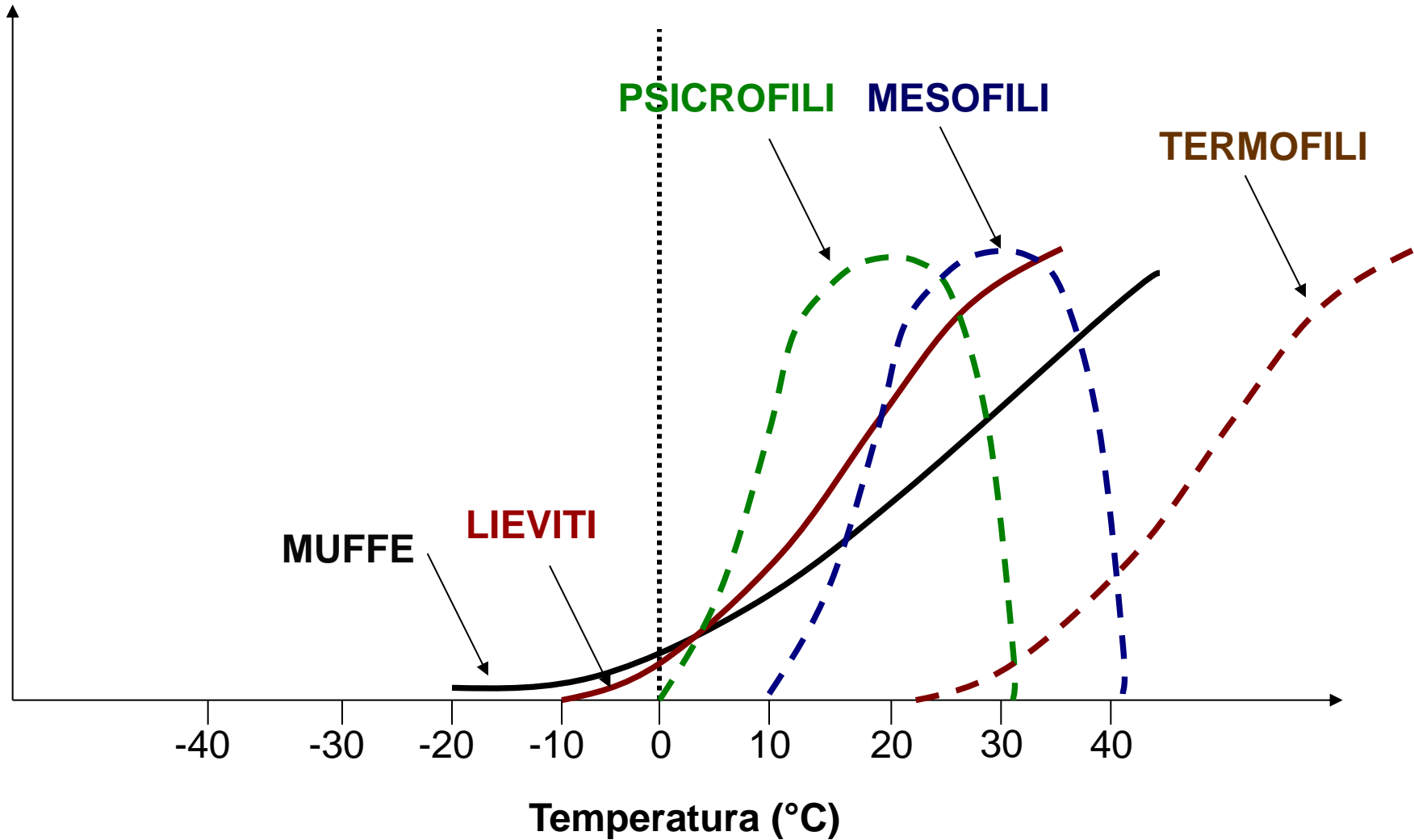
Cause di alterazioni: velocità relativa/temperatura



Cause di alterazioni: velocità relativa/temperatura



Cause di alterazioni: velocità relativa/temperatura



Surgelazione/Congelamento - problematiche

Il Regolamento CE n° 178/2002 (in vigore e operativo dal 2005); affianca l'esistente normativa che indica i corretti criteri di conservazione e stabilisce sanzioni in caso di inadempienze in materia di produzione, trasporto, stoccaggio, commercializzazione, **sicurezza e controllo degli alimenti surgelati.**

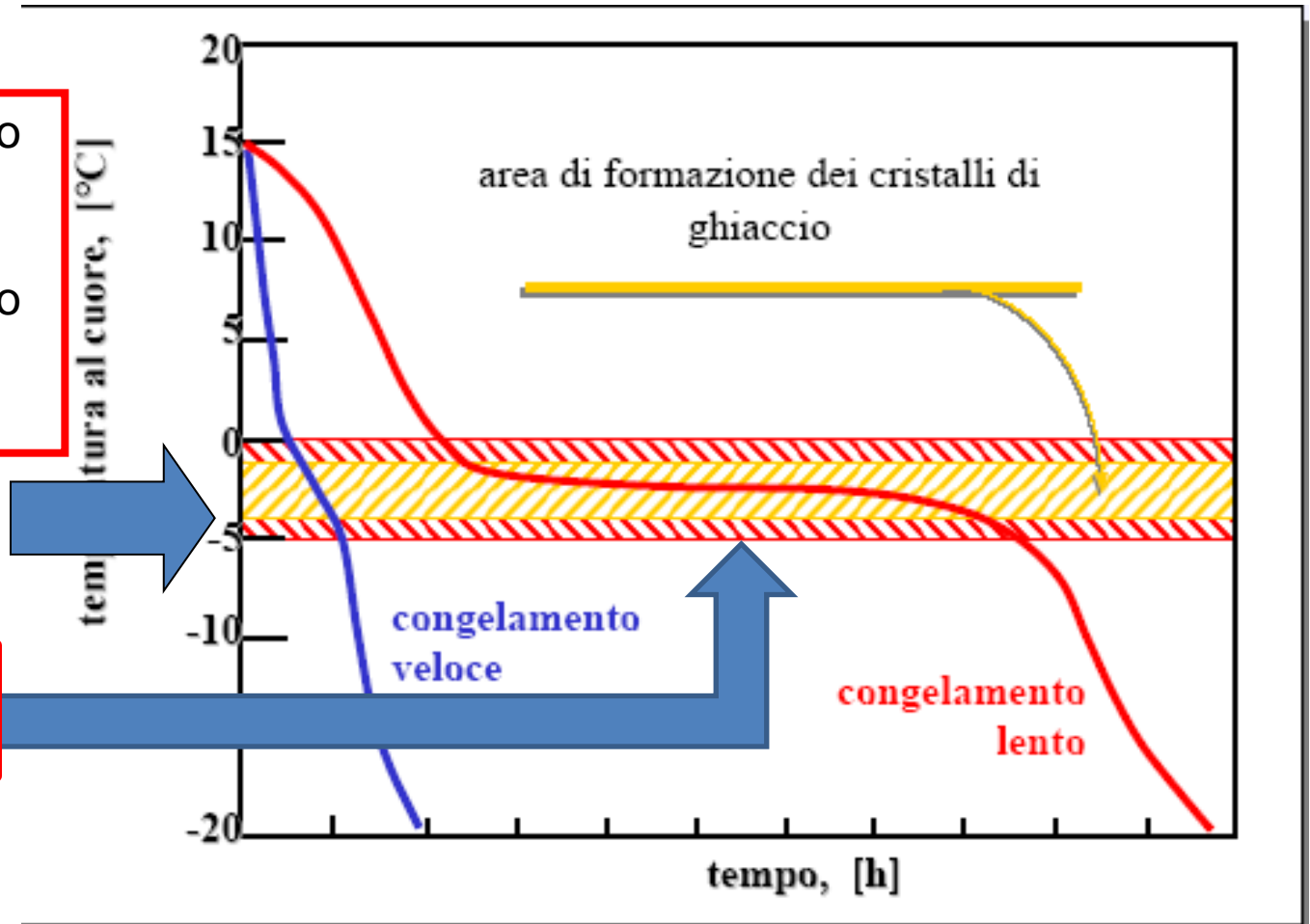
Interruzioni della “catena del freddo” e **oscillazioni significative della temperatura dei prodotti surgelati possono** derivare da malfunzionamento di celle frigorifere, inadeguata taratura dei loro termostati, prolungate interruzioni nell'erogazione dell'energia elettrica con conseguenti processi di scongelamento e ricongelamento inidonei che determinano formazione di macrocristalli, lesione delle membrane cellulari, perdita di nutrienti, incremento esponenziale della carica batterica con produzione di tossine, di derivanti della degradazione dei tessuti organici, possibili tossinfezioni. Gravi, talvolta letali, possono essere i ***rischi per la salute pubblica e del consumatore finale.***

Trattasi di alterazioni che non sempre comportano variazioni delle caratteristiche organolettiche del prodotto, avvertibili prima del consumo, **si rende quindi necessario dotarsi di un apposito rilevatore di scongelamento.**

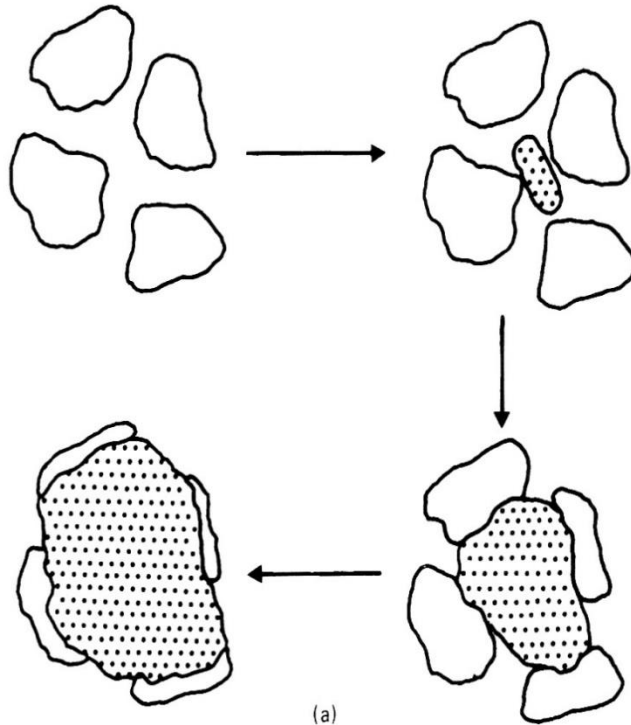
Congelamento - problematiche

Tempo necessario per attraversare zona critica determina numero e grandezza dei cristalli

Concentrazione soluzione liquida



Congelamento - problematiche



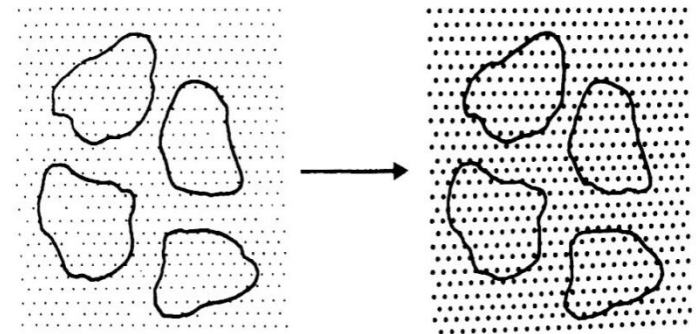
(a)

Congelamento rapido:

→ Cristalli di piccole dimensioni

Congelamento lento:

→ Cristalli di grandi dimensioni
→ danni ai tessuti



Confezionamento in atmosfera modificata

La tecnologia di confezionamento che prevede la **sostituzione**, parziale o integrale, dell'aria a contatto con gli alimenti con una miscela gassosa di composizione nota (UNI).

ATMOSFERE MODIFICATE attive

Il compito delle atmosfere protettive si concretizza nel togliere aeriformi e nell'aggiungere gas al microambiente interno alla confezione:

TOGLIERE L'ARIA

Eliminare l'aria atmosferica è di per sé un'operazione di pulizia utile e di ausilio alla migliore conservazione.

AGGIUNGERE ATMOSFERE PROTETTIVE

Le atmosfere modificate sono assortite in modo tale da esercitare effetti micostatici e batteriostatici, protettivi su costituenti sensibili e deperibili, azioni denaturanti su sistemi enzimatici indesiderati raggiunti, per lo più, dosando l'anidride carbonica.

Scopo principale del MAP è quello di **preservare nel tempo i livelli iniziali di qualità igienica ed organolettica, di estendere la Shelf Life dei prodotti alimentari**

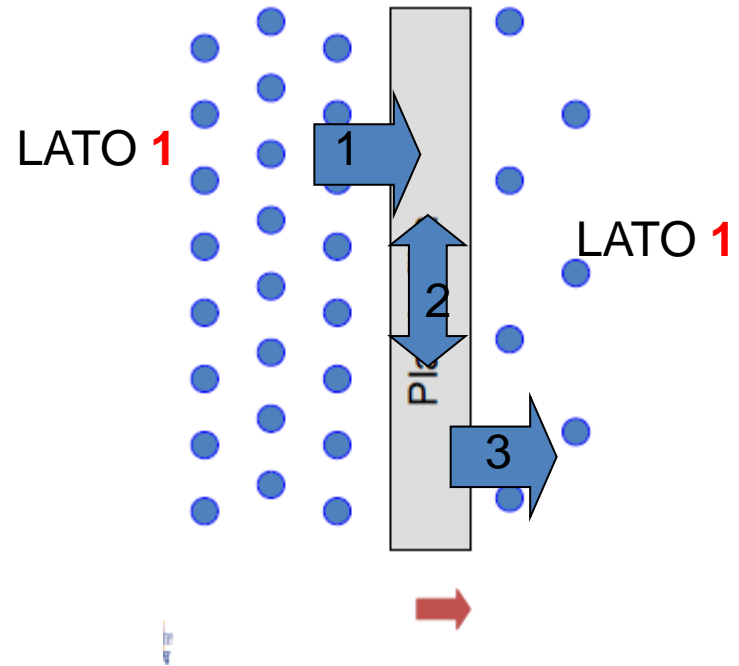
Atmosfera modificata passiva (PA)

Modificazione dell'atmosfera conseguente a metabolismi propri del prodotto (respirazione) e ai fenomeni di trasmissione dei gas attraverso i materiali di imballaggio (permeabilità) e non ad una volontaria e controllata sostituzione dell'atmosfera.

Deriva da consumo di ossigeno (microorganismi aerobi, respirazione di vegetali in post-raccolta) e produzione di biossido di carbonio (CO₂, anidride carbonica)) che si accumula nella confezione a permeabilità, ridotta verso i gas/aeriformi.

Atmosfera modificate e packaging

Caratteristiche della atmosfera all'interno della confezione sono influenzate dal materiale (PERMEABILITA' alle molecole aeriformi: CO₂, O₂, H₂O).

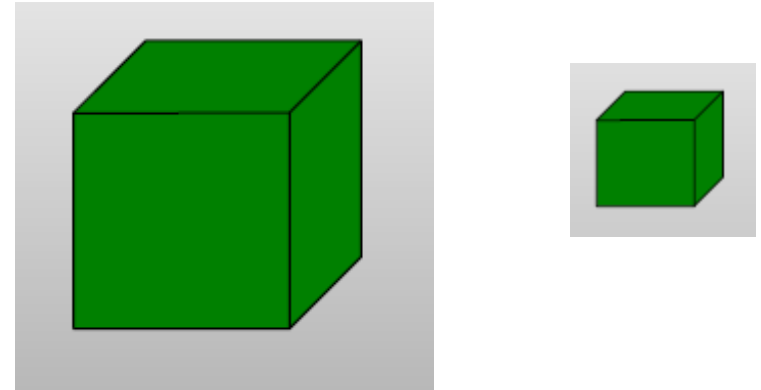


Atmosfera modificate e packaging

geometria imballaggio

superficie permeabile regola la quantità di aeriforme che permea: quanto più piccolo è il suo valore per unità di prodotto contenuto, tanto più estesa potrà risultare la shelf life

rapporto **superficie/volume**, indicato anche come *rapporto di forma*, varia in relazione alla forma e alla dimensione dell'imballaggio.



Contenitore più grande < S/V
→ Minori scambi

**SE MATERIALE CON CORRETTA
PERMEABILITA'**
→ **SHELF LIFE ALLUNGATA**

Atmosfera modificate e packaging

Vegetali freschi confezionati in MAP, minimamente lavorati, IV gamma

- a) Metabolismo attivo: consumano O₂ producono CO₂
- b) CO₂ aumenta concentrazione all'interno della confezione
- c) Permeabilità della confezione ridotta, fa uscire solo parte della CO₂
- d) Concentrazione di CO₂ rallenta il metabolismo del vegetale.

→ aumento della conservabilità per rallentamento del metabolismo

IL METABOLISMO NON DEVE PORTARE ALLA ANAEROBIOSI

PRODOTTO: Snack salato (prodotto secco e fritto)

Packaging troppo permeabile all'**ossigeno**  IRRANCIDIMENTO

Packaging troppo permeabile al **vapor d'acqua**  RAMMOLLIMENTO

PRODOTTO: Vegetale fresco, intensa respirazione

Packaging troppo permeabile ai gas  SENESCENZA AEROBICA

Packaging troppo impermeabile ai gas  SENESCENZA ANAEROBICA (ASFISSIA)

Packaging attivo – active packaging

Il materiale di confezionamento e l'ambiente interno alla confezione possono interagire positivamente:

- a) estendendo la shelf life (o durabilità) dell'alimento,
- b) migliorano la sicurezza
- c) esaltano alcune proprietà sensoriali, nel rispetto della qualità complessiva dell'alimento.

soluzioni di *packaging* che costantemente e attivamente interagiscono con:

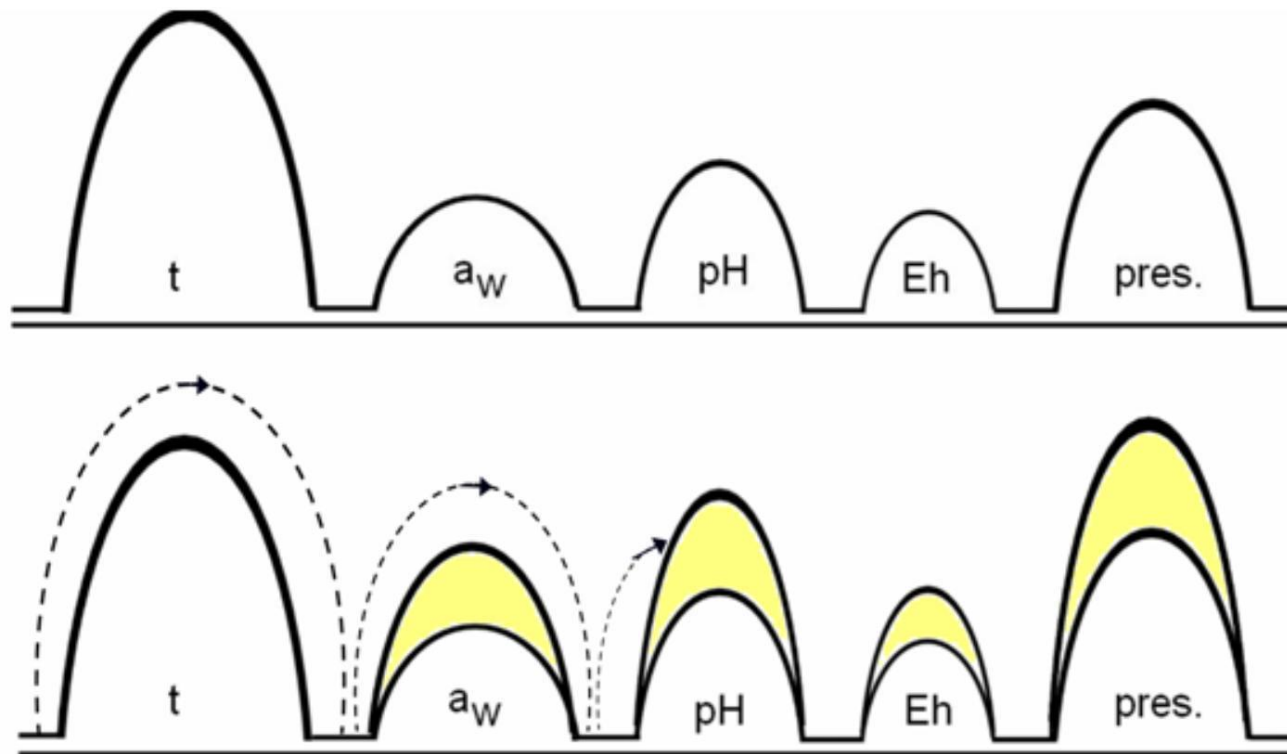
- a) atmosfera interna di una confezione **variandone la composizione quali-quantitativa** (assorbitori),
- b) con il prodotto in essa contenuto, mediante il **rilascio di sostanze utili per migliorarne la qualità o attraverso il sequestro di sostanze indesiderate o cessione di sostanze che contribuiscono alla conservabilità.**

Hurdle technology

Applicazione di più tecnologie “soft” che, mediante un effetto sinergico, contribuiscono a preservare l'alimento.

La combinazione degli effetti di diverse tecnologie sui processi alterativi degli alimenti li mantiene ad un livello qualitativo molto alto soprattutto per le caratteristiche organolettiche e nutrizionali, permettendo di mantenere la sicurezza.

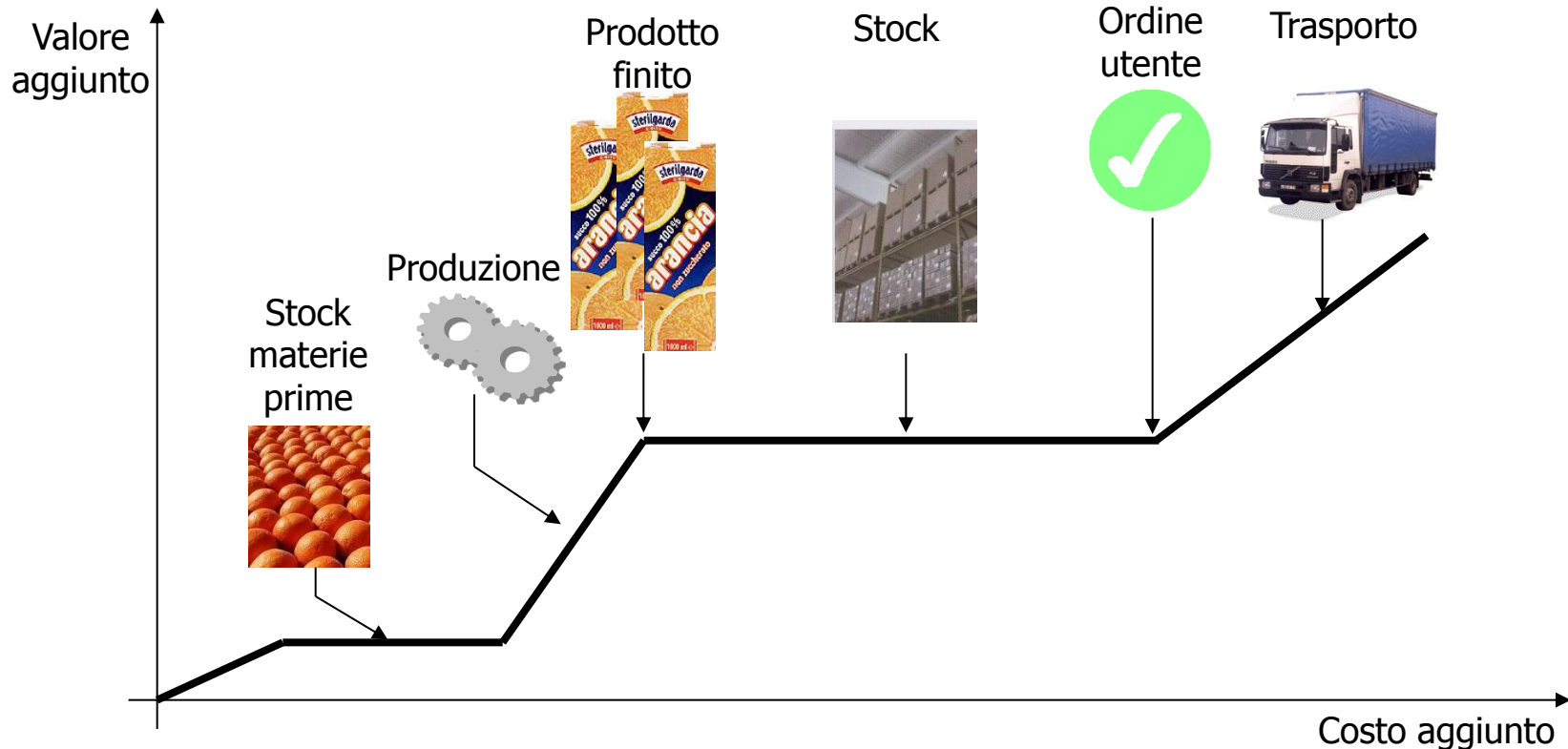
La teoria ad “ostacoli”



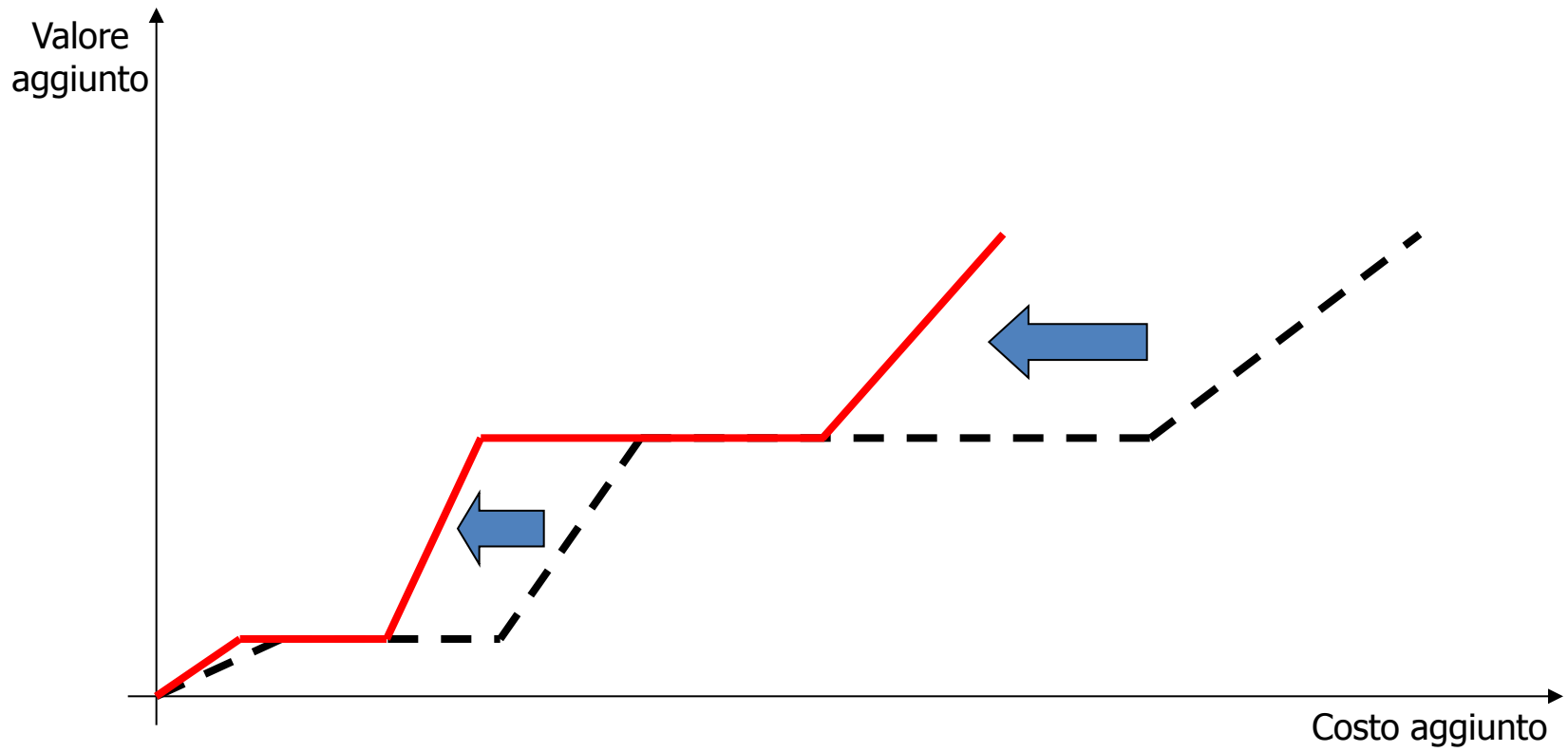
LOGISTICA AGRO-ALIMENTARE

In un'ottica di rete, l'obiettivo è ottimizzare le prestazioni dell'intera rete e non di una data coppia O/D o di una singola fase della catena. Si distinguono attività:

- a valore aggiunto
- a costo aggiunto



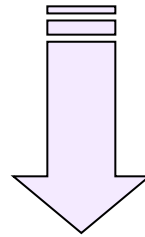
LOGISTICA AGRO-ALIMENTARE



LOGISTICA AGRO-ALIMENTARE

Tipologie di catene logistiche

- ❏ Catena del Freddo (gelati, surgelati, congelati, ...)
Distribuzione a $T < -18^{\circ}\text{C}$
- ❏ Catena del Fresco (ortofrutta, latte, derivati, ...)
Distribuzione a $0^{\circ}\text{C} < T < 4^{\circ}\text{C}$
- ❏ Catena del Caldo (alimenti e prodotti non deperibili)
Distribuzione a temperatura ambiente



TEMPERATURA = QUALITÀ

LOGISTICA AGRO-ALIMENTARE

Catena del Fresco

- ❏ Prodotti Alimentari Freschi
 - ❏ Prodotti ortofrutticoli
 - ❏ Prodotti Agroalimentari
 - ❏ Frutta
 - ❏ Latte e derivati (formaggi freschi, yogurt, burro, ecc.)
 - ❏ Carne ed insaccati
 - ❏ Pesce
 - ❏ Cibi freschi (pasta, pane, ecc.)
- ❏ Rete distributiva capillare, efficiente e corta
- ❏ Operatori pronti a investire nella nuove tecnologie

LOGISTICA AGRO-ALIMENTARE

Catena del Fresco

- ❑ Filiera a temperatura controllata (+0°C / +4°C)
- ❑ Aumento della velocità di crescita batterica e dell'attività organica (consumo di ossigeno), con conseguenti processi di fermentazione per $T > +4^\circ\text{C}$
- ❑ Calo di peso e perdita di freschezza per $T > +4^\circ\text{C}$



Insalata al momento della raccolta



Stesso prodotto dopo un ciclo non ottimale di stoccaggio in cella frigorifera tradizionale

LOGISTICA AGRO-ALIMENTARE

Principali criticità della logistica agro-alimentare in Italia

- ❑ Frammentazione imprese agro-alimentari
- ❑ Debole struttura distributiva
- ❑ Dialettica/confitto tra Produzione e Grande Distribuzione
- ❑ Disomogeneità della cultura logistica (attori, territori, sviluppi ITC, ecc.)
- ❑ Costi elevati del trasporto
- ❑ Insufficiente sviluppo del trasporto combinato e intermodale
- ❑ Distacco tra Logistica Aziendale e Logistica Territoriale
- ❑ Procedure e linguaggi non standard

CONCLUSIONE

Controllo e gestione dell'alimento su tutta la filiera:

**DAL CAMPO ALLA TAVOLA DEL CONSUMATORE
RICORDANDO CHE LE TECNOLOGIE POSSONO
SOLO RALLENTARE IL PROCESSO
DEGRADATIVO**

inoltre

**Corretta attenzione all'ambiente meno sprechi
alimentari → maggiore salvaguardia
ambientale**