

 UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

 MEDICINA
VETERINARIA
TERAMO

Corso di Laurea Magistrale in Scienze delle Produzioni Animali Sostenibili LM-86

UD-2

Insegnamento in: **SANITA' E SICUREZZA DEI PRODOTTI DI ORIGINE ANIMALE OTTENUTI DA
TECNOLOGIE INNOVATIVE E SOSTENIBILI**

SSD: VET/04; 6 CFU (60 ore)

Parte 2

A.A. 2023-2024

Docente del Corso:
Dr. Gianluigi Ferri
DVM; PhD in Food Inspection
gferri@unite.it

1

Food tech: Alte pressioni idrostatiche

HPP (High Pressure Procedure)

2

Cenni storici

- 1899 → Hite *et al.* effetti AP sui microrganismi
- 1914 → Bridgmann coagulazione albume
- Anni'30 → Basset *et al.* barosensibilità batteri, spore, tossine
- 1941 → Grant *et al.* Denaturazione albumina

Potenzialità applicative AP nella conservazione e trasformazione degli alimenti

3

CENNI STORICI

studi inizialmente senza applicazione

QUI

4

CENNI STORICI

**inizi anni '90 → comparsa prodotti alimentari trattati
con le AP sui mercati giapponesi**

5

PRINCIPI TECNOLOGICI

TRATTAMENTO CON LE ALTE PRESSIONI

**il prodotto alimentare all'interno di apposite
camere ...**

... viene compresso

... attraverso l'impiego di forti pressioni

**... che ne provocano il risanamento e/o la
trasformazione**

6

**PRESSA PER IL TRATTAMENTO DEI PRODOTTI ALIMENTARI CON LE ALTE PRESSIONI:
SEZIONE TRASVERSALE**

7

PRINCIPI TECNOLOGICI

TRATTAMENTO CON LE ALTE PRESSIONI

8

PRINCIPI TECNOLOGICI

PRESSATURA ISOSTATICA A FREDDO

Isostatica

**si applica con eguale intensità su tutti i punti
(Legge di Pascal)**

9

PRINCIPI TECNOLOGICI

PRESSATURA ISOSTATICA A FREDDO

trasmissione istantanea

10

PRINCIPI TECNOLOGICI

PRESSATURA ISOSTATICA A FREDDO

innalzamento temperatura

**il prodotto sottoposto
al trattamento presenta
un leggero incremento
della temperatura
(2-3°C/100 Mpa)**

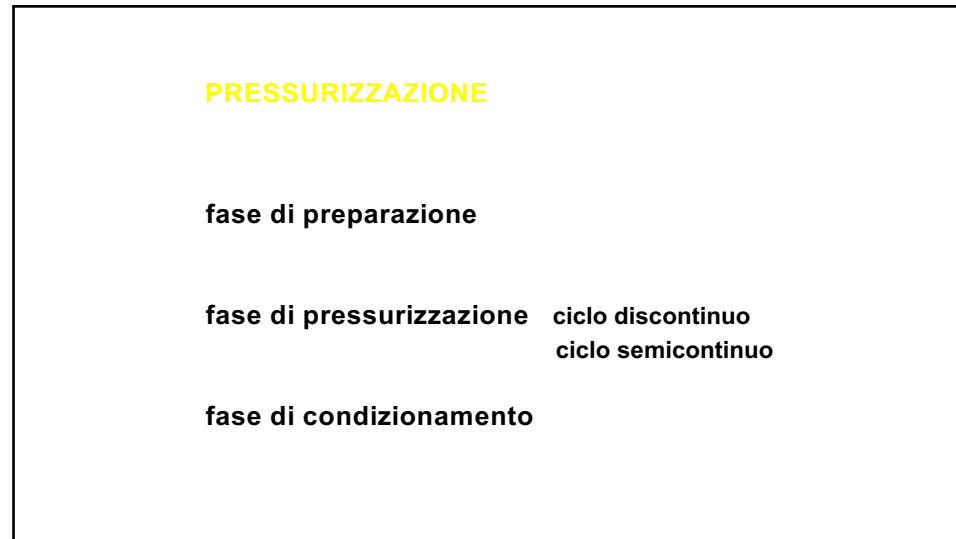
11

PRINCIPI TECNOLOGICI

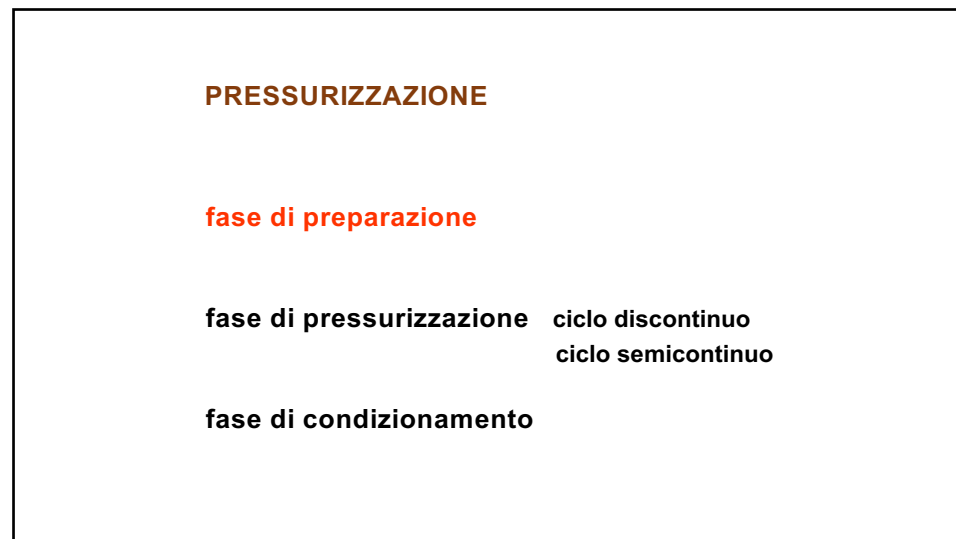
PRESSATURA ISOSTATICA A FREDDO

**il prodotto subisce un trattamento uniforme
con un effetto uguale in tutti i suoi punti,
qualunque siano la sua massa, il volume,
la forma, lo stato fisico**

12



13



14

alimenti solidi o liquidi densi
→ confezionamento sottovuoto

caratteristiche imballaggio:

- **flessibile → capace di deformarsi adattandosi alla riduzione di volume del contenuto senza lacerarsi**
- **isolante e impermeabile**

15

PRESSURIZZAZIONE

fase di pressurizzazione **ciclo discontinuo**
ciclo semicontinuo

16

ciclo discontinuo

- introduzione prodotto nella camera di pressurizzazione (fase di carico)
- chiusura della camera
- fase di compressione (allontanamento dell'aria per ingresso dell'acqua pressurizzata (parametri di trattamento: pressione/tempo)

fase di decompressione

fase di scarico

17

ciclo semicontinuo

liquidi (es. succhi di frutta) che non richiedono una fase preliminare di imballaggio

utilizzo di una serie di camere di compressione in batteria funzionanti in modo alternato

trattamenti di breve durata (pochi minuti)

uscita del liquido alimentare trattato in continuo

18

MECCANISMO DI AZIONE

sensibilità dei legami chimici alle AP

- legami ionici → sensibili
- legami idrogeno → tolleranti
- legami covalenti → resistenti

21

MECCANISMO DI AZIONE

sensibilità molecole biologiche alle AP

molecole biologiche ricche di legami deboli
(ionici) → sensibili al trattamento con AP

molecole biologiche ricche di legami forti e stabili
(covalenti) → meno idonee al trattamento con le AP

22

MECCANISMO DI AZIONE
SULLE MOLECOLE BIOLOGICHE

azione sulle proteine

azione sui glucidi

azione sui lipidi

azione sulle vitamine

23

MECCANISMO DI AZIONE
SULLE MOLECOLE BIOLOGICHE

azione sulle proteine → effetto globale risultante
dalla azione sui differenti livelli strutturali
della molecola proteica

24

Struttura primaria → sequenza degli aminoacidi

Struttura secondaria → arrangiamento della molecola su un piano
(interazione tra aminoacidi prossimali posti sulla stessa catena)

Struttura terziaria → conformazione spaziale delle strutture secondarie
→ piegamenti della catena proteica su se stessa
(interazione tra aminoacidi non prossimali posti sulla stessa catena)

Struttura quaternaria → associazione nello spazio di più molecole proteiche (monomeri)
(interazione tra aminoacidi posti su catene diverse)

25

Struttura primaria → legami covalenti
sequenza degli aminoacidi non compromessa

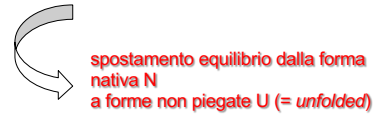
Struttura secondaria → legami H tra gli aminoacidi modificata
soltanto da pressioni elevate (800 MPa)
notevole variabilità tra le diverse molecole proteiche →
→ cambiamenti imprevedibili

Struttura terziaria → legami di tipo covalente – H – ionico
Legami covalenti (ponti disolfuro) → stabilità alla struttura
Legami H e ionici → distrutti da trattamenti di 100-200 Mpa
diverse regioni della molecola → stabilità variabile
regioni meno stabili → svolgimento delle proteine globulari →
riduzione di volume della molecola (500 MPa)

Struttura quaternaria → legami ionici – H – idrofobi
dissoluzione della struttura nelle unità fondamentali (monomeri,
dimeri, trimeri) anche a valori < 150 MPa

26

azione sulle proteine → effetto globale
 → (deformazione, rottura, nuova disposizione spaziale)
 risultante dalla azione delle AP (intensità trattamento) sui
 differenti livelli strutturali della molecola proteica



27

**Intensità del trattamento con AP per ottenere la dissociazione
 dell'actomiosina e la depolimerizzazione della struttura
 quaternaria delle due proteine costituenti**



28

Applicazione tecnologica → produzione di gel

Caratteristiche nettamente superiori a quelli derivanti da trattamento termico

Denaturazione termica → rottura legami covalenti → variazioni di colore e sapore

Denaturazione con le AP → gel di maggiore morbidezza, elasticità, lucentezza, levigatezza e adesività
Conservazione colore e sapore originari

29

MECCANISMO DI AZIONE SULLE MOLECOLE BIOLOGICHE

azione sulle proteine

azione sui glucidi

azione sui lipidi

azione sulle vitamine

30

Glucidi semplici

Non subiscono modificazioni se sottoposti a pressioni tra 100 e 1000 MPa

Sciroppo di limone fresco trattato a 600 MPa → inalterato il tenore in glucosio, fruttosio, saccarosio

Glucidi complessi

Catene di esosi unite da legami non covalenti → sensibili al trattamento con AP

Alcuni poliesosi pressurizzati → trasformazione in gel

31

**MECCANISMO DI AZIONE
SULLE MOLECOLE BIOLOGICHE**

azione sulle proteine

azione sui glucidi

azione sui lipidi

azione sulle vitamine

32

aumento della temperatura di fusione

20°C per ogni 100 MPa di pressione applicata

il fenomeno si spiega ammettendo che:

a T = costante un aumento di pressione accresce l'ordine delle molecole → aumento del punto di fusione della sostanza sottoposta a pressione costante

33

MECCANISMO DI AZIONE SULLE MOLECOLE BIOLOGICHE

azione sulle proteine

azione sui glucidi

azione sui lipidi

azione sulle vitamine

34

piccole molecole nella cui struttura entrano a far parte legami chimici covalenti → scarsa sensibilità alle AP

→ importanza applicativa nei succhi di frutta

vit. C non distrutta da trattamenti di 600 MPa/ 5' con T=21°C

→ importanza applicativa nella frutta fresca

95% vit. C in fragole fresche trattate a 400 MPa/ 30'

35

AZIONE SUI COSTITUENTI DELLA CELLULA MICROBICA

materiale genetico

acido ribonucleico

membrana cellulare

parete cellulare

36

**AZIONE SUI COSTITUENTI DELLA
CELLULA MICROBICA**

**materiale genetico
acido desossiribonucleico**

- molto resistente
- struttura a doppia elica conservata (legami H)
- replicazione e trascrizione inibite anche da valori relativamente bassi

37

**AZIONE SUI COSTITUENTI DELLA
CELLULA MICROBICA**

**materiale genetico
acido ribonucleico**

- la sua sensibilità alle AP condiziona le sintesi proteiche
- inibizione a livello di trascrizione
fissazione del t-RNA sul ribosoma
translocazione
- tutti i passaggi che vedono modifiche spaziali delle strutture cellulari sono impediti dalla pressione
- sufficienti trattamenti < 100 MPa

38

AZIONE SUI COSTITUENTI DELLA CELLULA MICROBICA

membrana cellulare

- azioni delle AP sul **bilayer fosfolipidico**
- → riduzione dello spazio tra le strutture da cui è formato
- → assottigliamento e aumento consistenza
- → diminuzione fluidità e dinamicità
- modificazioni già evidenti a 100 MPa

39

AZIONE SUI COSTITUENTI DELLA CELLULA MICROBICA

membrana cellulare

- azioni delle AP sulle **proteine enzimatiche di membrana**
- riduzione attività molecole deputate al trasporto attivo
- es. enzima ATPasi Ca-dipendente (membrana RE) → inattivato a 150 MPa

40

AZIONE SUI COSTITUENTI DELLA CELLULA MICROBICA

membrana cellulare

- a 200 MPa → dissolvimento membrana vacuoli
- a 300 MPa → parziale distruzione membrana con perdita citoplasma

41

AZIONE SUI COSTITUENTI DELLA CELLULA MICROBICA

parete cellulare

- Gram +
→ peptidoglicano poco sensibile alle AP (legami covalenti)
- Gram - → strato di peptidoglicano minore → elevato contenuto di proteine → maggiore sensibilità

42



43



44

AZIONE SUI MICRORGANISMI: forme vegetative

meccanismi non ancora ben chiariti

azione



**collasso vacuoli di gas + apertura di fori
nella membrana cellulare → perdita
permeabilità selettiva → destabilizzazione
gradienti elettrochimici → morte**

45

AZIONE SUI MICRORGANISMI: forme vegetative

meccanismi non ancora ben chiariti

azione
chimico-fisica

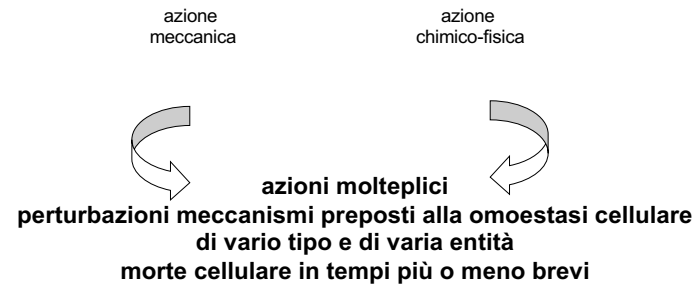
**interessate le componenti proteiche
diverse modificazioni fisiche e chimiche
ruolo fondamentale: acqua presente all'interno della cellula**



46

AZIONE SUI MICRORGANISMI: forme vegetative

meccanismi non ancora ben chiariti



47

AZIONE SUI MICRORGANISMI: spore

sono poco sensibili alle AP

- morfologia
- scarso contenuto di acqua
- composizione chimica

spore di *Bacillus subtilis*

- non inattivate con trattamenti di 1200 MPa/14h
- 1750 MPa/45'

48

AZIONE SUI MICRORGANISMI: spore

Maggiore sensibilità a trattamenti con pressioni più basse!!!

Bacillus pumilus (spore)

80 MPa; T = 25°C; tampone fosfato (pH = 6.8)

→ inattivazione parziale!!!!!!

49

AZIONE SUI MICRORGANISMI: spore

popolazione iniziale

frazione termostabile

popolazione finale

frazione termostabile

frazione termolabile

frazione inattivata

50

AZIONE SUI MICRORGANISMI: spore

... trattamenti a bassa intensità sono in grado di provocare la germinazione delle spore ...

"riattivazione baroindotta"

- ripresa della attività enzimatica
- depolimerizzazione componenti della spora
- liberazione di calcio e di acido dipicolinico
- sparizione della cortex
- diminuzione del peso secco

51

AZIONE SUI MICRORGANISMI: spore

... la pressione provoca la germinazione di una parte delle spore ...

- spore non germinate → frazione termostabile
- spore germinate → forme vegetative → frazione termolabile
- forme vegetative barosensibili → frazione inattivata

52

AZIONE SU LIEVITI E MUFFE

sono abbastanza sensibili ai trattamenti con AP
il substrato influenza notevolmente la barosensibilità
essa diminuisce se la concentrazione di zucchero
dello sciroppo di frutta in cui si trovano aumenta
effetto baroprotettore alte concentrazioni di zuccheri
→ legato all'abbassamento dell'attività dell'acqua

53

AZIONE SU LIEVITI E MUFFE

ES. *Candida parapsilosis* presente nelle fragole fresche →
→ non totalmente inattivata a 400 MPa/15' a T=amb quando
presente in confetture

54

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE

formazione di gel

gelatine
colloidi

- **gelatine** → costituite da molecole filiformi come quelle dei polisaccaridi
- **colloidi o emulsioni** → ottenuti a partire da molecole globulari come quelle proteiche

amido di mais, grano o riso → gel molto stabili più digeribili dell'amido nella sua forma originale (aumento digeribilità del 70% dopo trattamento a 500 MPa/1h a 45°C)

55

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE

uova

tuorlo → coagulazione 400 MPa
albume → coagulazione 620 Mpa

gel compatti e teneri

56

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE

gel: caratteristiche superiori a quelli ottenuti con trattamenti termici
(colore ed odore originari, minor durezza, maggiore elasticità,
lucentezza)

ESEMPI APPLICATIVI

ALIMENTO	PRESSIONE APPLICATA (MPa)
carne di coniglio	200
carpa e maccarello	500/10'
surimi differenti specie ittiche	400
sardine e tonno	400
calamari	600
macinato di carne	700

57

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE

modificazioni caratteristiche organolettiche

aumento tenerezza delle carni

58

Tenerezza = Qualità legata alla struttura della carne

- **tessuto connettivo presente nel muscolo**
(quantità e qualità fibre collagene)
- **durezza della componente miofibrillare**
 - aumenta dopo la morte
 - raggiunge il massimo durante il rigor
 - decresce in seguito alla frollatura

59

Tenerezza = Qualità legata alla struttura della carne

- **tessuto connettivo presente nel muscolo**
- **durezza della componente miofibrillare**

le AP non hanno alcun effetto sul tessuto connettivo

le AP liberano enzimi lisosomiali (catepsine) che intervengono nella maturazione del muscolo in carne

le AP agiscono direttamente sulle miofibrille
 → divaricamento e rottura (frammentazione)
 → distruzione linea Z
 → depolimerizzazione actina e miosina

30% miofibrille frammentate a 100 MPa; 90% a 300 Mpa

aumento della tenerezza

60

ATTUALI APPLICAZIONI

- confetture (fragole, kiwi, mele)

AP → gelificazione della miscela di frutta, zucchero e pectine, stabilizzazione dell'insieme senza sottoporre il prodotto a cottura

- yogurt
- salse
- succhi di frutta (mandarino, arancia, pompelmo)
- prosciutti
- gelati con frutta a pezzi

61

APPLICAZIONI POTENZIALI

prodotti lattiero-caseari

Trattamento latte crudo

→ produzione formaggi a latte crudo

Mantenimento qualità originarie latte crudo con caratteristiche igieniche sovrapponibili a quelle del latte trattato termicamente

Distruzione della beta-lattoglobulina (allergene) → 200 MPa/20' a 30°C in presenza di termolisina → idrolisi totale

Accelerazione maturazione del formaggio

50 MPa/3 giorni a 25°C → stesso grado di maturazione ottenibile in 6 mesi!!!

62

APPLICAZIONI POTENZIALI

scongelamento

carne bovina conservata a -20°C scongelata con un trattamento di 50 MPa/30' a T = 20°C

vantaggioso utilizzo per grosse pezzature → efficacia del trattamento indipendente dal volume trattato

63

APPLICAZIONI POTENZIALI

solforazione del vino

- arresto delle fermentazioni
- evita di ricorrere all'additivo bisolfito

64

VANTAGGI

- tempo di trattamento indipendente dimensioni prodotto
- limitato impatto ambientale
(assenza reflui e riutilizzo acqua di raffreddamento)
- assenza danni termici
- assenza danni meccanici (scarsa compressibilità acqua, componente principale della maggior parte degli alimenti)

65

Domande ???

66