

Malattie del collagene

- ❑ Acquisite: scorbuto (deficit vit. C)
- ❑ Congenite (autosomiche dominanti): sindrome di Ehlers Danlos; osteogenesi imperfetta; sindrome di Marfan



Figure 1—Hyperelastic facial skin.



Figure 2—Extreme laxity and hypermobility of finger joints.



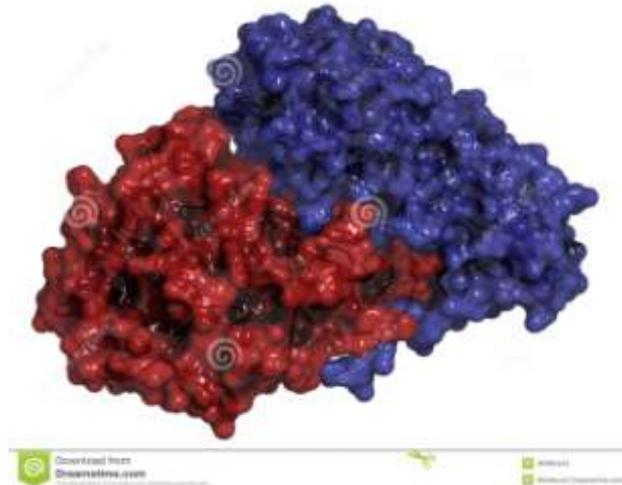
Sc

Deficienza di ac. ascorbico → insufficiente idrossilazione Lys e Pro → diminuita stabilità della tripla elica per riduzione dei cross-links covalenti tra fibrille (tutti i tipi di collagene)

Fragilità capillare, ematomi ed emorragie, lenta cicatrizzazione ferite, deficit accrescimento nei bambini.

PROTEINE SEMPLICI solo amminoacidi

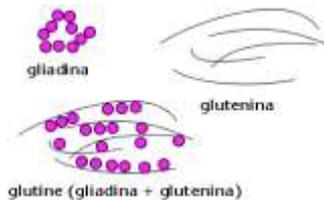
- **Le albumine**, sono solubili in acqua, coagulabili al calore, ricche di aminoacidi solforati, proteine di riserva nei vegetali (legumina e faseolina), largamente distribuite anche negli alimenti di origine animale (latte, carne, uova). Le troviamo anche nel sangue. Alcune sono velenose (ricina).



ricina

La **ricina** è una proteina presente nei semi della pianta *Ricinus communis*

Le prolammine o gliadine, sono insolubili in acqua, sono contenute nei semi. Esempi sono la gliadina del frumento e della segale che associata alla glutenina forma il glutine molto importante nei processi di panificazione e plastificazione, l'ordeina dell'orzo e la zeina del mais. **L'intolleranza congenita alla gliadina è nota come malattia celiaca.**



- **Le gluteline**, sono insolubili in acqua e coagulate dal calore, nei semi sono associate alle gliadine. La glutelina del frumento è la glutenina.
- **Le scleroproteine**, hanno funzione meccanica, scarso valore nutrizionale e sono poco solubili in acqua. Esempi sono Il collagene del tessuto connettivo (tendini) che bollito in acqua si trasforma in gelatina animale. Le cheratine hanno un elevato contenuto in cistina (si trovano in capelli, unghie, lana, penne, corna). L'actina e la miosina dei muscoli.

PROTEINE CONIUGATE

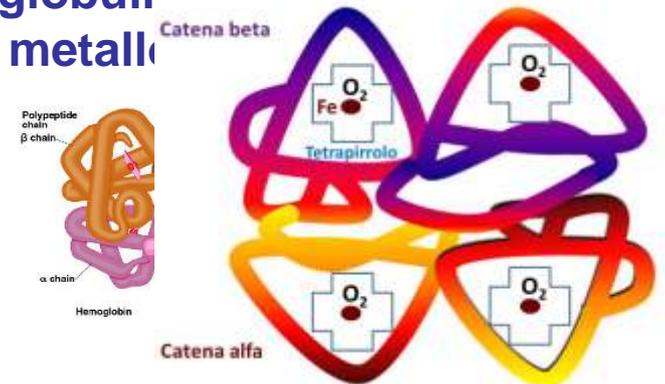
- Le fosfoproteine o fosfoprotidi sono insolubili in acqua, solubili negli alcali diluiti contengono come gruppo prostetico acido ortofosforico. Una fosfoproteina è la caseina del latte che non coagula al calore in ambiente neutro ma in ambiente acido. Nel tuorlo d'uovo si trova la ovovitellina.
- I nucleoprotidi rappresentano i costituenti principali del nucleo delle cellule il gruppo prostetico è costituito dagli acidi nucleici [il cui elemento costitutivo è il nucleotide formato da una base purinica o pirimidinica, da una molecola di acido fosforico e da un pentoso (D-ribosio RNA) (D-desossiribosio DNA)]. Il prodotto finale del catabolismo delle basi puriniche è l'acido urico (l'ingestione eccessiva provoca uricemia, uricuria, calcoli renali e gotta)

glicoprotidi o mucoproteine il gruppo prostetico è un carboidrato. Si trovano in vari tessuti dove possono svolgere azione protettiva; di interesse alimentare è l'ovomucoide dell'uovo che è un fattore antitripsico in grado di inibire l'attività enzimatica della tripsina, limitando così la disponibilità della metionina e di altri amminoacidi.

l'ovomucoide (proteina altamente *glicosilata* dell'ALBUME d'uovo di GALLINA) è una molecola estremamente resistente al calore ed alla tripsina digestiva; per questo, anche dopo la cottura, conserva efficacemente la propria capacità allergizzante.



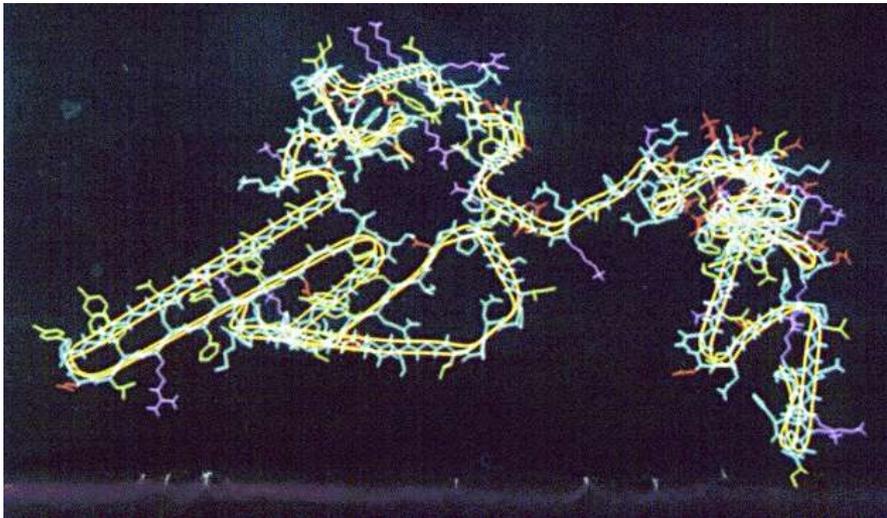
• Le cromoproteine la parte proteica è una globuli prostetici sono pigmenti cromofori contenenti un metallo



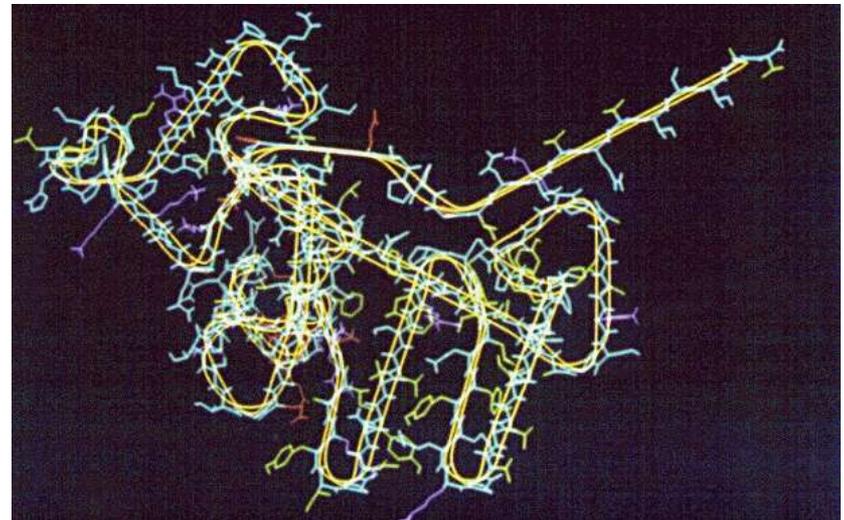
Le proteine del latte

Le caseine (fosfoproteina) non coagulano con il calore; per questo motivo non subiscono perdite significative durante la pastorizzazione o la sterilizzazione del latte. Le caseine coagulano invece per acidificazione o per l'azione di alcuni enzimi proteolitici.

α (s)-Caseina

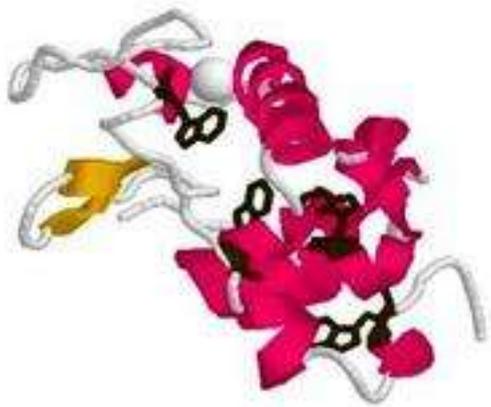


K-Caseina

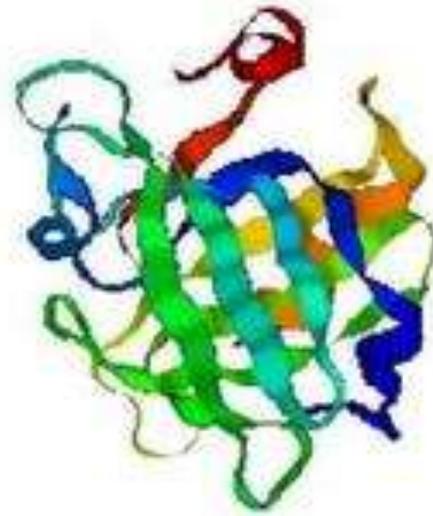


Le sieroproteine non coagulano né per effetto degli enzimi, né per acidificazione ma si denaturano facilmente per azione del calore.

Le principali sieroproteine sono la β -lattoglobulina e da α -lattoalbumina.



**Struttura tridimensionale della
 α -lattoalbumina**



**Struttura tridimensionale della
 β -lattoglobulina**

Proprietà funzionali delle proteine negli alimenti

Oltre che per gli aspetti **nutrizionali**, le proteine hanno importanza fondamentale anche per l'**aspetto** fisico di molti alimenti (solubilità, la dispersibilità, la capacità di legare l'acqua, le proprietà umettanti, le proprietà gelificanti, la coagulazione, la viscosità, l'elasticità, la coesione, le capacità emulsionanti, le proprietà montanti e schiumogene, l'adsorbimento dei grassi e quello degli aromi).

Aspetti nutrizionali e dietetici

Molta attenzione si deve porre alla protezione ed alla **preservazione delle proteine** durante i vari trattamenti che subiscono gli alimenti al fine di conservare il più possibile **integro il loro valore nutrizionale**.

Le proteine ci forniscono gli aminoacidi in quantità variabili. Alcuni di questi sono sintetizzabili dal nostro organismo, altri devono essere introdotti obbligatoriamente.

Questi ultimi sono indicati come aminoacidi essenziali

PER LE QUALITÀ NUTRIZIONALI LE PROTEINE POSSONO ESSERE SUDDIVISE IN DUE DISTINTI GRUPPI:

- **PROTEINE COMPLETE** dette anche nobili, che contengono tutti gli aminoacidi essenziali nelle giuste proporzioni (quasi tutte proteine animali)
- **PROTEINE INCOMPLETE** che mancano di uno o più aminoacidi essenziali oppure li contengono in quantità inadeguata ed hanno quindi una deficienza assoluta o relativa di questi ultimi (quasi tutte proteine vegetali).

In seguito alla digestione delle proteine alimentari, gli aminoacidi sono assorbiti dalla mucosa dell'intestino tenue.

LA QUALITÀ DELLE PROTEINE è anche un concetto importante in campo nutrizionale e indica l'efficacia nutrizionale delle proteine; ed è funzione della composizione aminoacidica e della loro biodisponibilità.

Dipende dalle seguenti componenti:

Intrinseca: legata al contenuto di **AA essenziali**

Estrinseca: legata alle interazioni della proteina con l'organismo, quindi alla sua **digeribilità e alla biodisponibilità** degli AA.

**LA QUALITÀ DELLE PROTEINE
SI MISURA CON DEGLI INDICI:**

DIGERIBILITÀ

VALORE BIOLOGICO

UTILIZZAZIONE PROTEICA NETTA

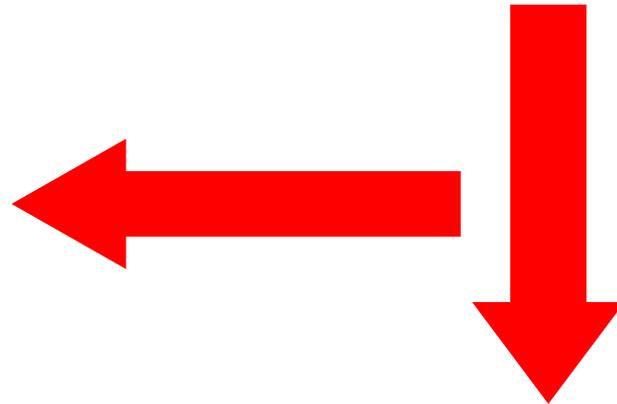
AZOTO INGERITO
(proteina greggia)

AZOTO
FECAL

AZOTO ASSORBITO

AZOTO
URINARIO

AZOTO
TRATTENUTO



➤ le proteine:

quale il valore nutritivo ?

- 3 parametri per valutare la digeribilità e l' utilizzazione a livello metabolico:
- **C.U.D.** (coefficiente di utilizzazione digestiva):
dato dal rapporto tra azoto assorbito e azoto ingerito (Na/Ni): alto per le proteine di origine animale, minore per le proteine di origine vegetale;
- **P.E.R.** (protein efficiency ratio = coefficiente di efficacia proteica): basato sullo studio delle curve di accrescimento di lotti di animali alimentati con proteine: indica il guadagno in peso corporeo/g di proteina ingerita;
- **N.P.U.** (net protein utilization = utilizzazione proteica netta): esprime la digeribilità ed il valore biologico della proteina.

Digeribilità proteica

Definizione: quantità di proteina realmente digerita ed assorbita

Digeribilità apparente $(N_{\text{ingerito}} - N_{\text{fecale}}) / N_{\text{ingerito}} \times 100$

Digeribilità reale $(N_{\text{ingerito}} - (N_{\text{fecale}} - N_{\text{endogeno}})) / N_{\text{ingerito}} \times 100$

La Digeribilità è compresa tra 80-90%

È influenzata da:

Trattamenti termici



Presenza di inibitori delle proteasi

Presenza di antinutrienti

Presenza di proteine resistenti alla digestione



VALORE BIOLOGICO (BV)

Il valore biologico esprime la completezza di una proteina cioè la presenza di tutti gli aminoacidi essenziali nelle proporzioni ottimali ai fini delle sintesi proteiche corporee. Le proteine animali (definite complete in aminoacidi essenziali) hanno un valore biologico superiore a quelle vegetali (definite incomplete in aminoacidi essenziali) Proteine complete ed incomplete vengono associate nello stesso pasto in modo da ottenere un apporto aminoacidico completo.

METODI PER VALUTARE IL VALORE BIOLOGICO DELLE PROTEINE: metodi chimici

Necessitano di un metodo attendibile e riproducibile per determinare gli AA.

INDICE CHIMICO: determina il rapporto tra il contenuto di ogni singolo AA indispensabile e il corrispondente AA di un pattern di riferimento considerato ottimale.

$$\frac{\text{mg AA essenziale / g proteina test}}{\text{mg AA essenziale / g proteina riferimento}} \times 100$$

L'AA presente in concentrazione minore è detto LIMITANTE.

LIMITI: non tiene conto della digeribilità proteica.

METODI PER VALUTARE LA QUALITA' BIOLOGICA DELLE PROTEINE: metodi biologici

Si basano sulla misura diretta o indiretta della deposizione proteica o sull'aumento di peso corporeo che la proteina o la miscela di proteine in esame è capace di promuovere.

PER (coeff. efficacia proteica =
(basato sulla
variazione di peso) $= \frac{\text{peso finale} - \text{peso iniziale}}{\text{intake proteico}}$

$$BV = \frac{N \text{ introdotto} - N \text{ feci} - N \text{ urine}}{N \text{ introdotto} - N \text{ feci}} \quad (\text{se } N \text{ urine} = 0 \text{ } BV = 1 = \text{max})$$

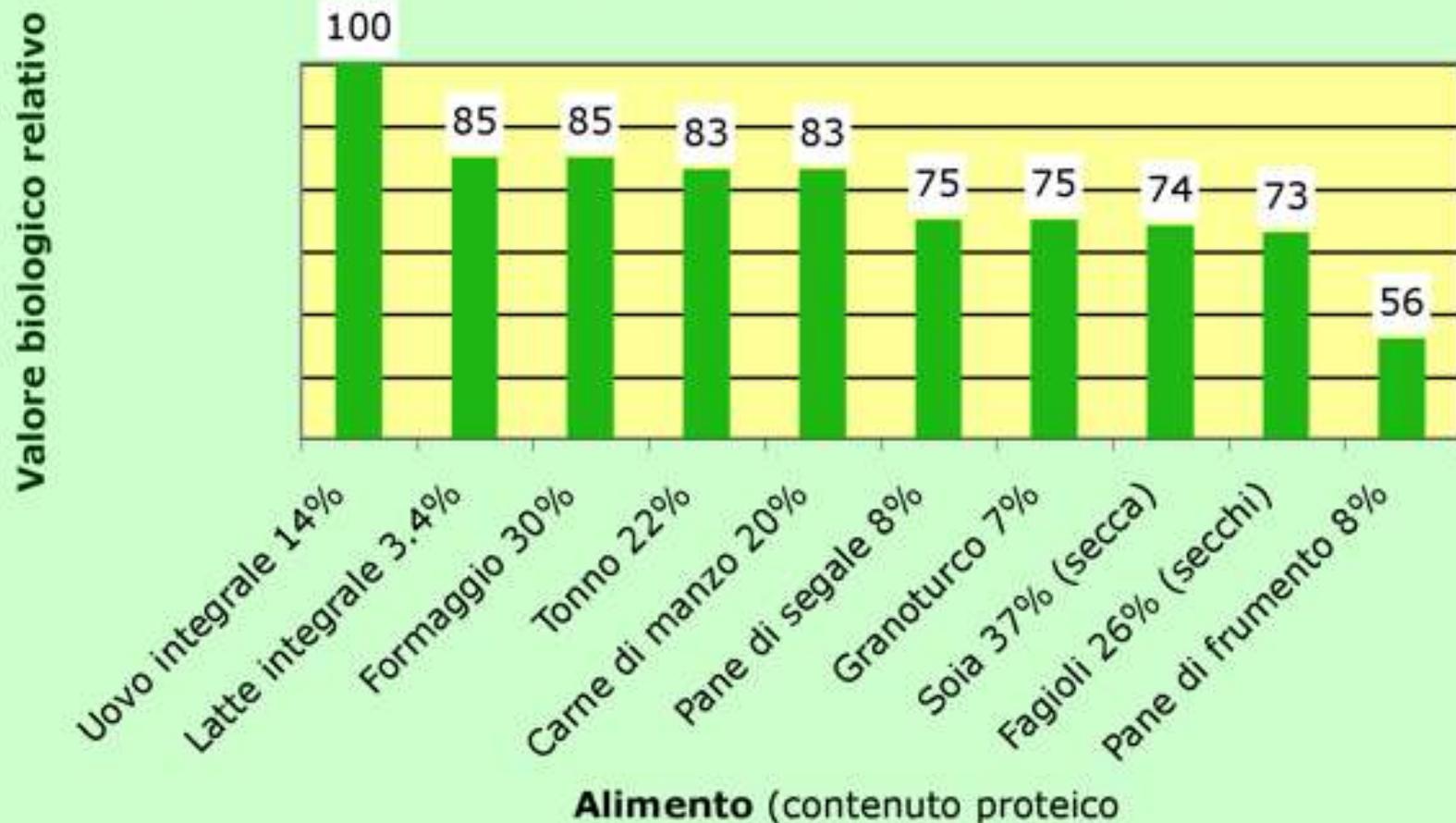
Limiti: durata e costi delle analisi; non danno informazioni sul contenuto di AA.

Affermare ad esempio che il riso ha un valore biologico di 64,0 vuol dire che su 100 amminoacidi assorbiti, circa 64 sono quelli utilizzati ed incorporati nelle cellule dell'organismo (FUNZIONE PLASTICA).

Gli aminoacidi sono coinvolti non solo nei processi di tipo plastico, ma anche in quelli energetici come la sintesi degli zuccheri e dei lipidi.

Valore biologico delle proteine in diversi alimenti

secondo Burgerstein: Handbuch der Nährstoffe; HAUG, Heidelberg 1997



UTILIZZAZIONE PROTEICA NETTA (NPU)

Questo indice viene calcolato tenendo conto sia del valore biologico (BV) che della digeribilità (D) di una proteina.

$$BV \times D = NPU$$

esprime la digeribilità ed il valore biologico della proteina.

7.4. Alterazioni delle proteine e degli amminoacidi

Possono essere:

— dovute a processi di trasformazione degli alimenti, legate soprattutto all'azione delle alte temperature e del pH, non sempre sfavorevoli dal punto di vista della variazione dei caratteri nutritivi ed organolettici e della salubrità degli alimenti, anzi talora desiderate (cottura degli alimenti);

— imputabili all'azione degradativa di enzimi e microrganismi, generalmente in-

Rientrano nel primo gruppo:

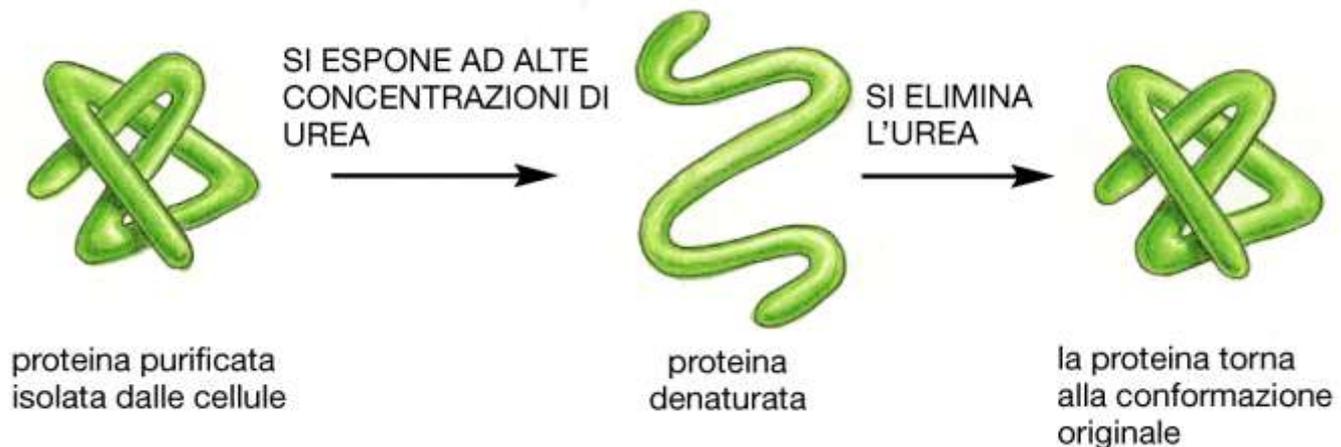
- la denaturazione proteica
- la modificazione delle catene laterali degli amminoacidi
- l'interazione delle proteine con altri composti, in particolare con i glicidi (R. di Maillard).

Rientrano nel secondo gruppo:

- l'idrolisi proteica
- la demolizione enzimatica degli amminoacidi, complesso di reazioni che prende il nome complessivo di putrefazione.

Denaturazione reversibile ed irreversibile

- Denaturazione: perdita della struttura tridimensionale
 - Può essere causata da variazioni anche modeste di temperatura e pH, presenza di solventi organici (alcool, acetone e urea)
 - Reversibile: la rimozione dell'agente denaturante permette di riprendere spontaneamente la struttura nativa
 - Irreversibile: la proteina non ritorna più alla condizione originale
- Talvolta la proteina può riassumere la sua struttura tridimensionale solo nell'ambiente intracellulare, per la presenza di altre proteine chiamate chaperonine



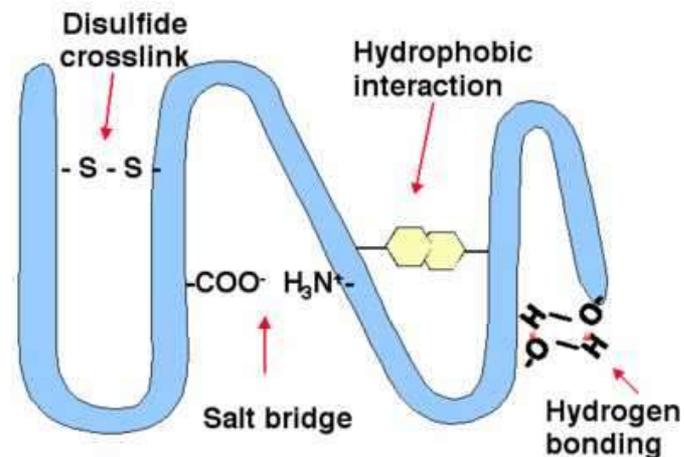
Le *elevate temperature* determinano la rottura dei legami idrogeno. Per esempio, quando una proteina globulare viene riscaldata, la sua molecola si distende e diventa insolubile: è ciò che accade all'*albumina*, la proteina globulare contenuta nell'albume dell'uovo, dispersa tra molecole d'acqua. Quando cuociamo un uovo, si rompono i legami idrogeno che "tengono in forma" le molecole dell'albumina: queste si srotolano e diventano insolubili, per cui "precipitano" assumendo l'aspetto di una sostanza solida bianca (*fig. 1b*).

Le *variazioni di pH*, anche piccole, possono determinare la rottura dei legami ionici, poiché alterano le cariche presenti nei gruppi R; la proteina perde perciò la sua corretta configurazione.

Certe sostanze chimiche (dette *riducenti*) rompono i ponti disolfuro.

Su questo effetto si basa il trattamento che consente di dare forma ai capelli mediante la permanente: i capelli sono costituiti da catene di cheratina unite tra loro da numerosi ponti disolfuro che possono essere rotti e ripristinati, consentendo di rendere i capelli ondulati a piacere per un periodo abbastanza lungo (*fig. 1c*).

Tertiary structure of proteins



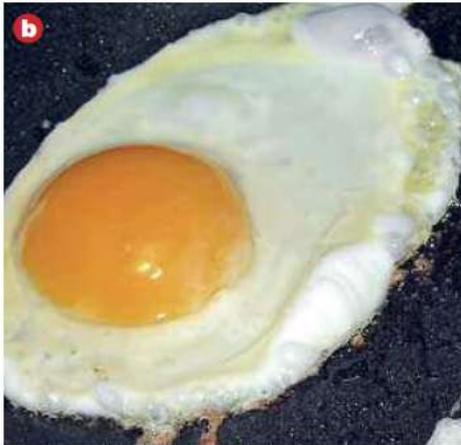
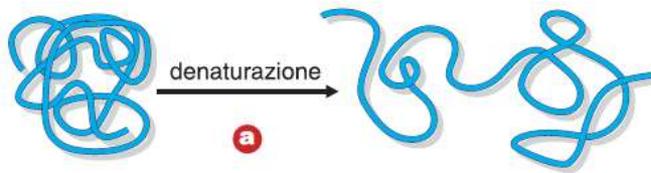
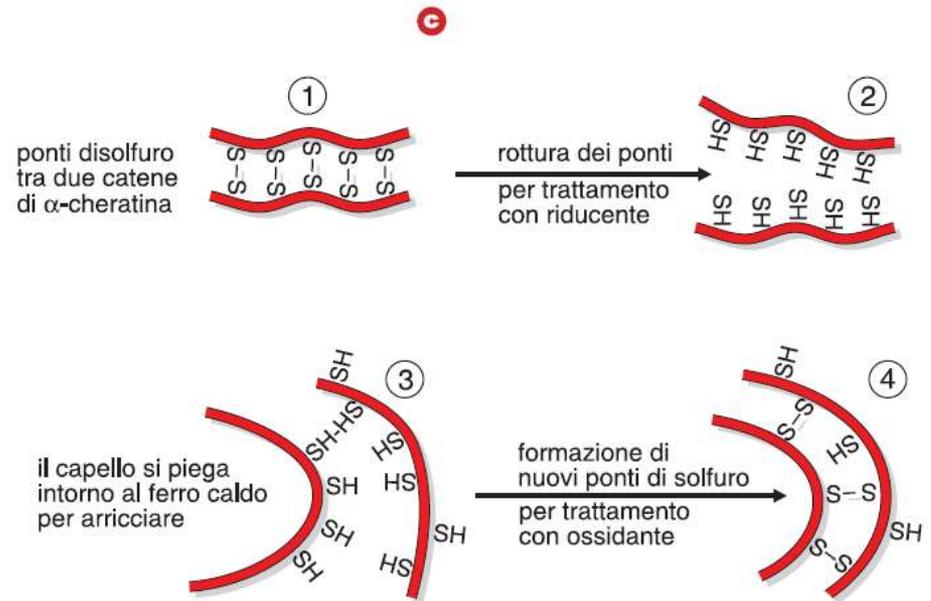


Fig. 1.
a. e b. Denaturazione di una proteina globulare.
 La cottura di un uovo provoca la denaturazione termica dell'albumina, che si trasforma



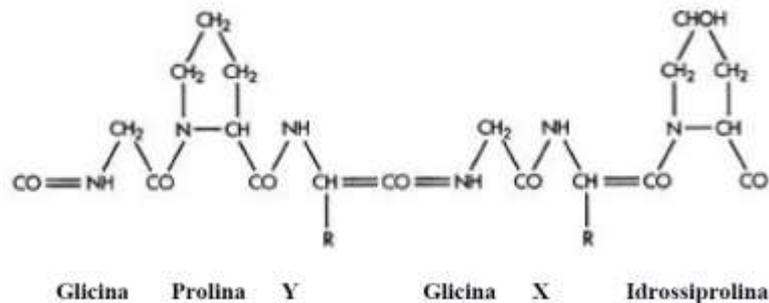
c. Ponti disolfuro e permanente. I capelli vengono dapprima trattati con una sostanza chimica riducente che rompe i ponti disolfuro (1 e 2), quindi sono avvolti intorno a un ferro caldo che li piega nel modo voluto (3) e infine trattati, dopo lavaggio, con un'altra sostanza ossidante che ripristina i ponti disolfuro, ma tra punti differenti della catena (4).

LA GELATINA

La gelatina è unica e di alto valore, ma essa non è presente in natura come tale, bensì come collagene.

La gelatina deriva dal collagene, e da ciò segue che non esistono fonti di gelatina nelle piante; pertanto non esiste alcuna relazione chimica tra la gelatina e altri prodotti menzionati come “gelatine vegetali”, quali estratti di alghe o gomme come il carragene o il guar.

Essa viene prodotta dalla semplice cottura della carne, in particolare utilizzando tagli di basso pregio ma con un alto contenuto di collagene, come le pelli, le ossa e i tendini



Meccanismo di gelificazione della GELATINA

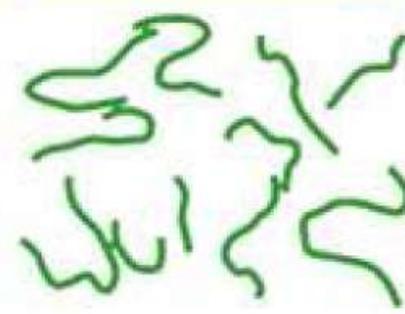
Il processo che sta alla base del meccanismo di gelificazione è un processo che è stato ampiamente investigato nel passato in virtù delle numerose e importanti applicazioni che rendono la gelatina un elemento indispensabile in molti campi industriali.

La gelatina è un biopolimero proteico che si ricava con la denaturazione del collagene.

Comprendere il fenomeno della gelificazione di questa sostanza è un qualcosa di piuttosto semplice ma delicato, poiché molti sono i fattori coinvolti in questo processo (**la forza ionica, il pH della soluzione, il peso molecolare, la concentrazione, l'origine del collagene stesso**) che vanno ad influenzare poi le proprietà del gel. Ad ogni modo, il sistema su cui si basa il meccanismo della gelificazione può essere ricondotto ad un unico parametro termodinamico: **la temperatura.**

Collagen

Gelatin



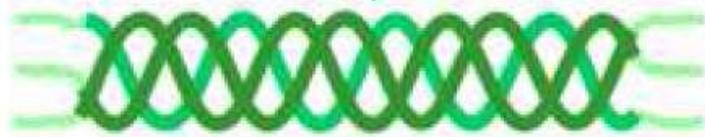
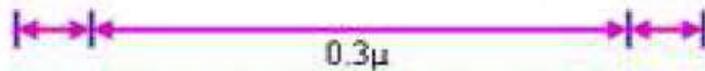
Sol

Heat Denaturation

(Gelatin Extraction)



Tero Peptide Collagen Helix (Triple Helix Structure) Tero Peptide



Amino Acid Composition

0.0015 μ m

*Gly-Pro-Met-Gly-Pro-Ser-Gly-Pro-Arg-
Gly-Leu-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ala-Hyp-
Gly-Pro-Gln-Gly-Phe-Gln-Gly-Pro-Hyp-
Gly-Glu-Hyp-Gly-Glu-Hyp-Gly-Ala-Ser-
Gly-Pro-Met-Gly-Pro-Arg-Gly-Pro-Hyp-
Gly-Pro-Asp-----*

Chill



Heat



Gel

Triple Helix



La denaturazione coinvolge solamente **la rottura dei legami idrogeno e di quelli idrofobici che** aiutano la molecola a rimanere stabile.

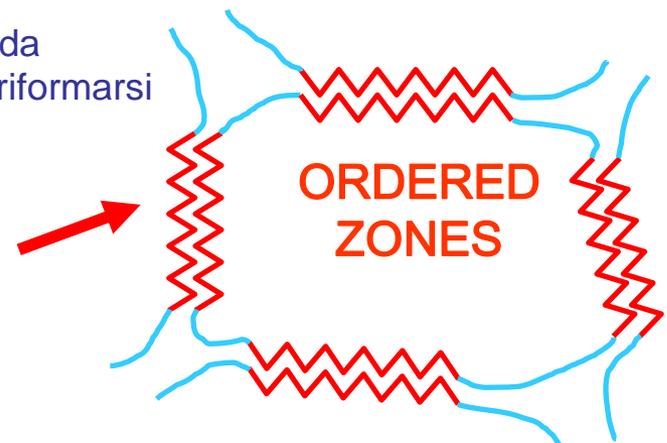
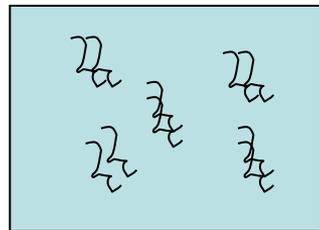
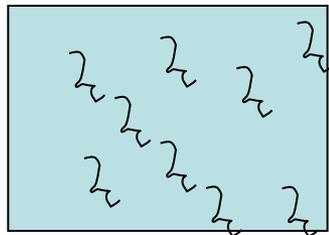
La gelatina neo-formata è però in una continua ricerca di ricostituire la forma nativa del collagene da cui deriva, cerca cioè di ritrovare la stabilità persa.

Con il diminuire della temperatura sotto il punto di fusione, le regioni ricche in pirolidina (prolina e idrossiprolina) agiscono come siti di nucleazione per formare potenziali zone di giunzione.

Queste regioni, situate lateralmente rispetto agli amminoacidi prolina e idrossiprolina, stanno dunque alla base della riformazione dei legami crociati tra le catene della molecola di gelatina e permettono di costituire la trama del gel, simile a quella del collagene, ma molto più sregolata. Qualora la temperatura aumenti nuovamente, si avrà di nuovo lo scioglimento del gel e si tornerà alla fase acquosa con le molecole disposte a spirale disordinata.

Elevate temperature permettono la solubilizzazione della gelatina

Quando la soluzione si raffredda
I legami a idrogeno tendono a riformarsi



- La **gelatina** è un elemento ormai indispensabile in diversi settori della vita moderna
- Non esiste quasi nessun altro prodotto naturale capace di offrire campi d'applicazione talmente versatili come la gelatina.

- **La gelatina nell'industria alimentare**

- La gelatina viene impiegata per i più svariati prodotti nella moderna produzione di generi alimentari. Il motivo principale sta nella sua eccezionale proprietà di reazione al calore.
- **Inoltre, la gelatina è una proteina molto pregiata, è ipocalorica, ha un basso contenuto di colesterolo e zucchero ed è praticamente priva di grassi. Essa è facilmente digeribile e viene completamente smaltita dall'organismo umano. Tra l'altro non possiede quasi alcun potenziale allergizzante.**
- La gelatina viene impiegata ovunque. Essa ha un sapore neutro, lega grandi quantitativi d'acqua, forma gel e dona agli alimenti una “perfetta sensazione gustativa“.
- **Dolci**
- La gelatina alimentare è ormai indispensabile per produrre orsacchiotti di gomma, caramelle morbide, liquirizie, meringhe di cioccolato e altre leccornie. **la gelatina stabilizza creme e farciture di panna rendendole dense al taglio e ne prolunga la conservazione.** Le torte industriali possono essere congelate e scongelate senza problemi – grazie alla gelatina in polvere, in fogli o istantanea.



- **Derivati del latte e dessert**

- I derivati del latte sono molto apprezzati e diffusi e nella loro produzione e nello sviluppo la gelatina conta un ruolo straordinario e molto importante. **Da un giusto dosaggio e dal tipo di gelatina adatto nascono yogurt molto cremosi e leggeri come pure latticini più sodi, quali ad esempio quark o kefir.**



- **Carni, pesce e insaccati**

- Molte specie di salame e salsicce pepate **vengono perfettamente preservate dall'essiccazione grazie al rivestimento protettivo di gelatina.**
- Nei prodotti di pesce la gelatina viene prevalentemente impiegata per la produzione di gel. In questi casi la gelatina, oltre ad offrire un'ottima protezione contro la luce e l'ossigeno, ne migliora l'aspetto



-
- **Bevande**
-
- La gelatina favorisce anche la degustazione di bevande. **Vini, succhi, succo di mela e in alcuni paesi anche la birra vengono sottoposti ad un trattamento con gelatina per la decantazione.** In questo tipo di processo la gelatina reagisce particolarmente con il tannino ed altre sostanze amaro-gnole assorbendo le componenti torbide, che di conseguenza cadono sul fondo, permettendo una separazione ottimale delle stesse dalla
- bevanda.
-
- **La gelatina nell'industria farmaceutica**
-
- Nell'industria farmaceutica la gelatina viene impiegata in modo molto versatile. **Essa serve per produrre capsule, pastiglie e confetti e protegge i medicinali contro il dannoso influsso dell'aria e della luce.**
- **La gelatina viene impiegata in forma spugnosa per il trattamento di lesioni ed in soluzioni come surrogato di plasma grazie alla sua ottima compatibilità con i tessuti umani.**

- **La gelatina è universale – altri campi d'applicazione**

-
- La gelatina non dispiega le sue eccezionali proprietà salutari e stabilizzanti solo nell'industria alimentare, farmaceutica e fotografica. Innumerevoli settori industriali traggono un gran profitto dalle proprietà positive di questo prodotto naturale. Gli esempi menzionati sono solo un campione dell'enorme campo d'applicazione della gelatina.
-

- Nel settore dei detersivi e detergenti gli idrolizzati e i tensioattivi collageni a base di gelatina sono completamente compatibili dal punto di vista dermatologico e biologicamente del tutto decomponibili. Come additivi nei detersivi liquidi essi offrono un'ottima compatibilità cutanea e proteggono la pelle contro i tensioattivi aggressivi. Grazie alla loro proprietà protettiva proteica delle fibre, essi hanno un effetto tangibile in detersivi speciali per lana, seta e altri tessuti delicati.
-

- Tipi particolari di gelatine e gli idrolizzati di gelatina vengono impiegati in grandi quantitativi come concime per foglie. Grazie alla lenta decomposizione degli amminoacidi si ottiene un preciso dosaggio della concentrazione d'azoto. In questo modo la gelatina esercita un influsso positivo sui meccanismi del metabolismo delle piante.
-

La gelatina come biomateriale

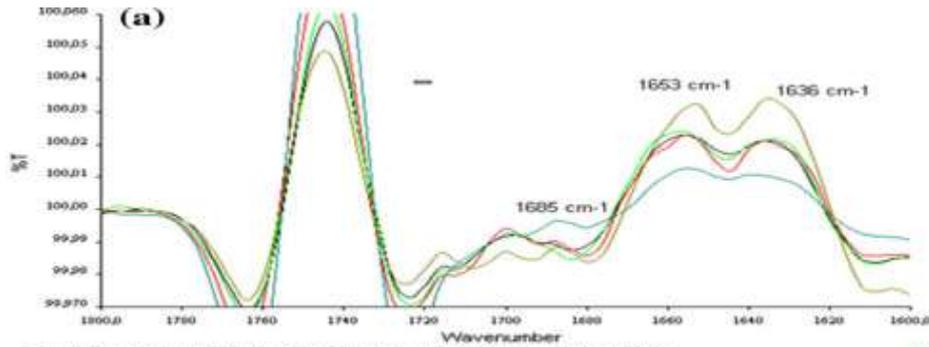
Hydroxyapatite/gelatin/gellan sponges as nanocomposite scaffolds for bone reconstruction.

Nicoletta Barbani · Riccardo Avvisati · A. Sala · Elisabetta Rosellini

Department of Chemical Engineering, Industrial Chemistry and Materials Science, University of Pisa, Largo Lucio Lazzarino, I-56122 Pisa, Italy.

Caterina Cristallini · Giulio D. Guerra

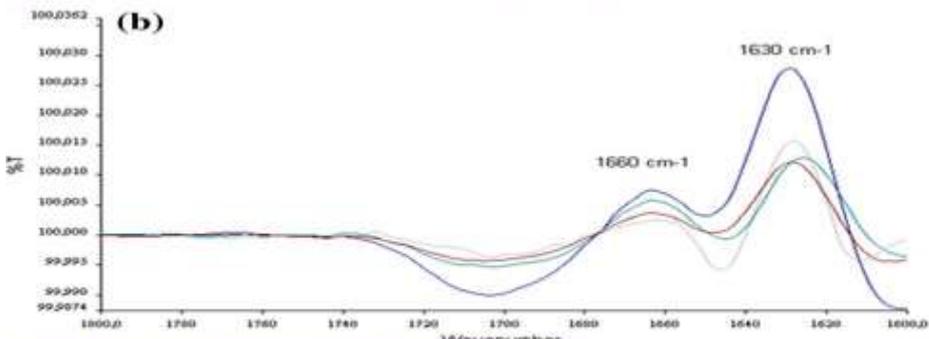
Institute for Composite and Biomedical Materials, C.N.R., U.O.S. of Pisa, Largo Lucio Lazzarino, I-56122 Pisa, Italy.



spectrum 76 at -100, 300 (matrossobovinozet.fim - [derivative] - [smooth]) Dvh3Q
spectrum 78 at 200, 300 (matrossobovinozet.fim - [derivative] - [smooth])
spectrum 79 at 100, 300 (matrossobovinozet.fim - [derivative] - [smooth])

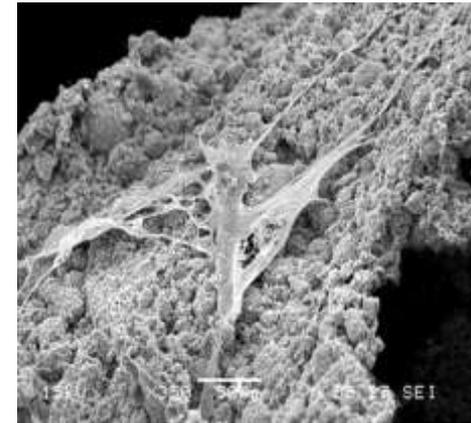


OSSO

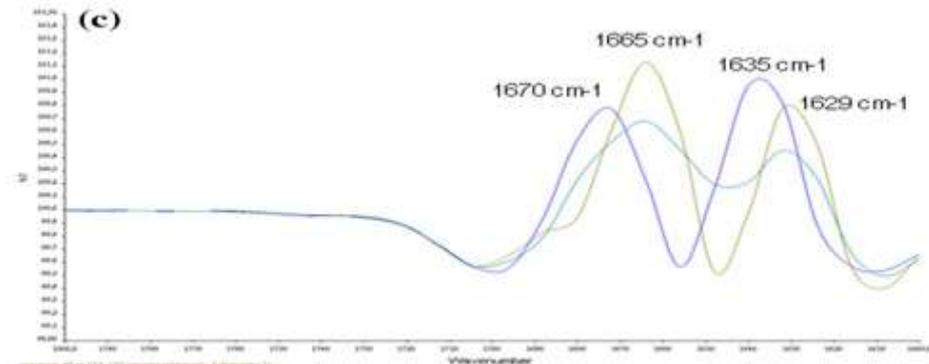


spectrum 48 at -300, 300 (matrgelatibagellietc.fim - [derivative]) - [smooth]
spectrum 53 at 100, -100 (matrgelatibagellietc.fim - [derivative]) - [smooth]
spectrum 56 at 200, 400 (matrgelatibagellietc.fim - [derivative]) - [smooth]

SPUGNA



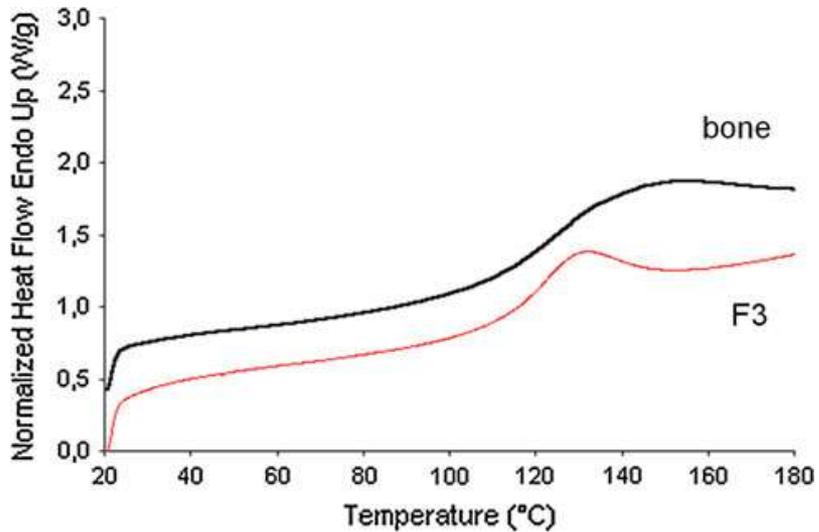
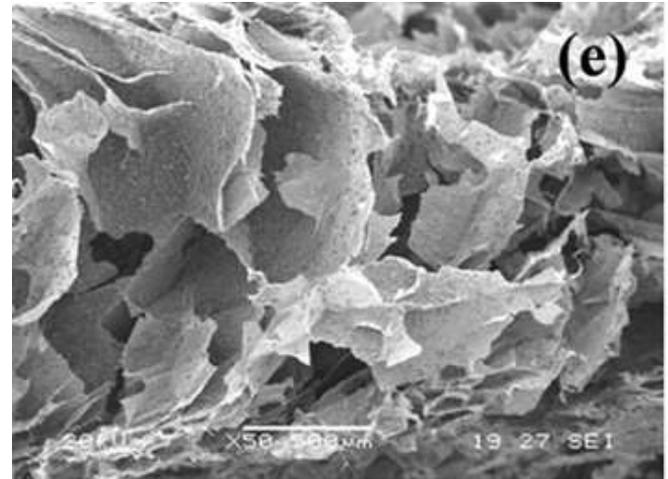
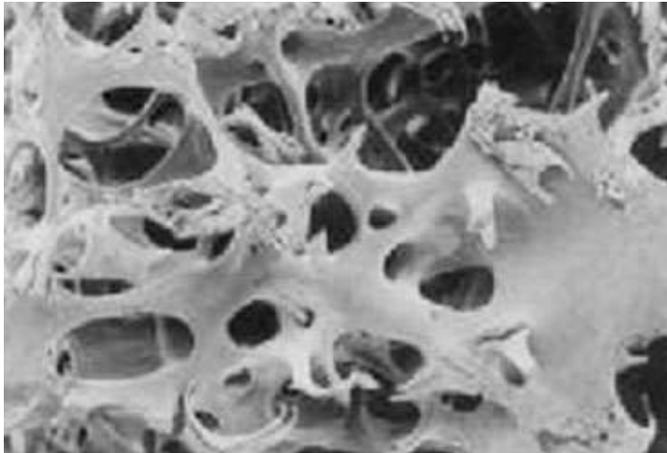
SEM micrograph of hMSCs adhered on scaffold surface



spectrum 65 at 100, 300 (matrossobovinozet.fim - [derivative]) - [smooth]
spectrum 71 at 100, 300 (matrossobovinozet.fim - [derivative]) - [smooth]
spectrum 77 at 100, 300 (matrossobovinozet.fim - [derivative]) - [smooth]



GELATINA



Modulo elastico

Sample E (Pa)

No TGase

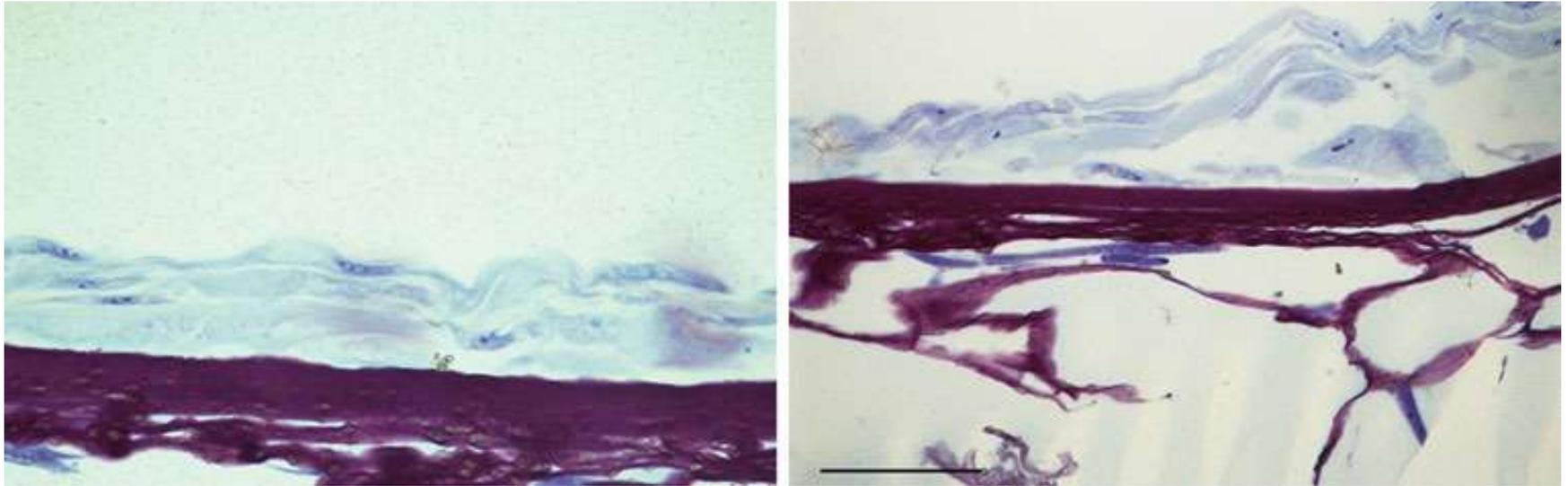
TGase

F1 (1.44 ± 0.09) 10^5 (2.32 ± 0.12) 10^5

F2 (1.86 ± 0.11) 10^5 (3.67 ± 0.19) 10^5

F3 (5.46 ± 0.32) 10^5 (1.79 ± 0.09) 10^6

The Young's modulus of natural bone was 20–500 MPa

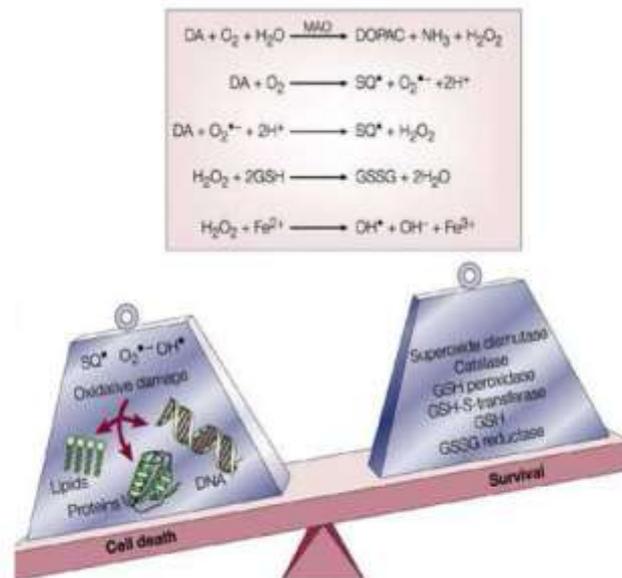


Cells plated became confluent in an adherent layer, contained a homogeneous population showing a fibroblastoid morphology. The immunophenotype, studied by cytometry, was positive for CD13, CD29, CD90 and did not express CD34, CD45 and CD14.

OSSIDAZIONE DELLE PROTEINE

- **LO STRESS OSSIDATIVO**

- Lo stress ossidativo è una condizione patologica causata dalla rottura dell'equilibrio fisiologico in un organismo vivente fra **la produzione** e **l'eliminazione**, da parte dei sistemi di difesa antiossidanti, di specie chimiche ossidanti.



STRESS OSSIDATIVO

Stress ossidativo è caratterizzato dunque dalla presenza, in un organismo vivente, di un **eccesso di specie chimiche reattive**, generalmente centrate sull'ossigeno (reactive oxygen species, **ROS**). Può essere secondario ad un'aumentata produzione delle stesse e/o legato a **una ridotta efficienza** dei sistemi fisiologici di difesa **antiossidanti**.



Specie chimica	Formula	Classe	Specie chimica	Formula	Classe
Ozono	O ₃	Non radicale	Ossido nitrico	NO*	Radicale
Anione superossido	O ₂ ⁻	Radicale	Acido nitroso	HNO ₂	Non radicale
Ossigeno singoletto	¹ O ₂	Radicale (?)	Tetrossido nitrico	N ₂ O ₄	Non radicale
Perossido di idrogeno	H ₂ O ₂	Non radicale	Triossido nitrico	N ₂ O ₃	Non radicale
Radicale ossidrilico	HO*	Radicale	Perossinitrito	ONOO*	Non radicale
Radicale alchilico	R*	Radicale	Acido perossinitroso	ONOOH	Non radicale
(Alchil-)perossil radicale	ROO*	Radicale	Catione nitronio	NO ₂ ⁺	Non radicale
(Alchil)idroperossido	ROOH	Non radicale	(Alchil)perossinitrito	ROONO	Non radicale
Semichinone (dal Coenz. Q)	Q*	Radicale	Acido ipocloroso	HOCIO	Non radicale
Fenossile (dalla vitamina E)	E-O*	Radicale	Tiile	-S*	Radicale

Tabella 1: Specie reattive di rilevante inter



DNA

LIPIDI

PROTEINE

MARCATORI:

8-OHDG GC-MS

BASI OSSIDATE

ROTTURA DELLA DOPPIA ELICA

MARCATORI:

MDA E TBARS

4-HNE

DIENI CONIUGATI

F2-ISOPROSTANI

LIPOPEROSSIDI

LDL-OSSIDATE

MARCATORI:

CARBONILI

NO₂-TYR

C_L-TYR

B_R-TYR

TYR-TYR

AGE

NEOEPITOPI

PRODOTTI DI OSSIDAZIONE DI
SINGOLI AMINOACIDI

Lo stress ossidativo è la conseguenza di uno squilibrio tra processi pro-ossidanti e processi antiossidanti .

Aumentata produzione

Ridotta attività antiossidante

Radiazioni, farmaci, metalli pesanti
Fumo di sigaretta, alcool, inquinamento
Esercizio fisico inadeguato, sedentarietà
Infezioni ed altre malattie
Specie reattive ↑

Ridotta assunzione
e/o diminuita sintesi
e/o ridotta capacità di utilizzazione
e/o aumentato consumo di antiossidanti
Difese antiossidanti ↓

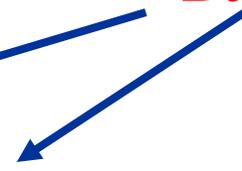


Danno cellulare

Danno tissutale

Danno d'organo

Danno sistemico



**Malattie
cardiovascolari**

**Demenza,
M. di Parkinson**

**Invecchiamento
precoce**

**Infiammazioni,
tumori**

**Altre
malattie**

REAZIONI DI RADICALI LIBERI

INIZIO: formazione di radicali liberi

PROPAGAZIONE: i radicali liberi reagiscono con altre molecole per produrre altri radicali liberi

TERMINAZIONE: i radicali liberi reagiscono tra loro per formare molecole

OSSIDAZIONE DELLE PROTEINE

- Il processo di ossidazione delle proteine generalmente comporta l'introduzione di nuovi gruppi funzionali che possono contribuire ad alterare la funzione e il metabolismo delle stesse.
- **Gli studi sulle modificazioni ossidative delle proteine hanno dimostrato una serie di conseguenze irreversibili incluse frammentazione, alterazione della struttura tridimensionale, aggregazione, che comportano perdita funzionale.**
- **I residui aminoacidici più sensibili all'ossidazione sono quelli contenenti gruppi aromatici o tiolici, ma anche i residui alifatici sono soggetti a fenomeni di ossidazione con generazione di gruppi carbonilici. I principali biomarcatori di ossidazione delle proteine sono i gruppi carbonilici e i prodotti di ossidazione della tirosina.**

ANTIOSSIDANTI

ENDOGENI

Enzimi: SOD, catalasi, glutatione perossidasi

Proteine: proteine-SH, leganti metalli (Fe, Cu)

Altre molecole: acido urico, bilirubina ...

ESOGENI

Vitaminici:

- **Vitamina C**
- **Vitamina E**
- **Carotenoidi (β -carotene)**

Non vitaminici:

- **Carotenoidi**
- **Polifenoli**

Modificazioni delle proteine con la cottura:

la cottura non provoca riduzioni sensibili del valore nutritivo delle proteine ma comporta un aumento della loro digeribilità. Tuttavia una cottura troppo prolungata può portare ad una minore disponibilità di alcuni AA essenziali come cisteina, triptofano, metionina, lisina.

Se la cottura di alimenti ricchi di proteine viene condotta in ambiente **acido** (ad es. presenza di aceto, limone e salsa di pomodoro) si hanno modificazioni simili a quelle ottenute con **la digestione** (formazione di molecole più piccole).

Fenomeni negativi si verificano quando la cottura, soprattutto l'arrostimento, si prolunga tanto da far diminuire la capacità delle proteine a legare l'acqua; ne segue un'azione più difficoltosa da parte dei succhi gastrici (minore digeribilità).

Una reazione di trasformazione che riduce il valore nutritivo delle proteine è quella tra le proteine e gli zuccheri (**reazione di Maillard**).

Un'altra importante reazione che interessa gli aminoacidi e le proteine alimentari è quella di **Maillard**, conosciuta anche come imbrunimento non enzimatico (chimico). Si tratta di una serie molto complessa di reazioni tra gruppo carbonilico di zuccheri riducenti e gruppo amminico di aminoacidi liberi o proteine.

Le reazioni di **Maillard** possono avere effetti nutrizionali e fisiologici:

- 1) perdita di aminoacidi disponibili,
- 2) riduzione della digeribilità proteica,
- 3) inibizione di enzimi intestinali,
- 3) effetti organolettici

La BOLLITURA

La **lessatura** determina il passaggio delle proteine solubili nell'acqua con perdita di valore nutritivo se il brodo non viene utilizzato.

- se l'alimento proteico viene introdotto nell'acqua già bollente, l'alta temp provoca coagulazione delle proteine superficiali con protezione di quelle solubili che si trovano all'interno della massa; ne consegue un buon lesso e un brodo povero;
- se si immerge il pezzo di carne in acqua fredda non salata, man mano che il riscaldamento procede, le proteine solubili passano nel liquido di cottura che ne diventa più ricco; si ha così un buon brodo e un pessimo lesso.