

## **INNOVAZIONE TECNOLOGICA NELL'INDUSTRIA DI LAVORAZIONE DELLE UOVA.**

M.Pizzichini, P.Marcolini\*, P.Erbisti\*, A.Serse<sup>°</sup>.

ENEA, Dipartimento Innovazione, Settore Biotecnologie e Agricoltura, C.R. Casaccia, Via Anguillarese 301, 00060 Roma.

<sup>°</sup> Contrattista ENEA.

\* Soc. Coop. Avicola Lessinia Via Squaranto, 3037030-Pigozzo (VR).

## **Riassunto**

Le uova di gallina costituiscono una parte importante dell'alimentazione umana nonostante siano facilmente deteriorabili e quindi poco conservabili nel tempo.

Il nostro paese è un buon produttore di uova con una media di circa 25 milioni al giorno. Le nuove esigenze dell'industria alimentare che utilizzano prodotti a base d'uovo per la produzione di pasta, dolci, gelati, maionese, ecc., richiedono prodotti lavorati in cui tuorlo, albume, o loro miscele vengono commercializzati come tali, in confezioni industriali (tetrapack, brik,) atte ad assicurare una maggiore sicurezza igienico sanitaria del prodotto, una più agevole maneggiabilità e trasporto e anche una più lunga shelf life. Mentre il tuorlo è considerato il materiale pregiato dell'uovo, da un punto di vista nutrizionale, l'albume trova maggiori difficoltà di collocazione sul mercato nonostante contenga componenti proteiche di elevato valore nutrizionale, e biologico (attività enzimatiche battericide). L'obiettivo del presente lavoro è quello di innovare l'industria di lavorazione delle uova attraverso la qualificazione commerciale dell'albume per:

- migliorare le proprietà reologiche dell'albume;
- concentrare l'albume senza danneggiarne le proprietà funzionali;
- frazionare le famiglie proteiche e valorizzarne alcune componenti in campo farmaceutico.

In questo lavoro vengono studiate le proprietà chimico-fisiche dell'uovo, i trattamenti chimico-fisici che favoriscono la montabilità dell'albume e vengono prese in considerazione le tecnologie separative a membrana per la concentrazione dell'albume e per il frazionamento delle famiglie proteiche. Questo lavoro costituisce una prima relazione tecnica elaborata dall'ENEA e dall'Avicola Lessinia (Vr) finalizzata allo sviluppo della ricerca a scopi produttivi.

## **Abstract**

*The whole eggs are a perishable product with a short time of preservation also in refrigerated conditions. Eggs are an important part of human diet in most countries around the world. In Italy the shell egg production is estimated in about 25 millions per day.*

*In order to facilitate the industrial food handling and transformation into modern food, as requested by consumers, whole eggs are separated into yolks and white eggs or into a mixture of both. These egg fractions are sold in special containers (brick, tetrapack) that assures more hygiene and longer shelf-life in comparison with the whole egg.*

*For a commercial point of view, as eggs yolks have a good market price in foodstuff industry (pasta, cakes, biscuits, ice creams, mayonnaise, etc.) the white eggs are wrongly considered a low price compound even if it contains protein fractions having high nutritional value and many biological function, i.e. biocides (lysozyme).*

*Objective of this paper is innovate the industrial manufacturing process, up grading the white egg commercial value according the following points:*

- *improve the albumen rheological properties (whippability);*
- *concentrate the white eggs without damaging the protein functional properties;*
- *fractionate eggs white proteins to improve the useful application range in the pharmaceutical industry.*

*The albumen chemical-physical properties and the protein separation technologies, based mainly on membrane techniques, are discussed. This paper represents a first technical overview on eggs manufacturing, carried out by ENEA and the Avicola Lessinia, with the objective to develop a new production process.*

## **Indice**

1. Introduzione	pag. 7
2. La biochimica dell'uovo	pag. 8
3. Proprietà chimico-fisiche dell'uovo	pag.13
3.1. Proprietà di coagulazione dell'uovo	pag.13
3.2. Proprietà schiumogene e di montabilità dell'albume	pag.14
3.3. Proprietà emulsionanti del tuorlo	pag.14
4. Processi di trasformazione e commercializzazione	pag.14
4.1. Mercato dell'uovo	pag.16
4.2. Mercato del tuorlo	pag.17
4.3. Mercato dell'albume	pag.17
5. Processi di valorizzazione dell'albume	pag.18
6. Miglioramento delle proprietà reologiche dell'uovo	pag.20
6.1. Trattamenti meccanici	pag.21
6.2. pH	pag.21
6.3. Salinità	pag.21
6.4. Temperatura	pag.21
6.5. Denaturazione	pag.22
6.6. Ovomucina	pag.22
7. Concentrazione dell'albume mediante ultrafiltrazione	pag.22
8. Discussione	pag.24
9. Conclusioni	pag.25
10. Bibliografia	pag.26

## 1. Introduzione

Le uova intere sono scarsamente conservabili nel tempo, fuori dalla catena del freddo, a causa della permeabilità del guscio che favorisce la disidratazione del prodotto e l'abbassamento del pH, innescando così dei fenomeni fermentativi.

Le uova rappresentano un'alimento importante nella dieta di molte popolazioni perché contengono numerosi principi nutritivi ed hanno un costo relativamente modesto.

Per evitare il deterioramento del prodotto e valorizzarne l'impiego commerciale le industrie alimentari di lavorazione delle uova sono orientate a:

- sviluppare nuove metodologie per aumentare la stabilità e la shelf-life dei prodotti;
- migliorare la qualità dei prodotti partendo dalla materia prima naturale, valorizzandone le componenti nutrizionali di base.

Quest'ultimo aspetto è collegato al primo e dal punto di vista delle tecnologie di processo significa recuperare selettivamente delle componenti fondamentali per la nutrizione: senza danneggiare meccanicamente o termicamente le caratteristiche di base dei nutrienti: vitamine, proteine, grassi ecc.

Da un punto di vista nutrizionale un uovo di 50 g è un alimento che contiene solo 5 g di grassi, contro ad es. i 15 g contenuti in un formaggio di peso identico. Inoltre, le uova sono un ottimo alimento anche per gli epato pazienti poiché contengono colina e metionina, aminoacidi indispensabili per il metabolismo dei lipidi e la formazione dei fosfolipidi.

Per motivi di natura igienico-sanitaria e anche di convenienza pratica (maneggevolezza e trasporto), si registra una tendenza al consumo dell'uovo non più come prodotto fresco tal quale ma come prodotto industriale lavorato in cui tuorlo e albume vengono separati per subire impieghi commerciali diversi.

Mentre il tuorlo costituisce la parte nobile del prodotto, l'albume è ingiustamente considerato un sottoprodotto alimentare e trova una debole collocazione sul mercato nonostante le sue elevate qualità nutrizionali.

Nell'industria alimentare si preferisce impiegare il tuorlo poiché è un prodotto a più alto valore nutritivo e di facile utilizzazione nelle preparazioni alimentari (dolci, paste all'uovo, ecc.).

A livello commerciale la vendita non solo del tuorlo, ma anche dell'albume o dei loro preparati in miscela consentirebbe alle aziende di trasformazione di ridurre i prezzi delle uova e di essere più competitive sul mercato.

Le aziende trovano difficoltà nel collocare le quantità di albume nelle limitrofe industrie dolciarie senza doversi fare carico dei costi di trasporto. A questo si deve aggiungere il costo del possibile deterioramento visto che si tratta di un prodotto deperibile e microbiologicamente aggredibile (brodo di coltura).

La valorizzazione commerciale dell'albume comporta disidratazione della materia prima, che contiene circa l'88% di acqua, senza denaturare completamente le

componenti proteiche principali presenti nell'albume (albumina, avidina, lisozima, ovotransferrina). E' noto infatti che la denaturazione compromette totalmente o in parte le proprietà funzionali delle proteine danneggiando le proprietà "schiumogene" e di "montabilità" per le quali l'albume viene utilizzato e che determinano il valore commerciale del prodotto.

Secondo le nostre stime in Italia vengono prodotte circa 160 t/dì di albume. Il 30% del totale sarebbe utilizzato per estrarre il lisozima. L'impiego di questo enzima è consentito dalla legge poiché trattasi di biocida naturale e non prodotto di sintesi. L'albume infatti, oltre ad essere usato tal quale nell'industria dolciaria rappresenta una matrice dalla quale è possibile estrarre l'albumina, il lisozima ed altre proteine. Il lisozima, l'albumina e l'avidina sono gli enzimi a più alto valore commerciale presenti nell'albume. Il lisozima ha proprietà battericide e anti virali. Nell'industria alimentare trova applicazioni in molti campi fra cui quello caseario come antifermentativo.

L'obiettivo della presente ricerca è quello di valorizzare commercialmente le componenti naturali dell'albume d'uovo attraverso l'impiego di tecnologie innovative come quelle di membrana.

Queste tecniche possono essere utilizzate per effettuare differenti operazioni unitarie come la concentrazione, la purificazione, la chiarificazione, il recupero e la valorizzazione dei prodotti.

## **2. La biochimica dell'uovo**

L'uovo è formato dal guscio, dall'albume e dal tuorlo.

Il guscio è rivestito esternamente da una cuticola protettiva e internamente da una membrana sottile detta membrana testacea.

La membrana testacea è costituita da due strati che si separano in corrispondenza del polo ottuso dell'uovo e formano la camera d'aria.

Il guscio è poroso ed è permeabile ai gas. Il guscio è la struttura più resistente dell'uovo, ed è costituito da carbonato di calcio (93,7%) e di fosforo sottoforma di anidride fosforica (0,8%) e da sostanze organiche (4,1%).

Il tuorlo è circondato dalla membrana vitellina ed esternamente a questa dallo strato calazifero con due estroflessioni dette calaze che lo uniscono allo strato denso dell'albume.

L'albume presenta tre strati uno denso intermedio e due fluidi.

Le uova contengono circa due parti di albume e una parte di tuorlo.

Nella figura n.1 è rappresentata la struttura dell'uovo.

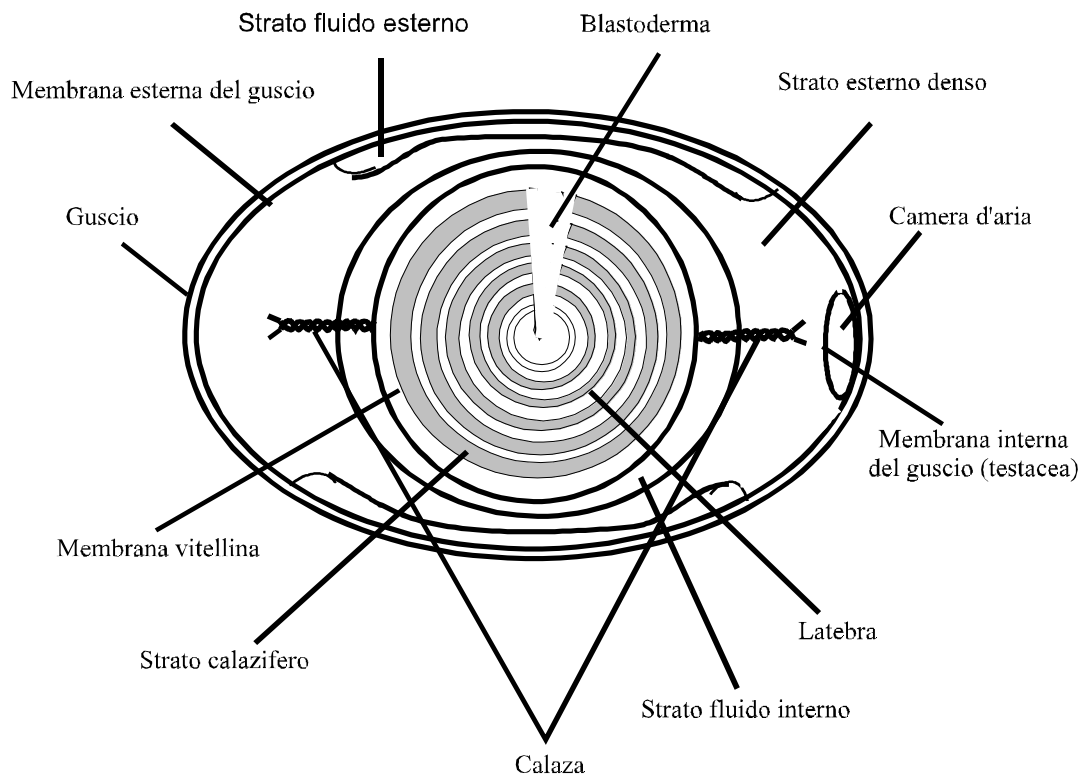


Fig. n° 1 - Sezione trasversale di un uovo.

Nell'albume è presente circa l'88% di acqua, numerose proteine oltre ad un piccolo quantitativo di sali minerali (vedi tab. n.2) e di carboidrati.

Un uovo di gallina ha un peso che mediamente si aggira intorno ai 60-62 g con oscillazioni molto ampie da meno di 45 g ad oltre 70 g.

I pesi medi relativi alle varie parti dell'uovo sono i seguenti:

tuorlo	17 g =29,8%
albume	33 g =57,9%
parte non edibile	7 g =12,3%.

Nella tabella n.1 vengono riportate le caratteristiche delle principali famiglie proteiche presenti nell'albume.

**Tabella 1:Proteine presenti nell'albume.**

Proteine	Punto isoelet.	PM (Da)	% della parte solida	Proprietà e caratteristiche
Ovalbumina	4,6	45.000	54,00%	Fosfoglicoproteina
Ovotransferrina	6,5	80.000	13,00%	lega ioni metallici (Fe, Zn, ecc.)
Ovomucoide	4,0	28.000	11,00%	inibisce la tripsina
Lisozima (G <sub>1</sub> )	11,0	13.930	3,50%	lisa le pareti cellulari dei gram +
Ovomucina	<b>nd</b>	110.000	1,50%	Sialoproteina
Flavoproteine	4,0	32.000	0,80%	legano la riboflavina
Ovoglicoproteine	3,9	24.400	0,50%	Sialoproteine
Avidina	9,5	70.000	0,05%	lega la biotina
Ovoinibitore	5,1	44.000	0,10%	inibisce enzimi proteolitici
Ovomacroglobulina	4,6	760.000	0,50%	<b>nd</b>
Globuline G <sub>2</sub> G <sub>3</sub>	5,6	36.000 45.000	8,00%	proprietà schiumogene

**nd** = non determinato.

Molte proteine hanno la potenzialità di impedire la crescita dei microrganismi attraverso la lisi della loro membrana cellulare (lisozima). Oltre al lisozima di cui è nota l'azione enzimatica un'altra delle proteine dell'albume molto studiata è l'avidina. L'avidina si lega chimicamente con la biotina impedendone l'assorbimento a livello intestinale. Poiché la biotina viene sintetizzata normalmente dai batteri intestinali, l'ingestione di albume d'uovo crudo può provocare la carenza della vitamina.

La tabella n.2 mostra i sali minerali normalmente presenti nell'albume e nel tuorlo.

**Tabella 2:Sali minerali contenuti nelle uova per 100 g di prodotto.**

Minerali (mg)	Albume	Tuorlo
Calcio	5,998	138,552
Cloro	179,640	163,250
Iodio	0,003	0,133
Ferro	0,030	3,554
Magnesio	11,976	6,024

Manganese	0,003	0,072
Fosforo	11,976	487,944
Potassio	143,700	96,384
Sodio	164,700	42,168
Totale	518,026	938,081

Nella tabella n.3 vengono riportate le vitamine idrosolubili presenti nell'albume, e quelle lipo e idrosolubili presenti nel tuorlo.

**Tabella 3: Vitamine contenute nelle uova per 100 g di prodotto.**

Vitamine	Albume	Tuorlo
A (iu)	-----	1946,000
D (iu)	-----	147,600
E (mg)	-----	4,217
B <sub>12</sub> (µg)	0,210	3,132
Biotina (mg)	7,006	45,662
Colina (mg)	1,257	1301,000
Inositolo (mg)	4,132	23,795
Acido nicotinico (mg)	0,093	0,012
Acido pantotenico (mg)	0,120	3,807
Piridoxina (mg)	0,003	0,392
Acido folico (µg)	2,994	144,580
Riboflavina (mg)	0,452	0,639
Tiamina (mg)	0,006	0,196

Il tuorlo è composto da circa il 16% di proteine e dal 32% di lipidi.

La frazione lipidica è formata per il 66% da trigliceridi, per il 28% da fosfolipidi e per il 5% da colesterolo.

Il fosfolipide contenuto in maggiore quantità è la fosfatidilcolina, circa il 73%, seguono poi la fosfatidiletanolamina 15%, la lisofosfatidilcolina 6%, la sfingomieline 2,5%, i plasmalogeni 1% ecc.

Le proteine contenute nel tuorlo sono principalmente quattro: la livetina, la fosvitina, la vitellina e la vitellinina. Di queste l'unica che non è associata ai lipidi è la fosvitina che è una fosfoproteina e contiene circa il 10% di fosforo.

Le livetine si trovano nel tuorlo in tre diverse frazioni: alfa; beta; gamma. La vitellina esiste in una forma alfa e beta. La vitellina e la vitellinina sono debolmente legate con fosfolipidi e talvolta con trigliceridi per formare la lipovitellina e la lipovitellinina.



Le vitamine presenti nel tuorlo sono sia quelle idrosolubili sia liposolubili, anche nel tuorlo sono presenti carboidrati e sali minerali. La presenza di sali minerali, vitamine, acidi grassi e le relative percentuali, in cui sono presenti nelle uova, sono strettamente associate all'alimentazione delle galline.

L'uovo, quindi è un'alimento completo visto che consente lo sviluppo dell'embrione.

Tutte le proteine hanno un valore biologico diverso che dipende esclusivamente dal contenuto in aminoacidi essenziali, non sintetizzabili direttamente dall'organismo.

Il valore biologico di una proteina è dato dai grammi di proteine formate nell'organismo per 100 g di proteine ingerite con il cibo.

Le proteine dell'uovo hanno un valore biologico compreso tra 0,95- 1, paragonabile a quello del latte umano. Questo valore è tra i più alti dei derivati biologici naturali.

Da un punto di vista nutrizionale un uovo di 50 g è un alimento che contiene solo 5 g di grassi, contro ad es. i 15 g contenuti in un formaggio di peso identico. Inoltre le uova sono un ottimo alimento anche per gli epato pazienti poiché contengono colina e metionina, aminoacidi indispensabili per il metabolismo dei lipidi e la formazione dei fosfolipidi.

Nella tabella n.4 vengono confrontate le composizioni aminoacidiche di alcune proteine naturali.

**Tabella 4:Composizione aminoacidica (n.residui per molecola).**

Aminoacidici	Lisozima dell'uovo	Ovoalbumina	Sericina	$\beta$ lattoglobulina	$\alpha$ lattealbumina
Alanina	12		6,00	14,0	3
<b>Valina<sup>a</sup></b>	6		3,00	10,0	6
<b>Leucina<sup>a</sup></b>	8		1,00	22,0	13
<b>Isoleucina<sup>a</sup></b>	6		0,80	10,0	8
Prolina	2		0,70	8,0	2
<b>Fenilalanina<sup>a</sup></b>	3		-----	4,0	4
<b>Triptofano<sup>a</sup></b>	6		-----	2,0	4
<b>Metionina<sup>a</sup></b>	2		-----	4,0	1
Glicina	12		13,50	3,0	6
Ac.asp.+ <u>asparagina</u>	21		<u>13,70</u> <b>b</b>	16,0	21
Ac.glu.+ <u>glutamina</u>	5		<u>4,42</u> <b>b</b>	25,0	13
<b>Lisina<sup>a</sup></b>	6		3,70	15,0	12
<b>Arginina<sup>a</sup></b>	11		3,10	3,0	1
Serina	10		33,50	7,0	7
<b>Treonina<sup>a</sup></b>	7		9,74	8,0	7
Cisteina	8		-----	2,5	4
Tirosina	3		2,60	4,0	4
<b>Istidina<sup>a</sup></b>	1		1,30	2,0	3

N.residui totali	129		97,00	162	123
---------------------	-----	--	-------	-----	-----

**a** Gli aa rappresentati in grassetto sono essenziali.

**b** I residui per molecola sottolineati indicano la sola presenza degli aa sottolineati.

Il lisozima dell'uovo e l' $\alpha$ -lattoalbumina hanno una struttura omologa. Secondo alcuni autori queste due proteine hanno un'origine ancestrale comune, fatto questo avvalorato dalla struttura simile della regione idrofobica (Richardson et al., 1980; Shewale et al., 1984). Hanno entrambe quattro ponti disolfuro e presentano una simile localizzazione della regione idrofobica associata a monosaccaridi.

### **3. Proprietà fisico-chimiche dell'uovo**

Le uova vengono utilizzate in numerose preparazioni alimentari per le loro proprietà.

Le proprietà dell'uovo sono principalmente tre:

proprietà di coagulazione dell'uovo;

proprietà schiumogene e di montabilità dell'albume;

proprietà emulsionanti del tuorlo.

#### **3.1. Proprietà di coagulazione dell'uovo**

La coagulazione è assimilabile ad un processo di trasformazione molecolare che comporta il passaggio da uno stato liquido a quello gelificato.

Il processo di gelificazione interessa sia il tuorlo che l'albume.

Sulla base della microstruttura sono stati identificati due tipi di gel: le reti polimeriche e le "dispersioni aggregate".

Le dispersioni aggregate sono formate da proteine globulari che hanno subito denaturazione mediante il calore.

Durante l'esposizione termica si ha la rottura dei legami intramolecolari che causano un'apertura delle molecole proteiche con la formazione di nuovi legami. Questo porta ad un cambiamento della struttura secondaria con il passaggio dalla forma alfa a quella beta. Per innescare l'aggregazione è necessario un certo grado di apertura della struttura molecolare proteica che sembra dipendere dalle specifiche proteine, con la parziale liberazione di gruppi idrofobici. L'interazione avviene principalmente tra i legami intermolecolari idrofobici che danno origine ad un gel termoirreversibile.

Perché si formi questa aggregazione disordinata è necessaria una concentrazione proteica del 5-10%.

Le proteine subiscono la coagulazione come risultato dell'azione di diversi agenti fisici (temperatura azione meccanica) e chimici (ioni inorganici, metalli pesanti, pH).

L'albumina comincia a coagulare a 62 °C mentre il tuorlo a 65 °C.

La coagulazione può avvenire anche indipendentemente dalla temperatura e cioè per variazioni di pH o di salinità. Si è visto che ad un pH di circa 11,9 l'albumina è in grado di gelificare a temperatura ambiente. In questo caso è il pH l'agente denaturante che favorisce l'apertura delle catene proteiche e l'istaurarsi di nuovi legami per la formazione del gel.

Tutte le proteine dell'uovo coagulano ad eccezione della fosvitina e dell'ovomucina.

La transferrina è particolarmente sensibile ma può essere stabilizzata complessandola con ioni metallici.

A causa di questa capacità l'uovo viene utilizzato nelle preparazioni alimentari come agente strutturante di preparazioni alimentari.

### **3.2. Proprietà schiumogene e di montabilità dell'albumina**

La schiuma è una dispersione di un gas (aria) in un liquido.

Le proteine presenti nell'albumina stabilizzano le proprietà schiumogene attraverso la formazione di film flessibili e coesivi intorno alla superficie delle bolle di aria.

Durante il montaggio a neve dell'albumina (trattamento meccanico), le proteine vengono adsorbite e orientate dall'interfaccia con la parte idrofobica in aria e quella polare in acqua, questo orientamento porta alla parziale distensione delle stesse e quindi all'aumento della tensione superficiale o interfacciale aria/acqua.

La stabilità della schiuma dipende dalla stabilità del film proteico all'interfaccia, dalla sua permeabilità all'aria, dal numero di proteine che si adsorbono ad esso e dalla capacità delle varie proteine ad interagire fra loro.

Le proprietà schiumogene possono essere con mezzi fisici chimici che agiscono sull'orientamento strutturale delle proteine.

Secondo alcuni autori, le proprietà schiumogene dell'albumina risiedono principalmente nelle globuline mentre la stabilità della schiuma dipende dall'ovomucina che ha la funzione di aggregare le molecole proteiche.

### **3.3. Proprietà emulsionanti del tuorlo**

Anche le proteine del tuorlo hanno proprietà emulsionanti per la presenza di fosfolipidi.

I fosfolipidi in particolare la fosfatidilcolina, presentano uno spiccato carattere anfipatico stabilizzato dalla presenza del colesterolo, con il quale formano dei complessi lipoproteici.

La viscosità del tuorlo conferisce stabilità all'emulsione. Se al tuorlo vengono aggiunti sali o zuccheri la quantità di acqua extracellulare si riduce e aumenta la capacità emulsionante. Le proprietà emulsionanti del tuorlo vengono utilizzate nell'industria alimentare per la preparazione di maionese, gelati e alcuni tipi di salse.

#### **4. Processi di trasformazione e commercializzazione**

Le uova rappresentano un'alimento importante nella dieta di molte popolazioni perché contengono numerosi principi nutritivi ed hanno un costo relativamente modesto.

Per il consumo diretto le uova vengono conservate intere, mentre per gli usi industriali spesso vengono sgusciate e si procede alla conservazione del tuorlo e dell'albume insieme o separatamente, mediante congelamento o essiccamento.

Le uova intere vengono per lo più refrigerate alla temperatura di 1-1,5 °C (temperatura di poco superiore al punto di congelamento) in un ambiente con l'85% - 90% di umidità relativa. In questo modo possono essere conservate in buono stato per circa sei mesi. Per il mantenimento delle caratteristiche organolettiche si potrebbe procedere alla chiusura dei pori del guscio con uno strato di olio minerale, paraffina fusa, o soluzioni di silicato di sodio o di potassio. La legge italiana non consente l'utilizzo di questi trattamenti che servono per ridurre la perdita di acqua a evaporazione e per limitare la diminuzione del pH dovuta all'assorbimento di acido carbonico. L'abbassamento del pH interno dell'uovo favorisce lo sviluppo microbico e quindi l'alterazione del prodotto.

Le uova utilizzate nell'industria alimentare sono generalmente sgusciate, congelate o essiccate. In caso di contaminazione da salmonelle necessitano di trattamenti di risanamento (pastorizzazione bassa) che possono alterare le caratteristiche organolettiche dell'albume. Quest'ultimo infatti a circa 60 °C comincia a diventare torbido dopo 2 minuti, e coagula dopo 9 minuti. Dopo la pastorizzazione si procede al congelamento o all'essiccamento.

Il congelamento del tuorlo dopo pastorizzazione, in alcuni casi, richiede l'uso di additivi per evitare che questo assuma una consistenza gommosa. Per ovviare a queste alterazioni è necessario aggiungere zucchero o sale prima del processo.

L'essiccamento dell'albume comporta per l'eliminazione del glucosio in esso contenuto per evitare l'imbrunimento del prodotto dovuto alla reazione tra il gruppo aldeidico del glucosio e i gruppi aminici delle proteine (reazione di Maillard).

In alcuni impianti moderni lo sgusciamento e la separazione del tuorlo e dell'albume avviene mediante l'uso di impianti che sono in grado di trattare dalle 50.000 alle 150.000 uova per ora.

La temperatura ottimale alla quale viene effettuata la separazione si aggira intorno ai 10°C. Durante questo processo le uova che precedentemente sono state lavate per

allontanare materiale indesiderato, vengono controllate da un operatore che ne ispeziona visivamente il contenuto scartando tutte quelle non idonee. Dopo la separazione albume-tuorlo le due matrici subiscono una pastorizzazione a temperature e tempi diversi, visto che l'albume è più sensibile al calore.

Il tuorlo liquido può essere venduto fresco o addizionato di sale o zucchero per essere poi congelato.

Le uova sgusciate e separate che non subiscono ulteriori trattamenti vengono vendute fresche e trasportate in appositi contenitori refrigerate (il tuorlo a circa 2°C e l'albume a temperature > 7°C) presso le aziende che poi le utilizzeranno. In questo modo il prodotto può essere conservato per 48 h, con costi elevati sia per il confezionamento che per la refrigerazione.

La qualità delle uova in guscio viene valutata mediante la speratura. Le uova fresche hanno il tuorlo posto centralmente che presenta una limitata mobilità ed una camera d'aria che ha un'altezza di circa 6 mm. Se l'uovo non è fresco la camera d'aria si ingrandisce, la quantità di albume fluido aumenta e il tuorlo si avvicina al guscio e si appiattisce. E' proprio in base all'aumento della camera d'aria che si basa anche un'altra tecnica di controllo a seconda che le uova prese in esame siano in grado di galleggiare o affondare in soluzioni di cloruro di sodio a diversa concentrazione. Dalle misure della densità quindi si può risalire al periodo di produzione e quindi determinare la qualità del prodotto.

Secondo le recenti normative i prodotti d'uovo da un punto di vista microbiologico devono possedere i seguenti requisiti:

salmonella: assente in 25g o ml di prodotti d'uovo;

batteri aerobici mesofili: valore massimo  $10^8$  in 1g o 1ml;

enterobatteri: valore massimo  $10^2$  in 1g o 1ml;

stafilococco aureo: assente in 1g di prodotto d'uovo.

#### **4.1. Mercato dell'uovo**

La produzione mondiale delle uova secondo una stima effettuata negli anni 90 ha avuto un incremento di circa l'1% (Anonymous 1991).

La vendita mondiale delle uova si aggira intorno alle 800.000 t, negli Stati Uniti il consumo annuale di uova procapite registrato nel 1990 è stato di 233 uova contro le 390 del 1952. Tale diminuzione è da attribuire a tre fattori:

aumento del prezzo delle uova;

cambiamento delle abitudini alimentari;

effetti sulla salute provocati dal consumo eccessivo di uova.

Nei paesi asiatici, in Africa e in Sud America si è registrato un'incremento del consumo di uova (Anonymous, 1991). Il maggiore esportatore di uova è l'Olanda che copre più del 50% del mercato mondiale, seguito dal Belgio.

Circa 100.000 t di uova liquide vengono annualmente vendute alla Francia, all'Italia e al Giappone.

Esistono fondamentalmente tre tipi di uova prodotti nell'industria alimentare: uova liquide; uova essiccate; uova congelate. Le uova che subiscono questi trattamenti di solito sono quelle in eccedenza e quelle che hanno una qualità inferiore.

Le uova essiccate vengono acquistate principalmente dall'Austria, dal Giappone e dal Regno Unito nella misura di 13.000 t l'anno. I paesi che vendono questo tipo di prodotto sono l'Olanda e gli Stati Uniti.

Commercialmente le uova vengono classificate:

A) in base all'animale di provenienza e cioè gallina, anatra, oca, tacchina;

B) in base al peso che può variare da 45 g circa fino a più di 70 g;

C) in base alla freschezza che viene indicata sulle confezioni con i simboli specifici.

In base a quest'ultima classificazione si possono distinguere:

Ⓐ uova non trattate fresche;

Ⓐ **extra** uova non trattate freschissime;

Ⓑ uova non trattate;

△ **B** uova refrigerate;

▭ **B** uova conservate con altri sistemi;

Ⓒ uova non direttamente commestibili destinate all'industria.

Tutte le confezioni devono riportare la settimana in cui sono state deposte le uova e la scadenza del prodotto.

In generale, le uova vengono classificate in base alla qualità e alle dimensioni. Entrambe le classificazioni tengono conto delle condizioni nutrizionali delle galline e della dieta a cui vengono sottoposte. La composizione della dieta influisce direttamente sulle caratteristiche dell'uovo (ad es. la mancanza di calcio e soprattutto la carenza di vitamina D influenza la durezza del guscio, il peso delle uova dipende dalla quantità di proteine somministrate con la dieta, ecc.). Il costo delle uova è direttamente proporzionale alla qualità e alle dimensioni. La qualità delle uova viene determinata anche dai trattamenti preliminari a cui vengono sottoposte prima di essere conservate, dal tipo di metodo utilizzato per la conservazione e dalla durata della stessa.

## 4.2. Mercato del tuorlo

Nell'industria alimentare il tuorlo trova numerose applicazioni sia fresco che sgusciato, essiccato o congelato, per la preparazione della maionese e dei gelati, negli omogeneizzati, in alcuni tipi di pane, di pasta e di dolci.

Il tuorlo presenta una caratteristica colorazione giallo-arancio che dipende principalmente dalla presenza di alcuni carotenoidi: le xantofille. Questi pigmenti

hanno poco a che fare con i caroteni alfa, beta, e gamma o provitamine A. Da un punto di vista nutrizionale il fatto che le uova abbiano una colorazione più o meno marcata non inficia il valore nutritivo del prodotto, dal lato commerciale invece sono sicuramente preferite le uova con una colorazione arancione intensa. E' importante, per il consumatore medio, l'effetto visivo dato alle preparazioni alimentari contenenti uova, per questo motivo i mangimi somministrati alle galline vengono addizionati con sostanze che esaltano il colore del tuorlo. Un tuorlo che non ha una colorazione giallo-arancio è difficilmente collocabile sul mercato. Questo problema si è evidenziato dall'introduzione dei mangimi bilanciati che hanno sostituito la dieta del contadino.

Negli Stati Uniti il tuorlo viene sempre più trattato per ridurre il quantitativo di colesterolo mediante tecniche di estrazione con anidride carbonica in condizioni supercritiche. In questo modo è possibile rimuovere circa il 90% di colesterolo. Questa metodica favorisce un maggiore impiego del tuorlo nelle preparazioni alimentari, visto che il colesterolo, per gli effetti sulla salute (pubblicizzati anche in maniera eccessiva) è diventato un fattore che ne limita la vendita.

### **4.3. Mercato dell'albume**

Mentre il tuorlo trova più facile collocazione commerciale nell'industria alimentare, l'albume richiede un trattamento di concentrazione per trovare applicazioni nei diversi settori alimentari: panetterie, aziende dolciarie, ecc. per le sue proprietà schiumogene e di stabilità della schiuma. Circa 1.000 t di albume vengono prodotti ogni anno, dei quali il 65% - 70% viene trasformato in polvere essiccata.

L'albume liquido contiene circa il 10,7% di proteine, lo 0,5% di sali, lo 0,5% di carboidrati, principalmente glucosio.

Per 1 Kg di tuorlo si ottengono circa 1,8 Kg di albume.

L'albume viene utilizzato da solo o insieme al tuorlo, per la preparazione di prodotti da forno ecc., ma principalmente nell'industria dolciaria. In Italia vengono prodotte circa 12.000 t/anno di albume. Il 30% di queste viene utilizzato per estrarre il lisozima.

Nel Nord Europa (Olanda, Germania e Danimarca) l'albume fresco viene utilizzato nella preparazione degli insaccati nella quantità del 2-3%. In Italia questo non è consentito dalla normativa vigente.

Le proteine dell'albume sono molto sensibili al calore, al danneggiamento per azione meccanica o ad opera di attacchi batterici. L'albume varia le sue caratteristiche in seguito ai trattamenti termici di risanamento, ma anche dopo il processo di essiccamento. Infatti, la presenza di glucosio nell'albume causa problemi di instabilità microbiologica e dopo il processo di essiccamento porta alla formazione di un pigmento scuro dovuto alla reazione di Maillard.

Questi due problemi aggiunti agli elevati costi per il confezionamento e il trasporto in mezzi refrigerati ne limitano notevolmente l'utilizzazione nel caso in cui non ci sia un'adatta tecnologia alla base dei processi di trattamento. L'albume è preferenzialmente venduto fresco poiché dopo l'essiccamento perde le sue proprietà schiumogene e presenta alcune difficoltà per essere montato a neve. Queste proprietà rivestono una notevole importanza e devono rimanere tali anche dopo i vari trattamenti per l'impiego nell'industria. Infatti senza queste caratteristiche non può essere usato nell'industria dolciaria che è la massima utilizzatrice del prodotto tal quale.

Le industrie che trattano l'albume rivendono il concentrato in polvere nel Medio Oriente oppure il prodotto congelato in Giappone.

Sulla base delle nostre conoscenze in Italia l'albume viene acquistato principalmente dalle industrie olandesi e dalle ditte danesi ad un prezzo che si aggira intorno alle 1.200 Lit/Kg. Il trasporto viene effettuato in autocisterne refrigerate per poi subire i vari trattamenti.

I prodotti che possono essere recuperati dall'albume come il lisozima, l'albumina, l'avidina, oltre che allo stesso albume in polvere, vengono forniti da ditte straniere, principalmente olandesi. E' indicativo il fatto che l'Olanda compra in Italia l'albume da trattare a prezzi bassi, per rivendervi poi i singoli prodotti in polvere a costi elevati.

## **5. Processi di valorizzazione dell'albume**

L'albume è un prodotto naturale scarsamente valorizzato nel nostro paese poiché viene in parte commercializzato come tale, ad un costo che non supera le 2000 Lit./Kg. Concentrare le proteine dell'albume o meglio ancora rendere tali proteine di nostra utilità commerciale significa valorizzare il prodotto sotto il profilo nutrizionale e anche incrementarne lo spettro applicativo in campo alimentare e farmaceutico.

La valorizzazione dei composti naturali dell'albume per la produzione di prodotti alimentari innovativi consentirebbe di ottenere prodotti a bassa concentrazione di colesterolo, a più alto valore nutrizionale, preparazioni di idrolizzati proteici ad elevato assorbimento biologico da utilizzare per l'alimentazione parenterale e come integratori proteici per cibi per l'infanzia. Si tratta di incrementare la frazione proteica idrosolubile anche a pH estremi (bassi) quindi a rapida assimilazione a livello intestinale.

L'albumina è una proteina globulare normalmente presente in numerosi siti: nel siero (dove svolge una funzione di trasporto degli acidi grassi nel sangue), nel latte, nell'albume d'uovo. L'ovoalbumina, che contiene tutti gli aminoacidi essenziali, è stata suddivisa elettroforeticamente in tre componenti A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>. Gli aminoacidi cisteina



e cistina assumono particolare importanza nella denaturazione dell'ovoalbumina. Da numerose ricerche è emerso che ogni molecola di ovoalbumina contiene da 4 a 5 gruppi solfidrilici e due ponti disolfuro; questa proteina, durante la conservazione dell'uovo assume in una forma più stabile e molto più resistente alla denaturazione: la "S ovalbumina". L'ovoalbumina, come la caseina del latte immagazzina gli aminoacidi che servono come sostanze nutritive.

L'ovalbumina ha proprietà schiumogene e gelificanti, entrambe si riducono quando la proteina è nella forma S.

L'albumina oltre che dall'uovo viene estratta dal siero di sangue bovino e anche dal siero di latte. Il suo costo aumenta in relazione al grado di purezza e alla diminuzione del contenuto di mannosio che è parte integrante della struttura nativa.

E' possibile migliorare le caratteristiche di montabilità dell'albume agendo sui parametri chimico fisici aumentando cioè la stabilità dell'emulsione come verrà discusso nel capitolo 6.

L'impiego farmaceutico dell'albume comporta la separazione delle frazioni proteiche in esso contenute con particolare interesse per il lisozima, l'avidina l'ovotransferrina ecc.

Il lisozima trova impiego nell'industria alimentare poiché se associato al cibo in scatola consente di ridurre la temperatura di sterilizzazione, in questo modo negli alimenti trattati sono presenti in concentrazioni maggiori i principi nutritivi termolabili. Viene impiegato nell'industria casearia per prevenire processi fermentativi indesiderati durante la maturazione e stagionatura dei formaggi a pasta dura, come il parmigiano, poiché è attivo sui microrganismi, responsabili di fermentazioni indesiderate (Proctor and Cunningham, 1988).

In campo clinico può essere usato nel trattamento delle ulcere, nelle infezioni e, se associato ad alcuni antibiotici, ne potenzia l'azione battericida.

Il lisozima può essere ottenuto oltre che dall'albume d'uovo di gallina da varie altre matrici: dal latte umano che ne contiene 10 mg/100 ml; dal latte di mucca che ne contiene da 13 a 32 µg/100 ml a seconda dello stadio di lattazione; dell'uovo di tacchina ecc. Il lisozima, a seconda della matrice dalla quale viene isolato, (vedi tabella n.5) presenta delle differenze nella composizione aminoacidica, nel peso molecolare e nel punto isoelettrico, come si può notare dalla tabella n.5.

**Tabella 5:Caratteristiche biochimiche del lisozima, dell'albumina e dell'avidina.**

PROTEINE	Peso molecolare	N.residui aa	Punto isoelettrico
Lisozima del latte mucca	18.000	154	9,5
Lisozima dell'uovo	13.930	129	11,0

Albumina del latte mucca	14.200	123	5,3
Albumina del siero bovino	66.000	580	5,1
Albumina dell'uovo	45.000		4,6
Avidina dell'uovo	70.000		9,5

Le tecniche e le procedure di estrazione dell'enzima determinano l'attività enzimatica, il grado di purezza e quindi il costo.

L'avidina, per la sua capacità di legare la biotina, viene utilizzata in campo farmaceutico per la preparazione di kits immunoenzimatici per la determinazione della vitamina.

## 6. Miglioramento delle proprietà reologiche dell'uovo

Dal punto di vista commerciale la montabilità dell'albume è importante poiché condiziona il prezzo del prodotto. Nella pratica industriale si tratta di favorire le condizioni di montabilità dell'albume intervenendo con reagenti chimici o con trattamenti chimico-fisiche. In termini schematici le variabili che influenzano la montabilità e la stabilità della schiuma dell'albume sono di natura meccanica (omogeneizzazione), chimica e chimico-fisica.

La schiuma viene distrutta dai lipidi e dai solventi organici poiché grazie alla loro idrofobicità sono in grado di spostare le proteine dalla superficie delle bolle di aria, senza però formare un film stabile. Nel tuorlo sono presenti le lecitine che anche a basse concentrazioni ostacolano la montabilità dell'albume provocando la distruzione dell'associazione proteica con le bolle di aria.

L'introduzione di cariche, gruppi neutri e la parziale denaturazione con il calore possono aumentare le proprietà schiumogene. Anche l'aggiunta di proteine fortemente basiche fa aumentare l'associazione tra le proteine con l'interfaccia, permettendo la formazione della schiuma anche se il sistema contiene lipidi.

Vengono di seguito considerate le variabili che influenzano le caratteristiche di montabilità dell'albume.

### 6.1. Trattamenti meccanici

Questi trattamenti influenzano la stabilità dell'emulsione e cioè la montabilità dell'albume. L'albume presenta tre strati a densità diversa uno più denso intermedio e due fluidi. Una blanda omogeneizzazione riduce la viscosità totale del bianco d'uovo che normalmente è stimata intorno a 4,6 Cp. La viscosità viene misurata con

viscosimetro rotante con velocità di taglio di  $1.312 \text{ s}^{-1}$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dopo il trattamento di omogeneizzazione la viscosità deve essere circa  $2,9 \text{ Cp}$ . L'omogeneizzazione rompe i legami intermolecolari fra le molecole proteiche nella componente più densa dell'albume, ed anche alcuni legami deboli fra catene proteiche, con il risultato di una diminuzione di viscosità e quindi un'aumento della fluidità dell'albume. Questo effetto meccanico fa aumentare la tensione superficiale dell'albume e quindi lo rende potenzialmente più emulsionabile. Il trattamento può essere realizzato con apparecchi ad hoc, omogenizzatori, per semplice agitazione meccanica e anche per trattamento di ultrafiltrazione. Il processo di UF sull'albume viene impiegato per concentrare il prodotto e commercializzarlo in appositi contenitori, con risparmio nei costi di trasporto. Questa concentrazione non pregiudica le caratteristiche di montabilità dell'albume. Il processo di omogeneizzazione dell'albume tal quale è anche preliminare al trattamento di UF poichè la diminuzione della viscosità favorisce le condizioni di ultrafiltrazione.

## **6.2. pH**

Il pH gioca un ruolo fondamentale sulle proprietà di montabilità dell'albume, infatti la riduzione del pH da 9 a 7 ha un effetto positivo sulla stabilità dell'emulsione. La diminuzione del pH dell'albume può essere ottenuta, con gli stessi risultati, utilizzando acido lattico, acido citrico e per gorgogliamento con anidride carbonica .

## **6.3. Salinità**

L'aumento della salinità influisce positivamente sulla stabilità della schiuma se si utilizzano sostanze che non modificano il pH del mezzo. L'esametafosfato e anche il pirofosfato di sodio ad una concentrazione compresa fra 1 e  $10 \text{ g/l}$  assicurano una buona stabilità della schiuma.

L'aggiunta di sali e zucchero ha un effetto batteriostatico sulla flora microbica endogena del bianco d'uovo, equivale ad una blanda pastorizzazione effettuata per 30' a  $63 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## **6.4. Temperatura**

L'amento della temperatura nel range  $25\text{-}62 \text{ }^\circ\text{C}$  ha un effetto positivo sulla stabilità della schiuma, quando l'albume viene addizionato di saccarosio al 20% e di cloruro di sodio al 1%. Il trattamento termico a  $62 \text{ }^\circ\text{C}$ , nelle condizioni di cui sopra, non deve superare i 30 minuti.

## **6.5. Denaturazione**

Per denaturazione s'intende una modifica irreversibile della struttura proteica causata dalla temperatura o da agenti chimici. La misura della viscosità del bianco d'uovo è una tecnica comunemente utilizzata per determinare la temperatura di denaturazione delle proteine. Infatti, quando l'ovoalbumina viene denaturata tende a formare degli aggregati che comportano un cambiamento della configurazione spaziale delle proteine (denaturazione) e un aumento rapido della viscosità. Questi cambiamenti si traducono in una diminuzione della solubilità delle proteine fino alla denaturazione totale. La temperatura di denaturazione del bianco d'uovo è di 61,2 °C. Per un albume concentrato due volte la temperatura di denaturazione si riduce a 60,4 °C. L'aggiunta di saccarosio e sali consente di elevare la temperatura di denaturazione di 3,3-3,8 °C.

## **6.6. Ovomucina**

L'ovomucina, che è normalmente presente nell'albume, gioca un importante ruolo quando si forma l'emulsione poichè forma un film di materiale insolubile nell'interfaccia liquido aria facendo aumentare la stabilità della schiuma.

Per questa sua caratteristica l'aggiunta di ovomucina all'albume stabilizza la schiuma in proporzione alla quantità impiegata. L'ovomucina da aggiungere può essere ottenuta mediante ultracentrifugazione oppure per semplice precipitazione dell'albume dopo essere stato concentrato con l'ultrafiltrazione.

L'ovomucina forma un film di materiale insolubile tra le lamelle di liquido e le bolle d'aria.

## **7. Concentrazione dell'albume mediante Ultrafiltrazione.**

Negli ultimi 20 anni le tecnologie di membrana hanno avuto un incremento notevole in particolare nel settore alimentare per la concentrazione, la chiarificazione, la purificazione, il recupero e il miglioramento dei prodotti. In particolare l'ultrafiltrazione è stata utilizzata per recuperare le proteine dal siero di latte, per il frazionamento, la chiarificazione, la deacidificazione e la modificazione del colore dei succhi di frutta, per la chiarifica dei mosti e dei vini.

Le uova intere e l'albume in particolare, vengono generalmente essiccati con tecniche di Spray-drier senza subire una fase di concentrazione termica poichè tale trattamento danneggia la qualità del prodotto, denaturandolo. Per lo stoccaggio, trasporto e il successivo trattamento dell'albume si deve scegliere una tecnica che consenta di concentrare l'albume senza alterarne le caratteristiche funzionali e nutritive.

Le tecniche a membrana come l'ultrafiltrazione (UF) e l'osmosi inversa (OI) consentono queste operazioni anche in combinazione con un opportuno essiccamento da compiersi alla fine del ciclo di lavorazione. Esse consentono, in una singola operazione, di allontanare i composti a basso peso molecolare: sali, glucosio, ecc., e di concentrare le macromolecole proteiche come l'albumina, il lisozima, l'avidina. ecc. Una membrana può essere considerata un film selettivamente permeato da una specie presente in miscela o in soluzione, quando ai lati della membrana o venga imposta una pressione idraulica accoppiata ad una energica ricircolazione di fluido (filtrazione e flusso tangenziale).

I processi utilizzati sono isotermi e avvengono a basse temperature (da temperature ambientali fino a 100°C). Essi sono particolarmente adatti per la separazione di specie termicamente e meccanicamente labili (proteine, vitamine, antibiotici).

Per molti aspetti i processi a membrana sono simili ai processi a scambio ionico e di estrazione con solvente, ma hanno il vantaggio che se la specie da separare è un soluto, non richiedono operazioni di estrazione; sono cioè processi essenzialmente isotermi continui. Questa caratteristica favorisce la semplificazione delle operazioni unitarie degli impianti.

Le membrane sono costituite da materiali polimerici o ceramici ed hanno pori aventi diametro statistico medio, indicato dal cut-off. Scegliendo un opportuno cut-off ad es. > 50 KDaltons l'UF consente di rimuovere l'acqua dall'albume e tutte le molecole a più basso peso molecolare del cut-off di membrana. L'UF nella concentrazione del bianco d'uovo è stata applicata per la prima volta da Lowe et al., (1969), e successivamente messa a punto da altri autori, anche in scala impiantistica significativa ( Mohr, et al., 1987; Plotka, et al., 1993; Lesnierowski, et al., 1993).

Impianti di UF in scala reale sono operativi dal 1971 nel Nord Europa. L'UF opera a temperatura ambiente e consente una concentrazione dell'albume oltre il 24% in solidi totali. Ciò equivale ad una concentrazione dell'albume d'uovo di circa 2 volte (VCR=2). Tale concentrazione inoltre aumenta la stabilità dell'emulsione. Il retentato di UF dell'albume ottenuto ad una concentrazione di 2,0 volte (VCR) può essere montato a neve dopo l'aggiunta del 20% di saccarosio e del 5% di cloruro di sodio. Questo miscuglio viene poi trattato a 60 °C per 30 minuti, quindi diluito 1,8 volte. Il prodotto finale mostra la stessa stabilità della schiuma di quello non trattato per UF. Ciò dimostra secondo J.L. Thapon che il trattamento meccanico dell'albume non modifica le proprietà funzionali dell'albume (montaggio a neve).

La polvere di albume prodotta per UF e successivo essiccamento, possiede proprietà funzionali molto interessanti dovute alla sensibile rimozione di glucosio, sali minerali, e presenta perciò un più elevato valore commerciale.

L'osmosi inversa è una tecnica applicabile per la separazione e la concentrazione di sostanze in soluzioni liquide. Consiste nel mandare la miscela liquida sotto pressione

(fino a 50-60 bar) per allontanare l'acqua e raccogliere il prodotto retentato, arricchito in uno o più costituenti delle miscele.

L'OI si differenzia dall'UF non solo per la sua selettività, cioè la sua discriminazione delle molecole in base alle loro dimensioni, ma anche per il meccanismo di permeazione del solvente.

Nell'ultrafiltrazione la permeazione del solvente e del soluto avviene con un meccanismo fisico del tipo setaccio molecolare. Nell'osmosi inversa il solvente, cioè l'acqua, segue lo stesso meccanismo (rispetto all'UF) mentre il soluto viene rigettato per effetto di taglio molecolare e di diffusione attraverso la matrice della membrana.

## **7. Discussione**

Per aumentare la stabilità dell'emulsione aria-acqua e quindi commercializzare un albume di buona qualità per l'industria dolciaria, in particolare per la produzione delle meringhe è necessario intervenire su alcuni parametri che influenzano la biochimica del sistema albume.

Si è evidenziata una relazione tra la stabilità dell'emulsione (cioè la montabilità dell'albume) e la denaturazione parziale delle proteine. L'aumento della concentrazione in proteine, ad es. ottenuta per UF, modifica in senso positivo le proprietà funzionali del bianco d'uovo. Tuttavia si osserva che un'aumento della densità dell'emulsione, formata dopo lo sbattimento dell'albume, si traduce in una diminuzione nell'attitudine a formare la schiuma in proporzione all'aumento della materia azotata totale.

Questo inconveniente si spiega con una variazione della struttura delle proteine responsabili della formazione della mousse, in particolare le globuline. Questo significa che lo stress meccanico delle proteine, nella fase di omogeneizzazione o di UF, non può essere eccessivo per non comprometterne la montabilità. D'altro canto, aumentando la concentrazione delle proteine globulari, in particolare ovomucina e lisozima, si favorisce la formazione della schiuma poichè si formano dei legami chimici tra albume e glicoproteine che stabilizzano l'emulsione. Nel concentrare l'albume bisogna tener conto di questi due fenomeni opposti sapendo comunque che la concentrazione in ovomucina favorisce la stabilità della schiuma. Questo fenomeno è dimostrabile aggiungendo ovomucina concentrata all'albume.

L'acidificazione del bianco d'uovo comporta una variazione profonda delle caratteristiche biochimiche delle proteine in particolare di ovomucina e lisozima. Nell'albume queste due proteine si trovano in forma di complesso con legami elettrostatici creati tra i gruppi carbossilici dell'acido sialico dell'ovomucina e i gruppi aminici liberi della lisina del lisozima (Kato, 1975).

La struttura di questo complesso determina in gran parte le proprietà schiumogene del bianco d'uovo, in ambiente acido (pH 7,4) le due proteine sono libere, mentre a pH 9,85 si trovano legate. L'aggiunta di sali ha effetto sull'equilibrio di cui sopra indebolendo i legami tra ovomucina e lisozima. In particolare si osserva che gli ioni calcio possiedono un'attitudine particolare a legarsi con le catene negative delle proteine e a stabilire dei ponti all'interno delle catene polipeptidiche, tali da modificare la struttura spaziale delle proteine, conseguentemente le proprietà di montaggio a neve.

Quantità eccessive di sali (concentrazioni maggiori dell'1%) possono alterare la struttura proteica al punto tale da comprometterne le proprietà schiumogene.

Come sopra esposto l'aggiunta di sodio pirofosfato e di sodio esametafosfato all'1% garantisce una buona stabilità della schiuma.

## **9. Conclusioni**

L'albumina ha particolari proprietà funzionali, un'elevato valore biologico, e dei principi attivi utilizzati dall'industria alimentare e farmaceutica. Per l'impiego di questi ultimi, e per evitare inutili sprechi dovuti alla non facile collocazione del prodotto fresco sul mercato, si rende necessario studiare e mettere a punto un processo di trattamento adeguato che consenta un'innovazione industriale di processo e prodotto. Le tecnologie di membrana possono fornire un utile contributo alla messa a punto del processo di trattamento dell'albumina per la concentrazione dell'albumina e per il frazionamento e il recupero delle famiglie proteiche ovomucina, ovotransferrina, lisozima, ecc. L'innovazione di processo è centrata sull'impiego delle tecnologie di membrana, in particolare ultrafiltrazione, che consentono:

- un basso costo di trattamento;
- operazioni in continuo;
- un'impiantistica modulare;
- basse temperature di esercizio (che non danneggiano la struttura proteica);
- un'elevata efficienza separativa.

Il presente lavoro ha consentito di valutare tecnicamente la fattibilità del processo di concentrazione e il miglioramento delle proprietà reologiche dell'albumina sulla base di uno studio chimico-fisico delle proprietà biochimiche di albumina e tuorlo.

## 10. Bibliografia

- 1) Anonymous (1991) Watt Poultry Yearbook. A special edition of Poultry International. Mount Morris, Illinois: Watt Publishing.
- 2) Cheryan, M., (1986) Ultrafiltration handbook. Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster, Pennsylvania: 268-269.
- 3) D.L. 4 febbraio 1993 n.65- Attuazione della direttiva 89/437/CEE concernente i problemi igienici e sanitari relativi alla produzione ed immissione sul mercato degli ovoprodotti.
- 4) Fidanza, F., (1989) Scienza degli alimenti Ed.
- 5) Fleming, A., (1922). On remarkable bacteriolytic element found in tissues and secretions. Proc. Roy. Lond. Ser. B. 93:306.
- 6) Fox, P.F., and Morrissey, P.A., (1980) Exogenous enzymes in food technology. "In Industrial and Clinical Enzymology".FEBS Vol. 61. Lj. Vitale and Simeon (ed.), p. 39. Pergamon press, Toronto and New York.
- 7) Hasselberger, F.X., (1978). Uses of enzymes and immobilized enzymes. p. 128. Nelson - Hall Inc. Publishers, Chicago.
- 8) Froning, G.W., Wehling, R.L., Ball, H.R., Jr., and Hill, R.M. (1987). Effect of Ultrafiltration and Reverse Osmosis on the Composition and Functional Properties of Egg white. Poultry Science: 66: 1168-1173.
- 9) Kato, A., Imoto, T., Yasagiscita, K., (1975). The binding groups in ovomucin-lysozyme interaction. Agr. Biol. Chem.: 39: 541-544.
- 10) Kinsella, J.E., and Whitehead, D.M., (1989). Proteins in whey : chemical physical and functional properties. Adv. Food Nutr. Res. 33: 343-438.
- 11) Lehninger, A., (1986). Biochimica. Ed. Zanichelli
- 12) Lesnierowski, G., Kijowski, J., Magnuski, T., (1993). Katedra Tech. Produktow Orobarskich, Akad. Rolnicza, 60-624 Poznam Poland. Przemysl Spozywczy: 47 (12): 343-344.
- 13) Lowe, E., Durkee, E.L., Merson, R.L., Ijicki, K., and Cimino, S.L., (1969) Food Technol.: 23: 723.



- 14)** Mohr, K.H., Kleinschmidt, T., Borgwardt J., (1987). Concentration of egg white by ultrafiltration. *Die Nahrung*: 31 (4): 345-347.
- 15)** Pizzichini, M., (1995). Membrane application in food industry. *Membrane Technology: Applications to Industrial Wastewater Treatment*: 151-174.
- 16)** Plotka, A., Kijowski, J., Wcislo, H., (1993). Ul. Galileusza 5b/18, 60-159 Poznan Poland. *Przemysl Spozywczy*: 47 (4): 97-101.
- 17)** Powrie, W.D., and Nakai, S., (1986). The chemistry of eggs and egg products. In: Stadelman W.J., (eds) *Egg Science and Technology 3rd edn* pp 26- 139. Binghamton New York: Haworth Publishing.
- 18)** Proctor, V., and Cunninham, F.E., (1988). The chemistry of lysozyme and its use as a food preservative and a pharmaceutical. *CRC Critical Review in Food Science and Nutrition*. 26: 359.
- 19)** Richardson, R.H., and Brew, K., (1980). Lactose Synthase: an investigation of the interaction site of alfa lactalbumin for galactoyltransferase by differential kinetic labelling. *J. Biol: Chem*. 255: 3377.
- 20)** Robinson Lang, E., Chokyun R., (1982). Apparent shear viscosity of native egg white. *J. Fd. Technol.*: 17: 595-606.
- 21)** Shewale, J.G., Sina, S.K., and Brew, K., (1984). Evolution of alfa lactalbumins. *J. Biol. Chem.*: 259: 4947.
- 22)** Thapon J.L., Brule G, Fauquant J. and Thireau M., (1979). *Industries Alimentaires et Agricole*: 263-276.
- 23)** Tsai, L.S., and Hudson, C.A. (1985). Functional Properties of Egg White Concentrated by Ultrafiltration. *Poultry Science*: 64: 1494-1498.
- 24)** U.S.D.A. (1989). *Composition of Foods: Dairy and Egg Products*. U.S.D.A. Handbook 8.1. 1976 (revised 1989). Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture.