



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E
AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

**LA SOIA: TECNOLOGIE DI PRODUZIONE
DEI DERIVATI E PROPRIETÁ
NUTRIZIONALI**
TIPO DI TESI: compilativa

Studente:
FRANCESCA VICI

Relatore:
PROF.SSA PATRICIA CARLONI

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

SOMMARIO

SOMMARIO	3
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI	5
CAPITOLO 1 LA PIANTA DELLA SOIA.....	7
1.1 STORIA: ORIGINE E DIFFUSIONE.....	7
1.2 ASPETTI BOTANICI	11
1.3 ASPETTI AGRONOMICI	15
1.4 LA SOIA OGM	17
CAPITOLO 2 COMPOSIZIONE CHIMICA	19
2.1 PROTEINE.....	20
2.2 LIPIDI.....	22
2.3 CARBOIDRATI.....	25
2.4 FIBRE.....	26
2.5 VITAMINE E MINERALI.....	26
2.6 POLIFENOLI: GLI ISOFLAVONI	27
2.6.1 METABOLISMO DEGLI ISOFLAVONI	29
CAPITOLO 3 PRODOTTI A BASE DI SOIA E PROCESSI TECNOLOGICI PER LA TRASFORMAZIONE	32
3.1 PRODOTTI FERMENTATI	32
3.1.1 SALSA DI SOIA	33
3.1.2 MISO.....	35
3.1.3 TEMPEH.....	36
3.1.4 NATTO	37
3.2 PRODOTTI NON FERMENTATI.....	38
3.2.1 BEVANDA DI SOIA	38
3.2.2 TOFU	41
3.2.3 EDAMAME.....	44
3.2.4 GERMOGLI DI SOIA	44
3.3 INGREDIENTI A BASE DI SOIA	46
3.3.1 OPERAZIONI PRELIMINARI.....	47

3.3.2 LINEA OLIO	50
3.3.3 LINEA FARINA.....	57
3.4 PLASTICA DI SOIA.....	63
CAPITOLO 4 PROPRIETÁ BENEFICHE	68
4.1 ANTIOSSIDANTE.....	68
4.2 ATTENUAZIONE DELLA SINDROME CLIMATERICA	69
4.3 ANTITUMORALE.....	69
4.4 PREVENZIONE DELL'OSTEOPOROSI	71
4.5 RIDUZIONE DEL RISCHIO CARDIOVASCOLARE	71
4.6 POSSIBILI PROBLEMATICHE RELATIVE AL CONSUMO DI SOIA.....	72
4.6.1 PRESENZA DI ANTINUTIENTI.....	72
4.6.2 TOSSICITÀ PER IL FETO	72
4.6.3 RALLENTAMENTO DEL FUNZIONAMENTO DELLA TIROIDE.....	72
4.6.4 INTERFERENTE ENDOCRINO.....	73
4.6.5 ALLERGENIZZANTE.....	73
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA:	74

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Protagonista di questo elaborato è la soia, di cui ho analizzato gli aspetti botanici e agronomici, la composizione chimica e nutrizionale, i processi di produzione industriale dei prodotti derivati più noti, e gli effetti benefici di alcuni composti bioattivi presenti.

La soia è una pianta erbacea antichissima, appartenente alla famiglia delle Fabaceae, con origini orientali. Oggi è una delle monoculture su cui si regge il sistema alimentare mondiale. Nel 2019 si sono prodotte circa 340 milioni di tonnellate di soia. L'ampia diffusione della sua coltivazione è da ricercare nelle sue caratteristiche agronomiche: si adatta a moltissimi tipi di terreno, non ha bisogno di particolari lavorazioni, si presta alla rotazione col mais, altro grande pilastro dell'agricoltura mondiale ed è capace di fare azotofissazione.

Seppur il suo impiego principale riguardi i mangimi, grazie ai nuovi trend alimentari, è sempre più presente nelle tavole degli occidentali, dove si sta conquistando l'attenzione come fonte vegetale di proteine. È in assoluto il legume più ricco di proteine ad alto valore biologico, altamente digeribile e fonte di aminoacidi essenziali. I prodotti tradizionali a base di soia sono da secoli alla base della pagoda alimentare della popolazione orientale, l'equivalente della nostra piramide alimentare, ed è proprio per questo che è dall'oriente che derivano il corpus di ricette, utilizzi e metodi di preparazione di questo vegetale.

Tra questi si possono individuare due sottogruppi: i prodotti fermentati e i derivati dalla bevanda di soia. Sono stati, quindi, messi a confronto i processi di produzione tradizionali con le scelte industriali attuali con riferimenti a quali caratteristiche fisico-chimiche dei fagioli determinano una corretta riuscita e standardizzazione del prodotto.

La materia prima così complessa e caratteristica, costituito dal 40% di proteine, il 20% di lipidi e il 20% di carboidrati, la rende, inoltre, adatta alla produzione dei cosiddetti "ingredients" che l'industria utilizza in moltissimi prodotti. In questo elaborato ho descritto la linea di produzione dell'olio, il recupero delle lecitine, la linea di produzione della farina, le linee di produzione di matrici con diverse concentrazioni

di proteine di soia. L'olio di soia, spesso nascosto sotto la dicitura "oli vegetali", è uno degli oli base per la preparazione di margarine ed è un componente delle miscele di oli per friggere. La lecitina di soia è un additivo alimentare ampiamente sfruttata per le sue proprietà emulsionanti, bagnanti ed antiossidante e la troviamo nelle etichette di centinaia di prodotti come cioccolato, snack e maionese. Le proteine di soia sono usate sia come supplemento dagli sportivi, ma anche dall'industria per aumentare il contenuto proteico degli alimenti e per modificarne la consistenza o per trattenere più liquidi.

Altra caratteristica distintiva della soia è la presenza di isoflavoni, molecole bioattive che presentano una somiglianza strutturale con gli estrogeni. Alla soia si attribuiscono, pertanto, proprietà antiossidanti, antineoplastiche, di riduzione del rischio cardiovascolari, attenuazione della sindrome climaterica e dei problemi ad essa correlati, come l'osteoporosi.

Capitolo 1

LA PIANTA DELLA SOIA

1.1 STORIA: ORIGINE E DIFFUSIONE

La soia, il cui nome botanico è *Glycine max* (L.) Merr., appartiene al genere *Glycine*, tribù Phaseoleae DC., 1825 della sub famiglia Faboideae delle Fabaceae, una famiglia di piante dicotiledoni.

Allo stato spontaneo esiste una specie affine, la soia selvatica (*Glycine soja*), da cui si ritiene che la “vera” soia sia derivata.



Si conoscono due diverse varietà di soia: la soia gialla, la più nota e commercializzata e la soia nera, poco conosciuta. Esistono poi la soia verde (fagiolo Mung *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek, 1954 genere *Vigna*) e la soia rossa (fagiolo Azuki) ma queste appartengono alla famiglia dei fagioli.

La soia prende il nome dalla parola giapponese “shóyu” che significa “salsa di soia” e che a sua volta deriva dal cinese “jiangyóu”; essa infatti è una pianta originaria delle province nord-orientali della Cina e della Manciuria dove è stata addomesticata più di 5000 anni fa. A quel tempo la soia era chiamata con il nome di “Ta Teou” ossia “grande fagiolo” e sotto la dinastia Zhou questa coltura era considerata uno dei cinque grani sacri insieme al riso, al frumento, all’orzo e al miglio.

Dal nord della Cina la soia fu poi esportata nel sud del paese, in Corea, in Giappone e nel sud-est asiatico.

La soia e i prodotti da essa derivati sono da sempre alla base della pagoda alimentare della popolazione orientale, l’equivalente della nostra piramide alimentare, ed è proprio per questo che è dall’oriente che derivano i dati epidemiologici più significativi

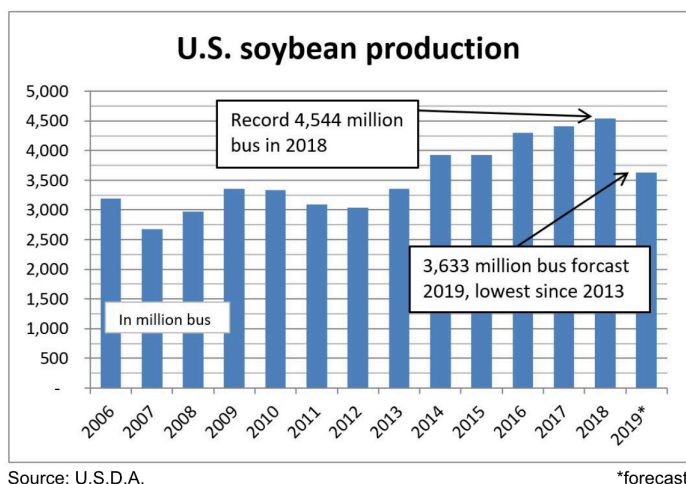
riguardanti i benefici nel consumo di soia e tutto il corpus di ricette, utilizzi e metodi di preparazione di questo legume.

Si narra che il primo occidentale a fare una piantagione di soia sia stato Samuel Bowen nel 1766; egli era un marinaio inglese tenuto prigioniero in Cina, e che una volta liberatosi si stabilì a Savannah, in Georgia, dove acquistò 180 ettari per coltivare la soia. I fagioli che ottenne li utilizzò per la produzione di salsa di soia e di vermicelli o “noodles” che esportò in Inghilterra.

La soia, in occidente, è stata ritenuta a lungo una pianta ornamentale e solamente negli anni sessanta è stato scoperto il suo potenziale che le permette di crescere sia in climi temperati che subtropicali; a partire dagli anni novanta, in seguito a miglioramenti genetici che hanno portato a un aumento delle rese, la sua produzione è cresciuta in modo esponenziale guadagnandosi un ruolo dominante nel sistema agricolo mondiale.

Le ragioni della scelta di questa coltura dipendono dal fatto che, essendo una leguminosa, è capace di arricchire il suolo di azoto fungendo da fertilizzante naturale, prestandosi, così, alla rotazione col mais, l'altro padrone del sistema agricolo statunitense; come ulteriore vantaggio la sua raccolta è completamente meccanizzata e quindi necessita di pochissima manodopera: E' però il suo profilo nutrizionale, ricco di proteine ad alto valore biologico e lipidi, che la rende uno dei legumi più prodotti e consumati: i dati statistici hanno mostrato che la produzione mondiale di soia è aumentata di circa 13 volte dal 1961 al 2017.

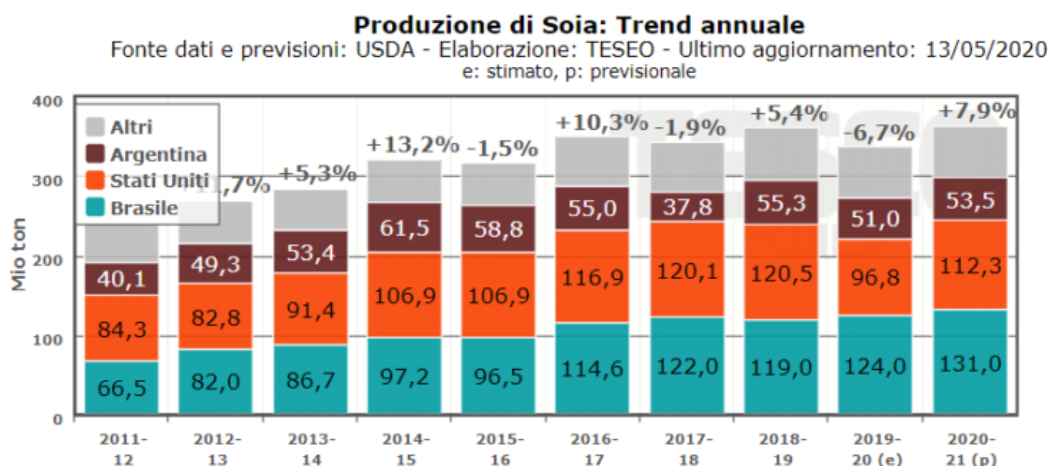
Ad oggi il maggior produttore mondiale di soia non è più la Cina, che si piazza solamente al quarto posto, ma gli Stati Uniti con 120 milioni di tonnellate di soia prodotte nel 2019, seguito dal Brasile e dall'Argentina.



In sud America, ormai, si parla di una “Repubblica della soia” e la foresta Amazzonica brucia per far posto ai campi: grazie all’aumento delle piantagioni di soia, per il tredicesimo anno consecutivo, si stima che il Brasile, al termine del 2020, raggiungerà il record di 124 milioni di tonnellate di soia, superando, così, gli Stati Uniti, le cui produzioni sono in calo.

Anche in Europa, sebbene il consumo di soia come alimento in sé non sia molto elevato, la produzione è notevole: sono circa 2,7 milioni le tonnellate prodotte nella stagione 2018-2019, di cui il 43% in Italia che si piazza al primo posto con ben 320

mila ettari coltivati a soia, che è comunque una produzione modesta rispetto ai paesi oltreoceano.



Il consumo e la conoscenza dei prodotti a base di soia, infatti, sono in crescita, anche in occidente, soprattutto grazie alla diffusione del vegetarianismo e del veganismo che richiedono all'industria alimenti ad alto contenuto di proteine che non contengano ingredienti di origine animale. Detto questo, i numeri della soia non sono dovuti al suo utilizzo per l'alimentazione umana in quanto solamente il 25% della soia coltivata è destinata questo scopo per il quale si utilizzano soprattutto le sue frazioni, olio e farina, come ingredienti per l'industria alimentare.

Il restante 75% della soia coltivata, dunque la stragrande maggioranza, è destinata all'alimentazione del bestiame e, non a caso, la Cina, in cui sono presenti il 47% degli allevamenti di suini di tutto il mondo, è il primo importatore mondiale.

Il cittadino europeo consuma in media 61 kg di soia ogni anno, di cui il 93% "nascosto" nei mangimi utilizzati per l'allevamento di carne, pesce e derivati. La quantità maggiore di soia (109 g per 100 g di prodotto) è "contenuta" nei petti di pollo, seguiti dalle uova (35 g di soia ogni 55 g), dai tranci di salmone (59 g ogni 100 g), dalle braciole di maiale (51 g di soia ogni 100 g), dagli hamburger (46 g per ogni 100 g) e dal formaggio (25 g di soia per 100 g).

Il problema dell'insostenibilità della filiera della carne, oggi molto discussa, è da ricercare proprio negli ingenti danni che questa monocoltura sta creando, colpevole della distruzione progressiva della foresta amazzonica insieme ad altre colture come il mais e il cotone.

1.2 ASPETTI BOTANICI

La pianta ha un portamento eretto con altezza variabile dai 50 ai 180 cm e può avere o meno delle ramificazioni. L'accrescimento può essere indeterminato, come le varietà che si piantano generalmente in Italia, semi-determinato o determinato. Il fusto è



caratterizzato da una fitta peluria che lo ricopre, di colore variabile in base alla varietà.

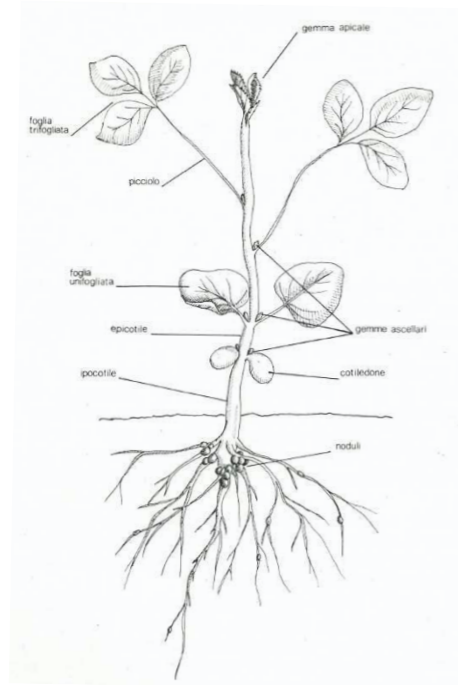
L'apparato radicale, come tutte le dicotiledoni, è fittonante, con una media capacità di penetrazione e presenta numerose radici secondarie. La rizosfera ospita un batterio simbiote *Bradyrhizobium japonicum* che opera la fissazione dell'azoto atmosferico, coadiuvato da *Rhizobium fredii* e *Bradyrhizobium elkanii*.



Se la soia viene piantata in un terreno che non l'ha mai ospitata è infatti opportuno inoculare tale batterio mescolato con i semi.

Le foglie sono di quattro tipi: 2 cotiledonari di forma semicircolare che cadono durante i primi stadi vegetativi; 2 unifogliate, inserite nel nodo sovrastante, di forma ovale; le successive sono trifogliate con foglioline di forma e dimensioni variabili,

lunghe da 4 fino a 20 cm e larghe da 3 a 10 cm, ricoperte anch'esse di peli che all'avvicinarsi della maturazione ingialliscono e cadono prima che i baccelli maturino; infine ci sono i profili che sono piccolissimi e situati alla base di ciascuna ramificazione laterale.



I fiori sono di colore bianco o viola e sono generalmente di più rispetto ai baccelli con in media il 20% di aborti. Nei tipi determinati, in cui le infiorescenze sono ascellari e terminali, la fioritura inizia quasi simultaneamente in tutti i nodi; in quelli ad accrescimento indeterminato, invece, i baccelli sono distribuiti uniformemente lungo lo stelo e nelle ramificazioni, radi nella parte apicale e la fioritura inizia al quarto o quinto nodo e progredisce verso la parte apicale.



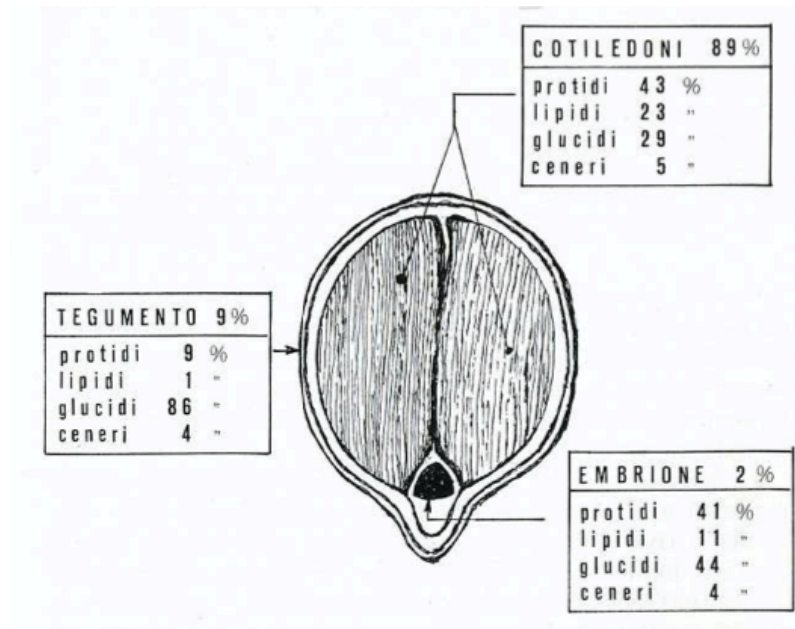
Ogni infiorescenza può fornire da 1 a 20 baccelli e si possono avere fino a 300 baccelli per pianta. I baccelli hanno una forma curvata; sono lunghi dai 3 ai 5 cm; hanno un colore che varia dal verde al giallo in base al grado di maturazione; e sono ricoperti da peli.



Ogni baccello normalmente contiene 2 o 3 legumi di forma rotondeggiante; di colore generalmente paglierino; e peso variabile tra i 50mg e i 400mg.



I cotiledoni rappresentano il 90% del peso del seme e contengono la maggior parte dell'olio e delle proteine, rispettivamente contenuti negli sferosomi e nei grani di aleurone. I corpi proteici misurano, in media, 10 micron mentre i corpi lipidici hanno, tipicamente, da 0,2 a 0,5 micron di diametro. Il tegumento, fibroso, rappresenta il 9% del seme e l'embrione il 2%.



1.3 ASPETTI AGRONOMICI

La soia è una pianta annuale, primaverile-estiva, brevidiurna, con temperature ottimali di crescita di 24-25°C e che non cresce a temperature inferiori a 4-6°C.

Si adatta a diversi tipi di terreno ma preferisce quelli con un pH compreso tra 6 e 6.5 e non ha bisogno di grandi lavorazioni tanto che sono sufficienti le lavorazioni minime e la semina diretta; bisogna però prestare attenzione alle lavorazioni dei terreni troppo fini e polverosi in quanto in caso di piogge si creano facilmente croste superficiali che ostacolano l'emergenza delle piantine, e ai terreni preparati in maniera grossolana dato che il passaggio di aria, se eccessivo, può asciugare il seme in fase di germinazione. Sono da evitare, invece, suoli eccessivamente calcarei, perché procurano clorosi ferrica, che limita la formazione dei noduli e riduce l'accrescimento della coltura.

Il seme va posto a 2-4 cm di profondità, come massimo, con dose di seme variabile in relazione alla precocità della varietà: in genere si consiglia un investimento di 35-50 semi/m, con una distanza tra le file di 45-50 cm. Per questo lavoro vengono spesso utilizzate seminatrici di precisione.



La semina in Italia viene fatta da aprile a giugno e la raccolta da settembre a ottobre, in base alle varietà. In questa fase è importante considerare la temperatura del terreno, che non deve essere inferiore a 10°C.

Le varietà si differenziano in:

- precocissime (classe di maturazione 0), poco produttive;
- precoci (classe di maturazione 1-), adatta per l'Italia;
- medie (classe di maturazione 1+), adatte per l'Italia;

- tardive (classe di maturazione 2,3,4,5,6), non adatte per il nostro paese a causa del ciclo produttivo troppo lungo.

Nell'avvicendamento può succedere al mais, tecnica ampiamente sfruttata nelle grandi piantagioni in sud America, dato che anche questa è una delle colture più prodotte al mondo e necessita di grandi quantità di azoto per crescere, ma anche alla barbabietola da zucchero, alla patata, al sorgo e al frumento; non gradisce, tuttavia, il ritorno su se stessa in quanto favorirebbe l'insorgenza di problemi fitosanitari ed è opportuno evitare colture come la colza e il girasole con cui condivide la sensibilità al patogeno *Sclerotinia sclerotiorum*.

In merito alla concimazione, nonostante la pianta sia autosufficiente dal punto di vista dell'azoto, ha bisogno comunque di macro e micro elementi durante i tre momenti critici caratteristici: l'emergenza, la fioritura e il periodo dal riempimento della granello fino alla maturazione.

Il fosforo è fondamentale nella prima fase per far crescere più velocemente le radici e per l'instaurarsi della simbiosi, che richiede energia. Durante la fioritura, invece, saranno necessari i biostimolanti che aiutano la pianta in caso di stress climatici consentendone il completamento dello sviluppo. Concimi fogliari accoppiati a trattamenti per la difesa da insetti o acari assicurano la produzione della coltura.

Alle volte però la coltivazione può necessitare anche di una concimazione azotata, soprattutto se nel periodo di semina fa freddo e vi sono molte piogge. Se nel terreno, invece, sono presenti molti nitrati o la coltivazione precedente ha avuto bisogno di molto fertilizzante, potrebbero verificarsi dei problemi di nodulazione: pertanto è bene scegliere un rizobio che sia specifico per questa situazione.

Il diserbo può essere eseguito sia in pre-emergenza, che in post-emergenza; il trattamento preventivo semplifica, tuttavia, il successivo e consente il controllo delle malerbe difficili (*Chenopodium album*, *Abutilon theophrasti*, *Bidens*, *Datura stramonium*) e di ecotipi resistenti (*Amaranthus app.*).



Nonostante la soia sia resistente alla siccità l'irrigazione è un fattore determinante sulle rese di questa coltura. È da preferire l'irrigazione a goccia, che garantisce diversi vantaggi, come la scelta di quando irrigare e una maggiore uniformità nell'appezzamento.

La raccolta, grazie alle mietitrebbiatrici, è completamente meccanizzata.



Si esegue quando la pianta è completamente secca e le foglie iniziano a cadere. In queste condizioni il seme contiene circa il 12-14% di acqua.

Le rese sono molto eterogenee e sono strettamente correlate ai metodi di produzione.

1.4 LA SOIA OGM

La soia insieme a mais, colza, cotone e barbabietola da zucchero è tra gli alimenti più geneticamente modificati e gli unici consentiti per l'importazione in Europa.

La soia OGM deriva dall'aggiunta di sequenze geniche tramite il DNA di un batterio, l'Agrobacterium Tumefaciens, con lo scopo di migliorare le sue caratteristiche a vantaggio dell'industria agroalimentare. Questa tecnica fu utilizzata per la prima volta nel 1995 dalla Monsanto che rese la soia resistente al pesticida Roundup, a base di glifosato, prodotto dalla stessa multinazionale in modo che questo potesse essere distribuito su tutta la pianta.

Le problematiche principali legate a questa tecnica, non sono correlate al rischio per la salute, o almeno ad oggi non ci sono studi che lo ritengano tale, bensì al pericolo di una concentrazione di potere in mano a poche multinazionali dato che i semi OGM, creati in laboratorio, sono brevettabili e quindi ad uso esclusivo di queste.

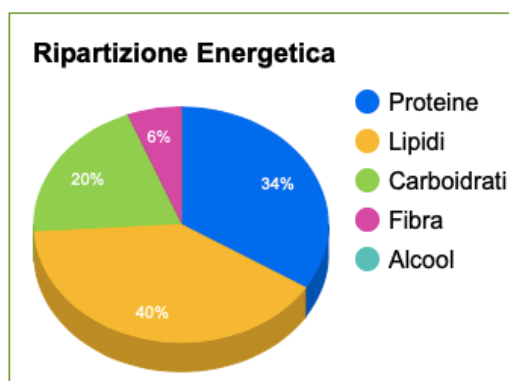
In passato è stato considerato il rischio di allergie, in quanto una varietà di soia OGM prodotta dalla Monsanto risultava avere circa il 30% in più di una proteina considerata allergenica, a causa dell'aggiunta di sequenze geniche della noce brasiliana, le cui proteine hanno forti proprietà allergeniche, per aumentare il quantitativo di metionina. Tale prodotto fu poi prontamente tolto dal mercato e ad oggi c'è una grande attenzione nel considerare tutti i possibili allergeni e tossine noti. Non è da escludere, tuttavia, che cambiando più tratti del DNA, si possano formare allergeni nuovi, che non possono essere scoperti fino a che a qualcuno a cui è stato somministrato non ne mostri i sintomi.

Il consumatore, comunque, se vuole un prodotto derivante da soia OGM free deve necessariamente leggere le etichette. La normativa europea impone la dichiarazione in etichetta "prodotto da OGM" qualora l'alimento derivi da OGM o contenga un ingrediente OGM per più dello 0,9%. Per aver un prodotto sicuramente non OGM la soia deve essere biologica o italiana in quanto il nostro paese vieta le coltivazioni di OGM per l'alimentazione umana.

Capitolo 2 COMPOSIZIONE CHIMICA

La soia è un legume con caratteristiche peculiari, infatti si distingue sia per il profilo proteico ma anche per la quantità di grassi: esso è il legume con il maggior numero di calorie, 430kcal per 100g.

Descrizione Nutriente	Valore per 100 g
Acqua (g)	9.5
Energia (kcal)	430
Energia (kJ)	1800
Proteine (g)	36.9
Lipidi (g)	19.1
Colesterolo (mg)	0
Carboidrati disponibili (g)	23.2
Amido (g)	11.1
Zuccheri solubili (g)	11
Alcool (g)	0
Fibra totale (g)	11.9



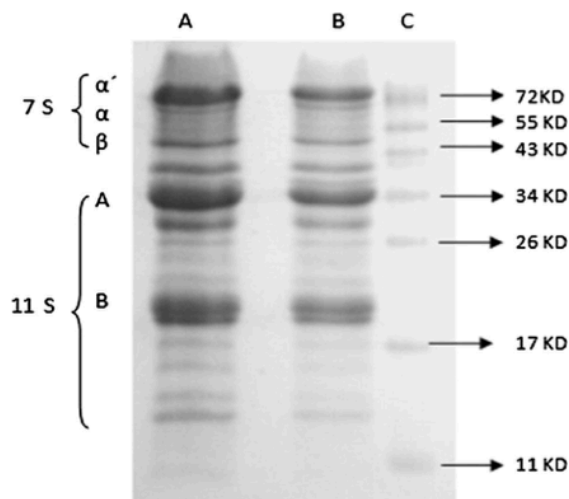
2.1 PROTEINE

La soia contiene 36.9g di proteine per ogni 100g rispetto ai 20g in media degli altri legumi. Nel complesso questa frazione è la somma di proteine di riserva, lectine, enzimi e inibitori delle proteasi.

Le proteine di riserva, quantitativamente le più rilevanti, sono principalmente rappresentate da globuline classificate in base al coefficiente di sedimentazione; queste sono: 2S, 7S, 11S e 15S. I gruppi 7S e 11S rappresentano la frazione principale (80%).

La 7S, del peso molecolare di 150 kDa, è costituita da varie globuline: la più importante, la β -conglucina, comprende tre subunità, α , α_1 e β .

La frazione 11S, invece, è costituita solo dalla glicina, una globulina del peso molecolare di circa 350 kDa composta da sei coppie di subunità. Ognuna di queste coppie di subunità è costituita a sua volta da una subunità acida di 40 kDa e una basica di 20 kDa, legate da un ponte disolfuro.



La 2S consiste in polipeptidi a basso peso molecolare, tra i quali gli inibitori delle proteasi descritte sotto, e la 15S è un dimero della glicina.

Altre tipo di proteine contenute sono le oleosine (8-20% delle proteine totali) che hanno la funzione di stabilizzare gli sferosomi.

La soia contiene inoltre alcuni enzimi tra i quali si ricorda la lipossigenasi che è una proteina globulare solubile in acqua che fu individuata nel 1928 proprio negli estratti di semi di soia come enzima in grado di ossidare il carotene. Questa appartiene alla classe delle ossidoreduttasi e in particolare, catalizza la reazione di ossidazione degli acidi grassi polinsaturi che porta alla formazione di idroperossidi coniugati: questi

sono alcuni dei composti responsabili del sapore rancido e del “beany flavour”. Per ovviare a questa problematica, gli scienziati, mediante ibridazioni, mutazioni e selezione, hanno creato una nuova varietà di soia che non contiene questo enzima, ampiamente utilizzata per la produzione di latte di soia e prodotti alimentari a base di soia.

Le lectine sono una famiglia eterogenea di proteine presenti in quasi tutti i vegetali, e abbondanti nei legumi e nei cereali crudi: quelle contenute nella soia, non hanno effetti dannosi per l’uomo e, comunque, sono facilmente inattivate dall’ammollo, dalla fermentazione e dal calore.

Altri composti “antinutrienti” contenuti nella soia sono gli inibitori della digestione, come gli inibitori di Kunitz e Bowman Birk, accusati di causare una diminuzione dell’attività delle proteasi a serina: anch’essi sono termolabili.

Considerando il pattern amminoacidico la soia è considerata contenere le proteine vegetali più complete, fatta eccezione per una carenza di metionina e cisteina: è per questo che nella dieta si consiglia l’abbinamento con un cereale.

Grams of AA per 100 g of protein	AA composition
4.20	Ananine
8.00	Arginine
12.10	Aspartic acid
20.40	Glutamic acid
1.40	Cystine
4.20	Glycine
2.70	Histidine
4.30	Isoleucine
4.50	Valine
7.80	Leucine
6.50	Lysine
1.40	Methionine
5.40	Phenylalanine
5.30	Proline
5.70	Serine
3.60	Threonine
1.00	Tryptophan
4.10	Tyrosine



Per determinare la qualità di una fonte proteica possono essere presi in considerazione più indici; il più valido è ritenuto il PDCAAS (Protein Digestibility

Corrected Amino Acid Score) che mette in relazione il contenuto quali-quantitativo amminoacidico dell'alimento con uno ideale che si basa sui requisiti amminoacidici di un bambino di età compresa tra i 2 e i 5 anni e che inoltre tiene conto della digeribilità. Il PDCAAS varia da 1 che è il valore più alto possibile a 0 che è quello più basso: il valore dei semi di soia è 0.91, mentre quello dell'isolato proteico dei semi di soia è 1.00, quindi ottimale.

La digeribilità (D), o coefficiente di utilizzazione digestiva (CUD), è il rapporto tra l'azoto assorbito e l'azoto introdotto con la dieta per 100: alla soia viene attribuito il valore di 83.

Considerando, invece, il valore biologico (VB), ossia il rapporto tra l'azoto trattenuto e l'azoto assorbito, che non tiene conto di alcuni fattori che influenzano la digestione delle proteine, la soia ha un valore di 75, modesto se paragonato all'uovo, il cui valore biologico è 100.

$$\text{Valore biologico} = \frac{\text{N alimenti} - \text{N feci} - \text{N urine}}{\text{N alimenti} - \text{N feci}} = \frac{\text{azoto trattenuto}}{\text{azoto assorbito}}$$

Il contenuto proteico, generalmente, aumenta a discapito dell'olio, con la concimazione azotata, in base al grado di efficienza dell'inoculo del rizobio, per effetto dell'irrigazione, con il ritardo della semina e con temperature relativamente basse in fase di maturazione.

Molti dei prodotti alimentari a base di soia basano la loro fama sulle proprietà funzionali delle sue proteine. Esse, infatti, presentano proprietà addensanti, emulsionanti, gelificanti, umettanti, schiumogene, filmogene e supportano il processo di testurizzazione che porta alla formazione di strutture simili alla carne.

Le proprietà funzionali sono legate sia alla composizione che alla sequenza degli amminoacidi (struttura primaria), sia alla configurazione spaziale della molecola proteica e alle forze intermolecolari (struttura secondaria e terziaria).

2.2 LIPIDI

Per quanto riguarda il profilo lipidico 100g di soia contengono, in media, 20 g di grassi, principalmente trigliceridi, che costituiscono il 96% del totale.

Elevato è il suo contenuto di grassi monoinsaturi (24%) e polinsaturi (62%): tra questi l'acido grasso predominante è l'acido linoleico, che costituisce circa il 54% dei trigliceridi totali, ma è anche notevole il contenuto di acido linolenico (8%). Il risultato del rapporto omega 6 (54%)/omega 3 (8%) è quindi di circa 7 sbilanciato a favore degli omega 6.

I grassi saturi, invece, sono presenti per il 15% circa con una predominanza di acido palmitico.

Acidi grassi Saturi (%)	14.77
C4:0-C10:0 (%)	0
C12:0 acido laurico (%)	0
C14:0 acido miristico (%)	0.16
C16:0 acido palmitico (%)	10.32
C18:0 acido stearico (%)	3.88
C20:0 acido arachidico (%)	0.42
C22:0 acido beenico (%)	0
Acidi grassi Monoinsaturi (%)	23.98
C14:1 acido miristoleico (%)	0
C16:1 acido palmitoleico (%)	0.32
C18:1 acido oleico (%)	23.46
C20:1 acido eicosenoico (%)	0.21
C22:1 acido erucico (%)	0
Acidi grassi Polinsaturi (%)	62.13
C18:2 acido linoleico (%)	54.12
C18:3 acido linolenico (%)	8.01
C20:4 acido arachidonico (%)	0
C20:5 acido eicosapentenoico EPA (%)	0
C22:6 acido docosaesenoico DHA (%)	0
Polinsaturi/Saturi	4.21

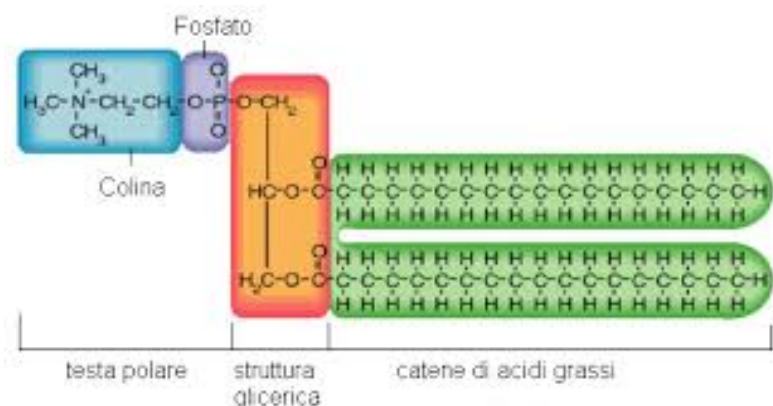
I componenti minori includono fosfolipidi (2%), tra cui la lecitina (0,5%), lipidi insaponificabili (1,6%), acidi grassi liberi (0,5%) e tracce di pigmenti.

Come detto sopra, l'olio è contenuto in corpi lipidici, gli sferosomi, ricoperti esternamente da un doppio strato fosfolipidico, ragion per cui questa componente è

relativamente abbondante. Questo involucro protegge i corpi oleosi dagli stress ambientali, come l'umidità, le oscillazioni di temperatura e gli ossidanti.

Da un punto di vista chimico la lecitina è una miscela di fosfolipidi: essi derivano dalla struttura dei trigliceridi (che compongono tutti i grassi e gli oli che conosciamo), con la differenza che un acido grasso è sostituito da un gruppo fosforico (i fosfolipidi a questo punto prendono il nome di fosfatidi) al quale a sua volta è legata una molecola più complessa come la colina, l'etanolanmina, l'inositolo oppure un semplice atomo di idrogeno. Queste molecole danno così al fosfatide il nome di fosfatidilcolina (PC), fosfatidiletanolamina (PE), fosfatidilinositolo (PI) e infine acido fosfatidico (PA).

La molecola interesse delle ricerche è la Fosfatidilcolina (PC), contenuta nella lecitina di soia in quantità media pari al 14-16 % ponderale. Essa è un emulsionante



biologico che mantiene i grassi (incluso il colesterolo) in soluzione, prevenendo così la formazione di depositi solidi che soffocano le arterie e diminuiscono il flusso del sangue.

Tocoferoli, tocotrienoli e fitosteroli sono i maggiori rappresentanti della componente insaponificabile. I tocoferoli, assieme ai tocotrienoli, sono molecole liposolubili che costituiscono il gruppo della vitamina E, ricordata per il suo altissimo potere antiossidante.

I fitosteroli presenti nei semi di soia sono principalmente il campsterolo, lo stigmasterolo e il sitosterolo: una loro assunzione è associata ad una diminuzione del colesterolo nel sangue. Entrambi, tuttavia, vengono persi durante la deodorazione.

I pigmenti, soprattutto i carotenoidi, e gli acidi grassi liberi sono, invece, rimossi dalla decolorazione. Nell'olio raffinato, quindi, questi componenti minori sono ridotti a meno dell'1% dei lipidi totali.

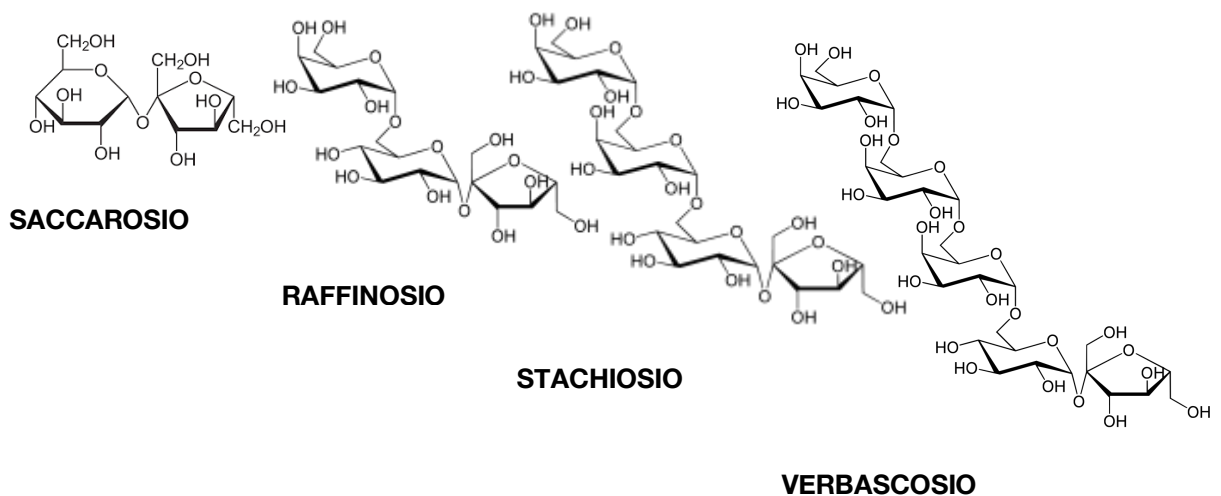
2.3 CARBOIDRATI

I carboidrati sono la seconda componente principale dei fagioli di soia, dato che rappresentano il 23% del peso secco.

Il contenuto di amido è molto basso, circa 11g, e minore che in altri legumi che ne contengono dai 40 ai 50g. L'amido di soia contiene generalmente più amilopectina dell'amilosio e il rapporto tra amilopectina e amilosio nella soia immatura può arrivare fino a 7,5: 1, a seconda del tipo di cultivar.

Lo zucchero semplice preponderante è il saccarosio (5%), seguito dallo stachiosio (4%) e dal raffiniosio (1%), e da piccole quantità di verbascosio (<1%). Le percentuali variano in base al cultivar, ma anche con le condizioni ambientali durante la crescita.

Raffinosio, stachiosio e verbascosio sono galatto-olisaccaridi (GOS) costituiti da una molecola di saccarosio terminale a cui sono legate rispettivamente una, due o tre molecole di galattosio. Le unità di galattosio sono legate da legami α -1,6 e il legame tra galattosio e saccarosio terminale è α -1,3.



Il raffiniosio, lo stachiosio e il verbascosio non vengono metabolizzati dall'uomo, che è privo degli enzimi necessari, ma sono una

fonte preferenziale di carbonio per il microbiota intestinale. Questa funzione è ritenuta positiva per la salute, favorendo la crescita di batteri ritenuti positivi, in particolare, per il nostro colon, del quale sembra ridurre l'incidenza di cancro e di altri disordini intestinali.

La digestione di questi composti può essere difficoltosa per i soggetti non abituati al consumo di legumi, non avendo essi una flora batterica selezionata, e portare quindi tali soggetti a disturbi correlati, quali meteorismo e flatulenza.

Altri monosaccaridi, come il glucosio, il fruttosio, il galattosio, il maltosio, l'arabinosio e il ramnosio compaiono quando la pianta è ancora immatura, per poi quasi scomparire con il progredire dello stadio di maturazione.

Da sottolineare, infine, che la soia non contiene lattosio, il tipico zucchero del latte, e quindi spesso la bevanda a base di soia viene impiegata nella dieta come sostitutivo del latte da coloro che soffrono di intolleranza al lattosio o di allergia alle proteine del latte; non è presente nemmeno glutine, quindi la farina di soia può essere utilizzata per la preparazione di prodotti da forno per celiaci.

2.4 FIBRE

I legumi sono anche un'ottima fonte di fibra e la soia ne contiene, in media, 11.9 g per 100 g di granella. La maggior parte è costituita da polisaccaridi strutturali, quali, emicellulosa, cellulosa e galattomannani. Hanno un grande potere igroscopico, quindi, nel tratto intestinale si rigonfiano, assorbendo molta acqua. Ciò favorisce un aumento della massa fecale e un transito intestinale più rapido. Questo effetto è da ricercare in caso di stipsi. Una dieta ricca in fibra, inoltre, è correlata ad un abbassamento dei livelli di colesterolo nel sangue e della pressione arteriosa.

2.5 VITAMINE E MINERALI

Il profilo vitaminico e minerale della soia è simile a quello degli altri legumi ma il contenuto di questi composti è maggiore.

Nel complesso il contenuto di minerali rappresenta, circa, il 5% con il Ferro (15,7 mg), il Calcio (277 mg), il Sodio (2 mg), il Magnesio (280 mg), il Potassio (1797 mg) e il Fosforo (704 mg) come principali.

La loro biodisponibilità può diminuire per la presenza di fitati, sostanze capaci di chelare gli ioni bivalenti, rendendoli di fatto inassorbibili.

Va ricordato, inoltre, che il ferro presente nelle fonti vegetali (ferro non-eme) presenta, in generale, una biodisponibilità più bassa rispetto al ferro presente nella carne e nel pesce, che, per buona parte, è ferro-eme. Per questo consumare un prodotto vegetale in combinazione con carne o pesce, o associare succo di limone o altre fonti di vitamina C presenti nella frutta e nei vegetali, aumenta l'assorbimento del ferro non-eme.

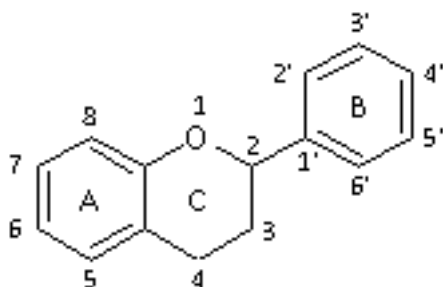
Nella lavorazione della soia la maggior parte dei minerali finisce nella farina e solo una piccola parte nell'olio.

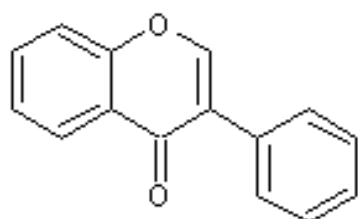
La soia è anche una fonte di vitamine del gruppo B, in particolare, tiamina (vit. B1), niacina (vit. B3) e biotina (vit. B8), con l'eccezione della vitamina B12, che è assente.

Come anticipato, contiene anche la vitamina E, principalmente nelle forme di α -tocoferolo, β -tocoferolo e γ -tocoferolo; il δ -tocoferolo è invece presente in tracce.

2.6 POLIFENOLI: GLI ISOFLAVONI

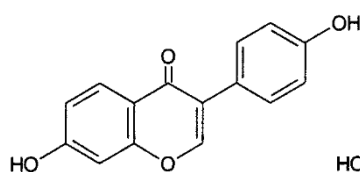
Oltre ai macro e ai micro nutrienti, nella soia troviamo un'altra classe interessante di composti, i polifenoli. I polifenoli in questione sono gli isoflavoni, una sottoclasse dei flavonoidi, ossia composti fenolici la cui struttura di base è costituita da due anelli aromatici (A e B) collegati da una catena di tre atomi di carbonio, che formano un eterociclo ossigenato chiuso con l'anello benzenico A (anello C). In particolare, gli isoflavoni presentano l'anello B legato in posizione 3 dell'anello C.



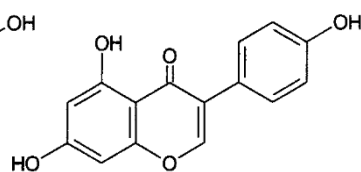


Isoflavoni

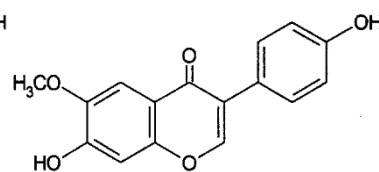
Gli isoflavoni di soia comprendono dodici diverse isoforme derivanti dai tre principali: genisteina (50%), daidzeina (40%) e gliciteina (10%). Questi si possono trovare in 4 differenti forme: agluconiche, glucosilate, malonilglucosilate e acetilglucosilate; queste ultime vengono considerate come prodotti di denaturazione formati in seguito a termico.



Daidzein



Genistein



Glycitein

La quantità di isoflavoni nei fagioli di soia è di 58-380 mg/100 g; nel tofu varia tra 8 e 67 mg in base al metodo di lavorazione della materia prima e delle caratteristiche del prodotto finito; nel latte tra 3 mg e 17 mg; nel miso tra 26 mg e 89 mg e nella salsa di soia tra 1 mg e 7 mg.

Nella dieta umana le principali fonti di isoflavoni sono la soia e i prodotti da essa derivati; secondariamente anche altre leguminose come le lenticchie, i ceci, i fagioli e i cereali integrali quali grano, riso, orzo e segale, contengono isoflavoni in quantità variabili da 0.1mg a 2.5 mg/100 g di prodotto.

Gli isoflavoni si trovano anche nel trifoglio rosso (*Trifolium pratense*), nei germogli di erba medica (*Medicago sativa*) e nel trifoglio bianco (*Trifolium repens*), particolarmente ricchi di biocanina A e formononetina che sono isoflavonoidi diversi

da quelli presenti nella soia. Tali piante, però, non fanno parte generalmente della dieta dell'uomo, bensì di quella degli animali al pascolo in particolari territori o foraggiati con trifoglio. Nel latte di questi animali è stata ritrovata una maggior concentrazione di p-cresciolo, dovuta probabilmente alla degradazione di questi isoflavoni nel rumine.

Gli isoflavoni sono stati scoperti per la prima volta in Australia, negli anni quaranta, proprio dalle analisi delle urine di pecore affette da quella che oggi chiamiamo "cleaver disease", causata dal fatto che pascolavano in terreni in cui erano presenti grandi quantità di trifogli. Gli animali affetti da questa patologia mostravano dei disturbi legati alla riproduzione, con sintomi vari che comprendevano l'estro in capi non ancora in età fertile, la secrezione di latte in pecore vergini, aborti frequenti, un elevato rischio di prolasso dell'utero ed endometriosi. Nei caproni le disfunzioni riguardavano la quantità e la motilità degli spermatozoi. Dagli studi successivi si capì il legame tra la formononetina, contenuta nelle piante di trifoglio, e la malattia.

Gli isoflavoni nelle piante sono presenti principalmente come forme coniugate con il glucosio e hanno una funzione di difesa; sono, infatti, delle fitoalessine, ossia composti antimicrobici prodotti a seguito di interazioni con patogeni e proteggono la pianta da condizioni di stress. La quantità di isoflavoni prodotta può variare in base alle condizioni di crescita della pianta (fertilità del suolo, umidità, ecc.), dalle condizioni climatiche (temperature, precipitazioni, vento, grandine, ecc.) e dai processi post-raccolta, oltre che dalla cultivar.

La qualità e la quantità dei polifenoli infine, cambia drammaticamente a causa dei processi fisici ed enzimatici che si effettuano durante la preparazione dei prodotti a base di soia. Gli isoflavoni, che sono presenti nel fagiolo soprattutto nella forma di 6-O-monoglucoside e β -glucoside, sono idrolizzati dai trattamenti a caldo e dalla fermentazione. La variabile da tener presente è il tempo: più lungo sarà il processo, maggiore sarà grado di idrolisi. Durante la cottura, inoltre, il totale degli isoflavoni si riduce del 50% circa, in base alle tecniche, ma aumenta la frazione degli isoflavoni liberi.

2.6.1 METABOLISMO DEGLI ISOFLAVONI

Gli studi sul metabolismo e sull'assorbimento degli isoflavoni sono complessi in quanto i metaboliti prodotti sono molteplici e differenti in base al tipo di isoflavone

assunto, al tessuto target, ecc.; in più le vie metaboliche negli individui possono subire dei cambiamenti in base alla microflora, al pH e al potenziale redox intestinale, oltre che alla dieta, all'assunzione o meno di farmaci e al sistema immunitario.

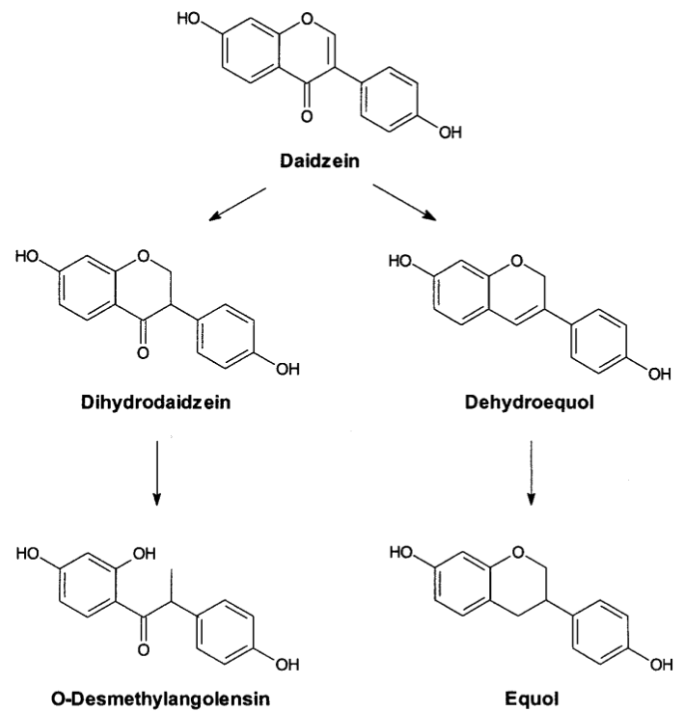
Nonostante le molteplici implicazioni del caso, sono chiare alcune informazioni.

La prima è che solamente le forme libere possono essere metabolizzate, mentre le glucosilate, a causa dell'alta idrofilicità e dell'alto peso molecolare, devono essere prima idrolizzate. Questo processo avviene principalmente nell'intestino tenue grazie agli enzimi intestinali e batterici; solo successivamente, possono essere assorbiti o trasformati ulteriormente dalla microflora dell'intestino crasso in altri metaboliti. Al contrario di quello che si potrebbe pensare, è stato visto che l'idrolisi dei glucosidi prima dell'ingestione non ne aumenta la biodisponibilità: il legame con lo zucchero, infatti, ne previene la degradazione a livello intestinale.

In ogni caso una volta assorbiti, gli agliconi vengono glucuronati e/o solforati nel fegato e riassorbiti nell'intestino per poi essere escreti principalmente con le urine. Quelli che non vengono assorbiti, invece, vengono escreti con le feci. La forma glucuronata, che rappresenta il 90% del totale degli isoflavoni circolanti, è considerata inattiva, mentre gli agliconi e la forma solforata sono biologicamente attivi.

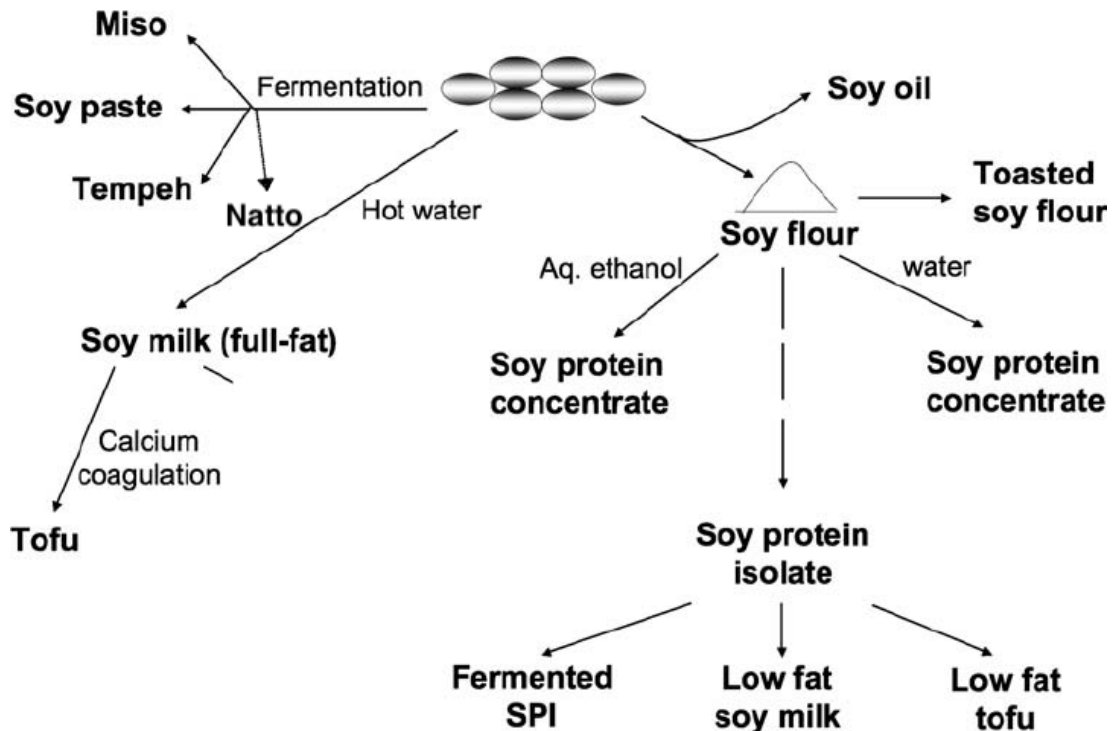
I metaboliti degli isoflavoni sembra abbiano un'influenza importante sulle loro proprietà: sia la daidzeina che la genisteina possono essere infatti metabolizzate in equolo e/o DMA e loro derivati.

La produzione o meno di equolo, il metabolita più attivo degli isoflavoni, è un fattore determinante nello studio degli effetti del consumo di soia. Si è stimato, infatti, che solamente il 35% della popolazione ne sia produttore, indifferentemente dall'età o dal sesso. È stato dimostrato, in vitro, che la sua potenza estrogenica è addirittura più elevata della daidzeina; l'attività diminuisce infatti nell'ordine: estradiolo > genisteina > equolo > gliciteina > daidzeina.



Capitolo 3

PRODOTTI A BASE DI SOIA E PROCESSI TECNOLOGICI PER LA TRASFORMAZIONE



3.1 PRODOTTI FERMENTATI

La soia è entrata nell'alimentazione umana soprattutto sotto forma di prodotti fermentati: i principali alimenti di questo tipo sono il tempeh e il natto, mentre come condimenti possono essere preparati il miso e la salsa di soia.

La fermentazione in generale migliora il sapore e la consistenza del fagiolo della soia, diminuisce la quantità degli antinutrienti contenuti (fitati, saponine e lectine), consuma gli oligosaccaridi indigeribili presenti che causano problemi di flatulenza a chi non consuma i legumi con regolarità, e disattiva quasi completamente le antitripsine, rendendo le proteine della soia maggiormente disponibili.

Infine, la presenza di microrganismi vivi e vitali al momento del consumo contribuisce ad arricchire positivamente la microflora intestinale: nella trasformazione della soia infatti, sono molto utilizzati lieviti e muffe, che pur non avendo un'azione diretta sul nostro intestino, sono capaci di produrre enzimi con azioni benefiche per la nostra salute.

3.1.1 SALSÀ DI SOIA

La salsa di soia o *shoyou* è un prodotto giapponese da cui la soia, come detto in precedenza, prende il nome.

Si ottiene dalla lunga fermentazione, tradizionalmente 8/12 mesi, ad opera di *Aspergillus oryzae* o *Aspergillus sojae*, di una miscela composta da semi di soia, lavati e cotti al vapore, e grano tostato, a cui viene aggiunta una salamoia al 20-25% che garantisce la sola crescita dei microrganismi alotolleranti e osmotolleranti. In seguito, si sprema il fermentato, si filtra e si pastorizza. La restante parte solida prende il nome di *moromi*.



Come starter può essere utilizzato anche il tradizionale *Tane koji* che si produce a partire da grani di riso scuro reidratati, cotti al vapore, raffreddati, poi inoculati con *Aspergillus oryzae* o *Aspergillus soyae* e lasciati fermentare per una notte. Il giorno seguente i grani vengono trasferiti in ampi vassoi e incubati a 30°C per 5-7 giorni durante i quali sarà necessario amalgamare il prodotto per garantire un'adeguata aerazione funzionale allo sviluppo di muffe. I principali contaminanti isolati dal Koji sono *Bacillus subtilis*, *Rhizopus nigricans*, *Micrococcus caseolyticus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* e *Saccharomyces rouxii*, tuttavia, questi microrganismi, ad eccezione dei

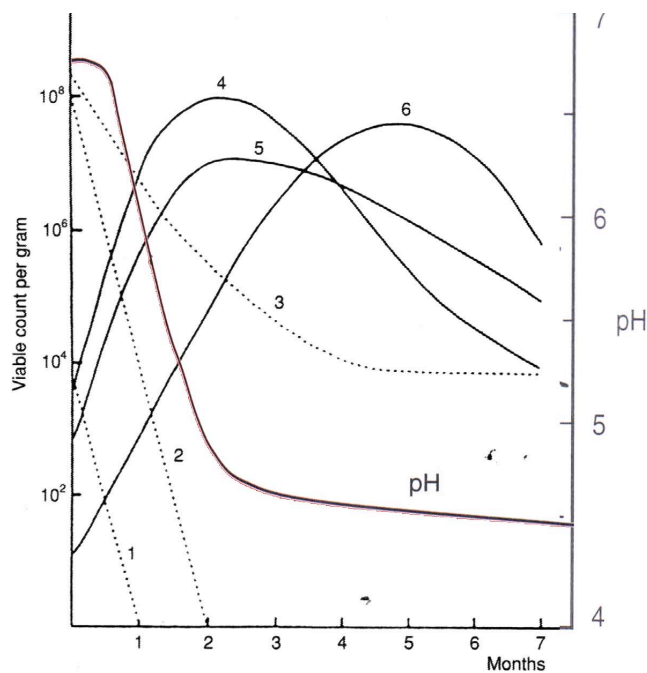
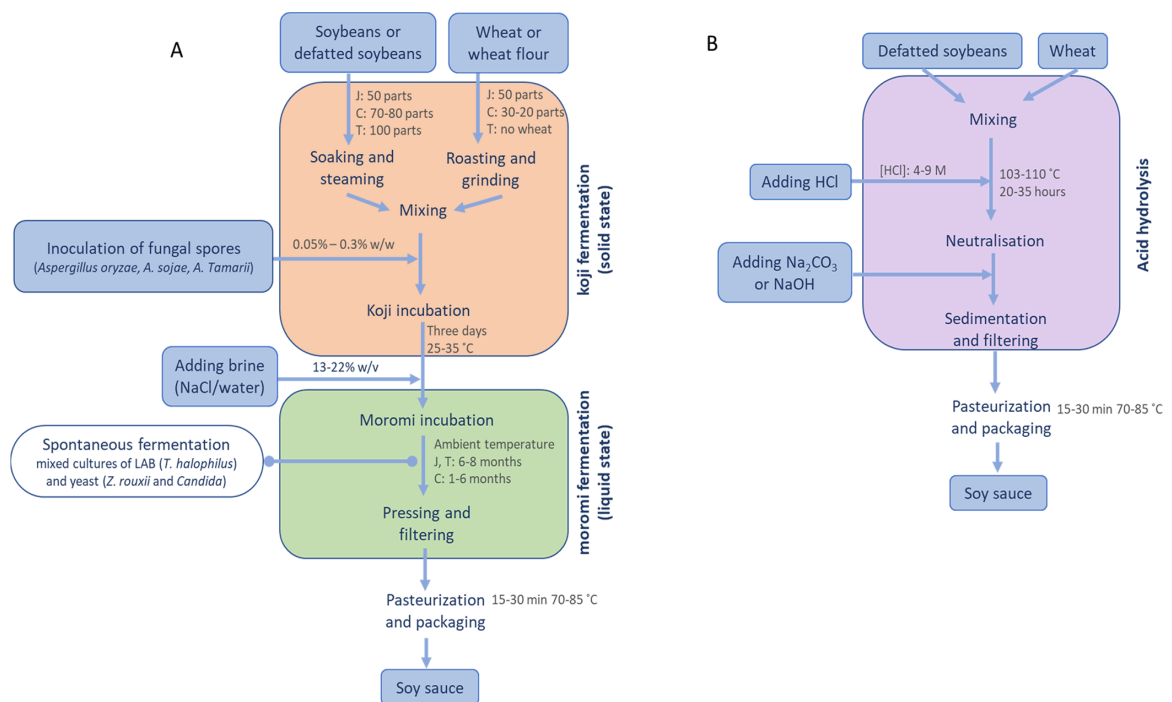


Figure 12.7 Microflora changes in shoyu-mash fermentation. 1, wild yeasts; 2, *Micrococcus* spp.; 3, *Bacillus* spp.; 4, lactobacilli; 5, *Saccharomyces rouxii*; 6, *Torulopsis* spp. (From Tamagawa *et al.*, 1975.)

lieviti osmotolleranti, a causa delle estreme condizioni di pH e dell'alta concentrazione di sale, cessano presto di crescere.

Questa salsa ha una colorazione brunastra ed è caratterizzata da un'elevata sapidità e dalla presenza del gusto umami, in parte dovuto alla formazione di glutammato monosodico a partire dal sale di sodio aggiunto, e dall'acido glutammico, un amminoacido derivato dal metabolismo delle proteine che si sviluppa durante la fermentazione. Sempre ad opera dei microrganismi i carboidrati vengono fermentati in alcool e acido lattico.

La produzione di salsa di soia a livello industriale, però, non può essere compatibile con tali tempistiche: la materia prima che si utilizza non sono quindi i semi interi ma i fiocchi o la farina disoleata, dato che l'olio durante la preparazione tradizionale si separa. Il processo di produzione inizia con la cottura dell'impasto di farina e acqua, che in seguito viene raffreddato. Per evitare il lungo processo di fermentazione si adotta un sistema che combina le alte temperature e l'idrolisi acida. Vengono anche aggiunti additivi, coloranti e aromi per la standardizzazione del prodotto. In etichetta tra gli ingredienti si troverà scritto: "proteine di soia idrolizzate" o "proteine vegetali idrolizzate". Negli ultimi anni è stata introdotta sul mercato anche la salsa di soia a basso contenuto di sale, che riflette l'interesse dei consumatori verso un'alimentazione più sana.



3.1.2 MISO

Come la salsa di soia anche il *miso* è un condimento salato a base di soia e cereali fermentati, molto utilizzato per arricchire zuppe, ma con una consistenza pastosa.



Per la sua produzione è necessaria una doppia fermentazione, la prima ad opera di *Aspergillus oryzae* o del *Tane koji* e una seconda per aggiunta di uno starter a base di *Zigoaccaromyces rouxii* e *Pediococcus halophilus*.

Questo tipo di miso a base di sola soia prende il nome di Hacho miso, ma se alla soia viene aggiunto un cereale in proporzione 1:1, si ottiene il Kome miso con il riso, il Mugi miso con l'orzo o il Genmai miso con entrambi.

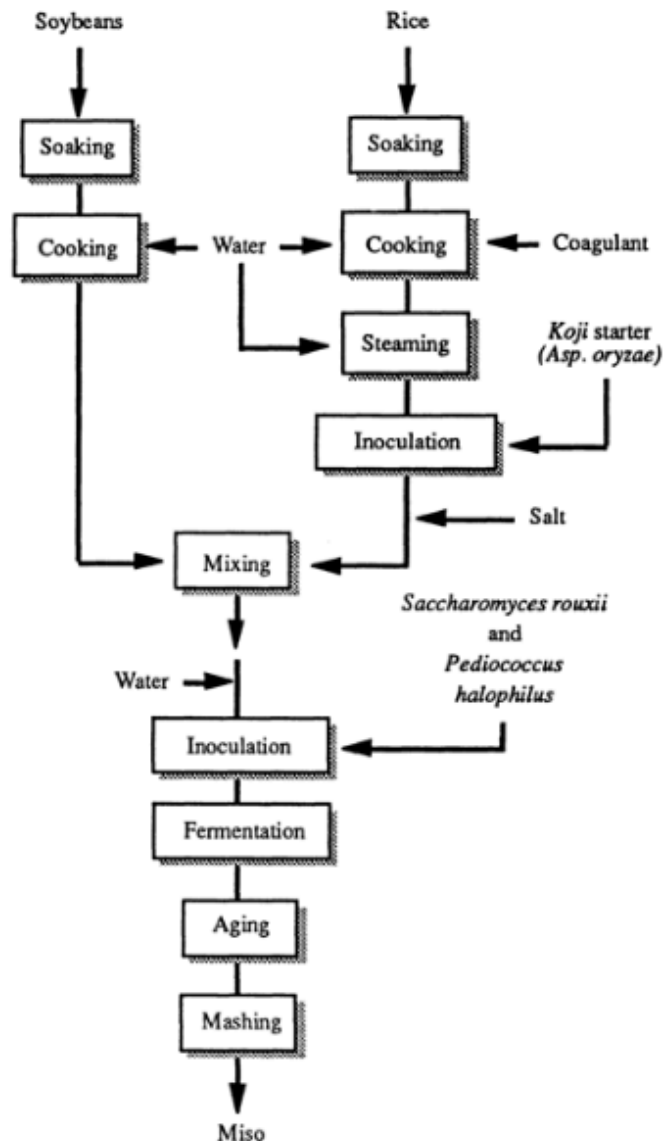
Product	Moisture (%)	Protein (%)	Reducing sugar (%)	Fat (%)	pH	Color
Rice miso						
Sweet	43-49	10-11	15	3-5	5.4	White or red
Salty	45	10-13	12	6	5.3	Yellow or red
Barley miso						
Sweet	44-47	10	17	4-5	5.2	Yellow
Salty	46-48	13	11	5-6	5.1	Red
Soy bean miso	45-46	17-20	4	11	5.0	Red or brown

¹Adapted from Ebine, 1986 and Baens-Arcega et al., 1996

Il miso contiene 12g di proteine per 100g di prodotto, è ricco di enzimi e vitamine del gruppo B ma, per contro, contiene un'elevata quantità di sodio che lo rende inadatto alla dieta degli ipertesi.

La produzione industriale riproduce il metodo di produzione tradizionale. Per la fermentazione si utilizza uno starter, fornito da aziende specializzate nella produzione del *koji* e per velocizzare il processo, dopo aver inoculato il *koji* viene aggiunto NaCl, che accelera le reazioni di idrolisi delle proteine. Prima di essere confezionato il prodotto subisce un processo di pastorizzazione che lo stabilizza da un punto di vista microbiologico. Le caratteristiche che devono avere i fagioli per la produzione del miso sono: grana grossa, buccia sottile, colore chiaro, buona capacità di assorbimento, ammorbidimento del chicco dopo la cottura a vapore, colore chiaro (giallo brillante)

del chicco e buon odore dopo la cottura a vapore. Gli altri requisiti sono: un elevato contenuto di zuccheri e un basso contenuto di lipidi. L'acqua utilizzata dovrebbe essere potabile e dovrebbe contenere un basso contenuto di ioni di ferro, rame, manganese e calcio. Per quanto riguarda il sale si prediligono quelli a basso contenuto di ferro e rame.



3.1.3 TEMPEH

Il *tempeh* è un prodotto fresco originario dell'Indonesia che si ottiene con un metodo di lavorazione unico nel suo genere e quindi possiede delle caratteristiche organolettiche esclusive.



Si produce a partire dai semi di soia interi che vengono cotti in acqua e aceto per diminuirne il pH; essi vengono quindi raffreddati alla temperatura di circa 30° e inoculati con le spore di *Rhizophilus oligosporus* per circa 24 ore. Durante la fermentazione si sviluppano le ife di questa muffa che penetrano nei fagioli legandoli tra loro, e in superficie ne risulta un micelio bianco: dalla digestione dei carboidrati e dei lipidi si sviluppano sostanze aromatiche. Il prodotto tradizionale è altamente deperibile e viene solitamente consumato entro il giorno in cui viene realizzato. Nella produzione industriale, può essere conservato mediante essiccazione o congelamento (dopo la pastorizzazione per inattivare la muffa e i suoi enzimi).

Il tempeh tradizionale si produce con la soia ma per la sua produzione possono essere anche utilizzati altri legumi.

3.1.4 NATTO

Un altro prodotto alimentare fermentato derivato dalla soia è il natto che come il tempeh è ricco di proteine, (ne contiene 16g per 100g circa) ed è un eccellente fonte di isoflavoni. Esso viene prodotto per aggiunta di *Bacillus subtilis* var. natto ai fagioli di soia cotti a vapore. La crescita del batterio è accompagnata dalla variazione del colore, da giallo a bianco, e dalla sintesi di un polisaccaride che ricopre l'intero prodotto donandogli una texture viscosa e filamentosa. Questo polimero, costituito principalmente da fruttosio, gli conferisce anche un sapore dolce.



Per la produzione del natto sono da preferire semi piccoli, che assorbono acqua più facilmente, abbreviando così il tempo di cottura a vapore. Anche per questo prodotto, a livello industriale, in fase di fermentazione vengono aggiunti enzimi che consentono di velocizzare e standardizzare il processo.

3.2 PRODOTTI NON FERMENTATI

I derivati alimentari non fermentati originati dalla soia sono le bevande di soia e i prodotti da esse derivati (latticini di soia) come il tofu. Nonostante questi prodotti non subiscano una fermentazione le lavorazioni a cui sono sottoposti ne permettono il miglioramento delle caratteristiche nutrizionali abbattendo il contenuto di antinutrienti e migliorandone la digeribilità.

Della soia inoltre si mangiano sia i semi (o fagioli di soia) sia i germogli, che hanno aumentato ultimamente la loro diffusione nei supermercati: gli edamame e i germogli di soia.

3.2.1 BEVANDA DI SOIA



La bevanda di soia è l'estratto acquoso dei fagioli di soia opportunamente ammollati, frullati, cotti ed infine filtrati. Ciò che viene separata è l'okara, la parte solida, contenente carboidrati e fibre, che può essere destinata alla produzione di prodotti da forno come torte e biscotti. Al filtrato, invece, si aggiunge acqua fino al raggiungimento della consistenza desiderata. Si ottiene così un liquido dal colore biancastro, opalescente, che consiste in una soluzione di proteine della soia e micelle di grasso in sospensione che ricorda il latte e che fino al 2017 è stato commercializzato come "latte di soia". In seguito ad una sentenza del 14 giugno 2017 con la quale la Corte di giustizia dell'Unione Europea si è espressa contro un operatore tedesco che utilizzava questa dicitura nei suoi prodotti, lo troviamo sugli scaffali come "bevanda di soia" o "soia drink" poiché la parola "latte" ha una precisa definizione (Regio decreto n.994).



Nato in oriente per chi non poteva permettersi di bere latte, oggi viene scelto come sostituto del latte, non solo per motivazioni mediche o etiche, ma anche dietetiche ed edonistiche.

In generale, il consumo di bevande vegetali, tra le quali primeggia la bevanda di soia, è in forte espansione: negli Stati Uniti nel 2019 il 35% della popolazione dichiara di utilizzare, almeno una volta alla settimana, la bevanda di soia.

Share of consumers that consumed soyfoods and beverage at least once a week in percentage, United States, 2010-2019



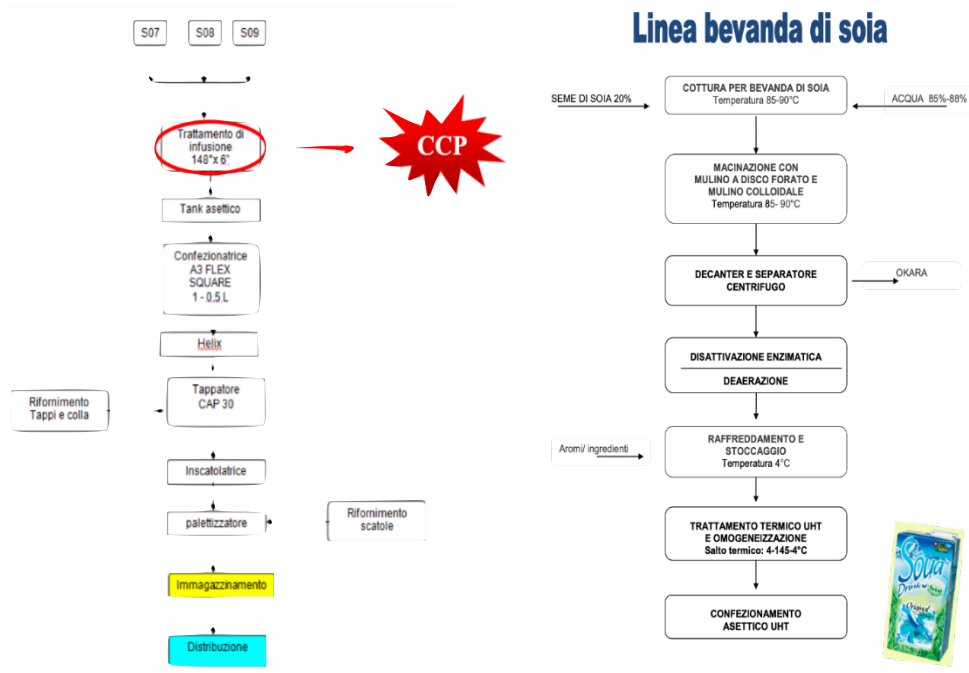
Source : United Soybean Board, Mordor Intelligence



L'apprezzamento da parte dei consumatori è sicuramente merito dell'industria alimentare che ha cercato delle soluzioni per migliorarne il sapore. Come detto in precedenza, gli off-flavours sono originati dall'ossidazione degli acidi grassi da parte delle lipossigenasi durante la macinazione del seme, quindi l'utilizzo di varietà specifiche, l'inattivazione di questi enzimi prima della macinazione e il mascheramento di questi sapori con additivi sono passaggi fondamentali per questa lavorazione. Sono da preferire, inoltre, fagioli di colore giallo chiaro, con un elevato contenuto proteico.

A livello industriale i metodi di preparazione dipendono dalle scelte delle aziende: non esiste, infatti, uno standard ufficiale e i prodotti ottenuti spesso hanno caratteristiche chimiche-nutrizionali e organolettiche diverse. Come materia prima si può utilizzare la soia intera, i fiocchi o la farina di soia più o meno sgrassata. Molto frequente è anche l'utilizzo di un semipreparato in polvere. Di seguito il flow-sheet di due aziende italiane che producono bevande di soia, a sinistra è previsto l'utilizzo dei fagioli interi, a destra si parte da un preparato.

Il trattamento UHT finale allunga la conservazione della bevanda e ne permette la distribuzione negli scaffali; come effetto secondario dell'elevata temperatura si ha però una deodorazione.



La bevanda può essere “fortificata” aggiungendo vitamine, ad esempio la vit. B12, A, D, il calcio, per avvicinarne il profilo minerale e vitaminico a quello del latte, e aromi e zuccheri per migliorarne il sapore. L’etichettatura dei prodotti ai quali sono stati aggiunti vitamine e minerali può contenere una dicitura che evidenzia come CLAIM tale aggiunta in conformità al Reg. (CE) 1924/2006.



Leader in Italia per questa categoria di prodotti è l’azienda bolognese Valsoia S.p.A. fondata nel 1990, che ha sviluppato il mercato italiano dei prodotti a base di soia ed è

cresciuta da un fatturato iniziale di circa 350.000 Euro (1990) agli attuali 83,5 milioni di Euro (Bilancio di Esercizio 2018).

Il mercato delle bevande a base di soia è così grande che anche aziende produttrici di latte vaccino (come Parmalat e Granarolo) si stanno aprendo al mondo delle bevande vegetali.



Questa bevanda, al pari del latte, può essere utilizzata per la preparazione di yogurt, budini, gelati e tofu.

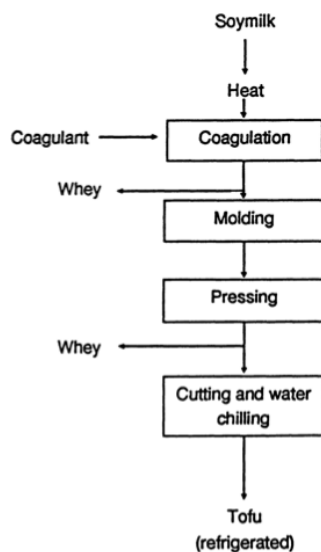
3.2.2 TOFU

Conosciuto anche come formaggio di soia, il tofù è probabilmente uno degli alimenti a base di soia più conosciuti e consumati nel mondo. Tipico della dieta orientale dove è consumato da più di 2000 anni è entrato inizialmente nei nostri supermercati su richiesta di vegetariani e vegani che ne apprezzano l'elevato contenuto proteico e il sapore neutro che lo rende versatile per la preparazione di numerose ricette.

Questo prodotto è nato per caso, aggiungendo un coagulante alla bevanda di soia, con il risultato di ottenere un latte "cagliato" da cui poter ricavare una sorta di formaggio. Il metodo di preparazione prevede, come "caglio vegetale", l'uso del solfato di calcio o del Nigari, di origine Giapponese, che si ottiene dall'evaporazione e purificazione dell'acqua marina, costituito per larga parte da cloruro di magnesio.



Per la produzione industriale di tofu si parte dal riscaldamento della bevanda di soia a una temperatura di 80-85°C, facendo attenzione ad eliminare il film superficiale che si forma. Si aggiunge poi un coagulante e la “cagliata” viene quindi trasferita in stampi forati e pressata a sufficienza. Le “forme” vengono lavate con acqua fredda e successivamente tagliate per essere confezionate singolarmente. Il tofu è un prodotto fresco e come tale viene venduto refrigerato.



Il controllo della percentuale di solidi, della temperatura della bevanda di soia, della quantità di coagulante e dell'agitazione della bevanda di soia coagulata sono i punti critici di controllo della qualità, perché influenzano la consistenza e la resa del tofu.

Oggi troviamo un'ampia gamma di tofu che si distinguono per la consistenza: regular o soft, firm e extra firm.



Il tofu compatto può essere prodotto utilizzando un latte di soia a basso contenuto di solidi (dal 5 all'8%), una temperatura di coagulazione più elevata (da 90 a 95 ° C) e una miscelazione vigorosa durante la fase di coagulazione.

Un tofu più morbido e con una resa maggiore può essere prodotto con un latte di soia ad alto contenuto di solidi (dal 10 al 13%), coagulato a una temperatura inferiore (da 70 a 80 ° C, da 158 a 176 ° F), con un minimo di agitazione (solo quanto basta per disperdere completamente il coagulante nel latte di soia).

Un metodo di produzione differente, più simile a quello utilizzato per la produzione di yogurt compatto che di formaggio, è quello per la preparazione del silken tofu, un prodotto dalla consistenza morbida e vellutata, ideale alla produzione di creme dolci o salate. La bevanda di soia con un alto contenuto di solidi (10% circa) viene riscaldata a 100°C e quindi raffreddata a temperatura ambiente. Viene aggiunto gluconolattone (GDL) e il prodotto ottenuto viene quindi inserito nei contenitori per la vendita al dettaglio. Dopo la sigillatura, i contenitori vengono riscaldati a bagnomaria a 80-90° C per 40-60 minuti. A questa temperatura, il GDL viene trasformato in acido gluconico, che fa coagulare le proteine portando alla formazione di un gel omogeneo, senza la separazione del siero.

Il tofu preparato in questo modo è un prodotto pastorizzato che si conserva bene per alcuni giorni in frigorifero.

3.2.3 EDAMAME

Gli edamame sono i fagioli di soia raccolti prima del raggiungimento della maturazione. Sono di colore verde e sono serviti frequentemente nei ristoranti di sushi. La loro preparazione prevede una bollitura in acqua per 15-20 minuti.

Al supermercato gli edamame si trovano sia in baccello che sgusciati nel reparto dei surgelati. Si possono trovare anche tostati e salati, e commercializzati come snack.



3.2.4 GERMOGLI DI SOIA

Per «germogli» si intendono i prodotti ottenuti dalla germinazione del seme e dalla sua crescita in acqua o in altro mezzo di coltura, raccolti prima dello sviluppo di foglie vere e proprie e destinati ad essere consumati integralmente, incluso il seme.

Per questo prodotto esiste, infatti, una regolamentazione specifica:

Regolamento 208/2013 della Commissione recante le prescrizioni in materia di rintracciabilità per i germogli e i semi destinati alla produzione di germogli che modifica regolamento (CE) n. 2073/2005 per quanto riguarda i criteri microbiologici applicabili ai germogli;

regolamento (UE) n. 210/2013 della Commissione sul riconoscimento degli stabilimenti che producono germogli

regolamento (UE) n. 211/2013 della Commissione (modificato dal regolamento (UE) n. 704/2014 della Commissione) relativo alle prescrizioni in tema di

certificazione per l'importazione nell'Unione di germogli e semi destinati alla produzione di germogli



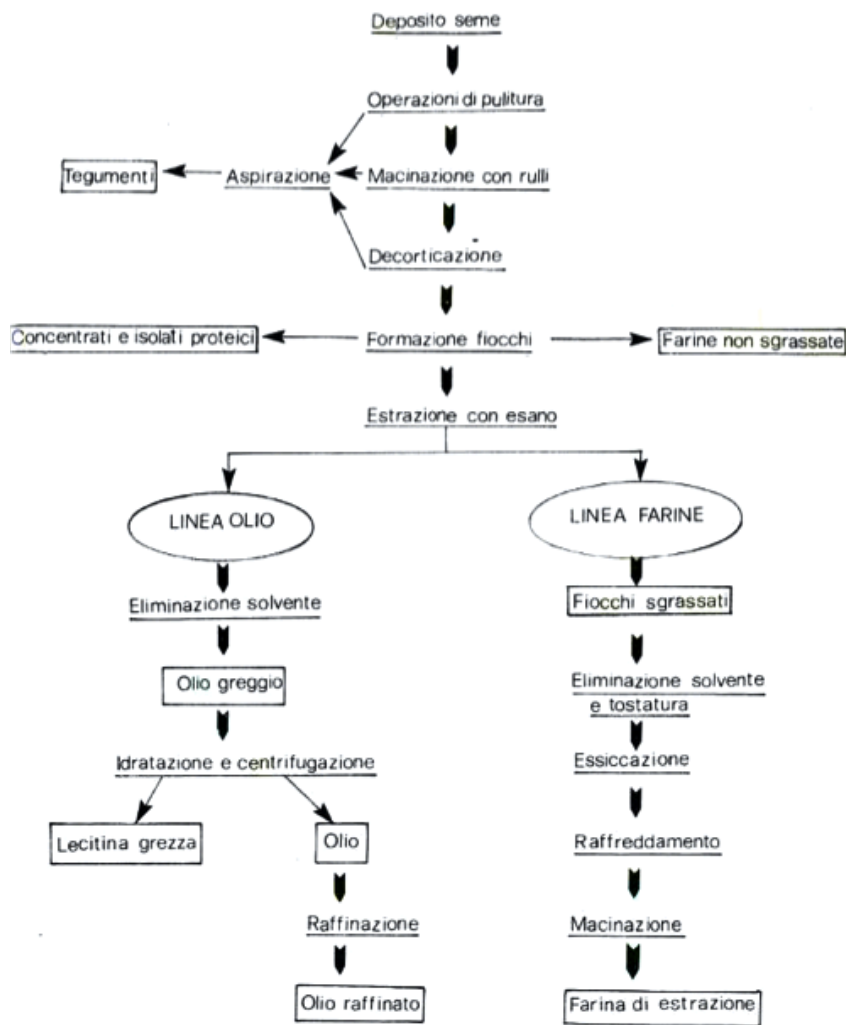
Per la loro produzione occorre prestare particolare attenzione agli aspetti microbiologici, dato che le condizioni ottimali di germinazione del seme sono le condizioni ottimali di crescita di molti patogeni. Il seme va quindi sterilizzato prima della germinazione; una tecnica comune è il lavaggio in ipoclorito di calcio per dieci minuti con un forte risciacquo finale. Il seme viene poi messo in acqua e portato alle condizioni di germinazione, dopodiché, passato il tempo necessario (4-6 giorni), si attiva e germina. Oggi grazie all'utilizzo di software specifici tutti i fattori che influiscono sui parametri di crescita sono controllati e registrati, e tale innovazione ha un forte impatto in termini di sicurezza del prodotto. Successivamente i germogli vengono raccolti e lavati per eliminare le radici e le cuticole in eccesso. Il lavaggio può essere fatto a secco, con i germogli trasportati lungo un piano vibrante con una piastra forata, o in umido, metodo più sicuro ma che richiede più passaggi (filtraggio e riciclaggio dell'acqua di lavaggio e asciugatura dei semi).

I germogli infine vengono confezionati asciutti e distribuiti sia inscatolati che sotto la catena del freddo. Spesso vengono utilizzati crudi per arricchire insalate o per decorare piatti salati.

Descrizione Nutriente	Valore per 100 g	Valore per Porzione 80 g
Acqua (g)	86.3	69.0
Energia (kcal)	54	43
Energia (kJ)	227	181
Proteine (g)	6.2	5.0
Lipidi (g)	1.4	1.1
Colesterolo (mg)	0	0
Carboidrati disponibili (g)	3.0	2.4
Amido (g)	0	0
Zuccheri solubili (g)	3	2.4
Alcool (g)	0	0
Fibra totale (g)	2.8	2.2

3.3 INGREDIENTI A BASE DI SOIA

Per ingredienti a base di soia si intendono dei derivati che sono utilizzati per la produzione di alimenti contenenti quasi esclusivamente una delle sue frazioni: in particolare, gli ingredienti principali sono l'olio e la farina ricchi rispettivamente della componente lipidica e di quella proteica.



La preparazione di ingredienti a base di soia comprende, quindi, due linee di produzione, che condividono però le operazioni iniziali:

- la linea dell'olio, da cui si ottiene l'olio di soia e come sottoprodotto la lecitina;
- la linea della farina da cui si ottengono la farina di soia, i concentrati e gli isolati proteici di soia, e le proteine di soia testurizzate e idrolizzate.

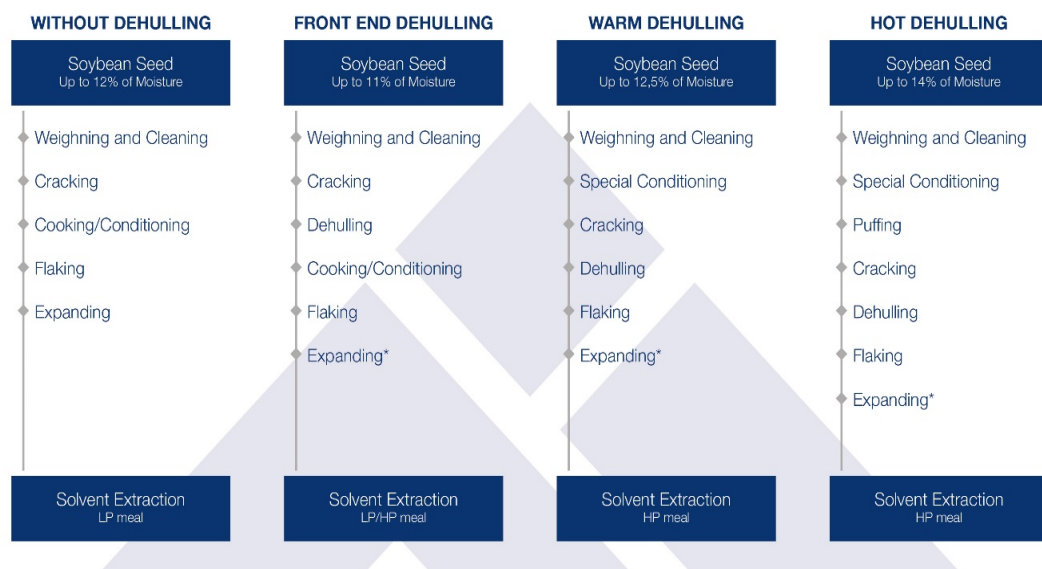
3.3.1 OPERAZIONI PRELIMINARI

Prima di procedere all'estrazione dell'olio e all'ottenimento della farina, si eseguono sui semi di soia dei pretrattamenti necessari a preservare l'integrità dell'impianto e a garantire un buon tasso d'estrazione.

L'ordine, l'intensità e le temperature di alcuni di questi processi possono però variare a seconda del grado di umidità iniziale del seme e del contenuto proteico che si desidera ottenere nella farina. Ad esempio, la decorticatura può essere fatta a caldo o a freddo, oppure si può lavorare con un seme non decorticato, qualora si voglia una farina con un elevato quantitativo di fibre e un minor contenuto proteico; di seguito alcuni esempi.

SOYBEAN PREPARATION PLANTS

Processing Steps



In generale l'ordine dei trattamenti preliminari è il seguente:

1. PESATURA — WHEIGHNING
Come primo step occorre definire la portata di alimentazione dell'impianto e pesare, di conseguenza, i semi.
2. PULIZIA DEL SEME E VAGLIATURA — CLEANING
Al ricevimento del seme seguono le operazioni di pulitura che prevedono l'eliminazione dei corpi estranei, quali terriccio, pietre, sassi, corpi metallici e farinette, mediante aspiratori, vibrovagli e filtri magnetici. Si passa poi alla cernita, prestando particolare attenzione ai semi rotti, poiché le lipossigenasi a livello delle rotture possono liberare composti che conferiscono odori e sapori sgradevoli.
3. ESSICCAZIONE DEI SEMI — CONDITIONING
Prima che i fagioli vengano stoccati o lavorati, viene rimossa parte dell'acqua contenuta al fine di aumentarne la conservabilità e/o di agevolare le successive

operazioni di estrazione dell'olio. Si utilizzano essiccatori ad aria calda, del tipo a nastro o a tunnel, che consentono di lavorare grandi quantità di prodotto. Generalmente si raggiunge il 12-13% di umidità.

4. FRANTUMAZIONE E DECORTICAZIONE - CRACKING AND DEHULLING

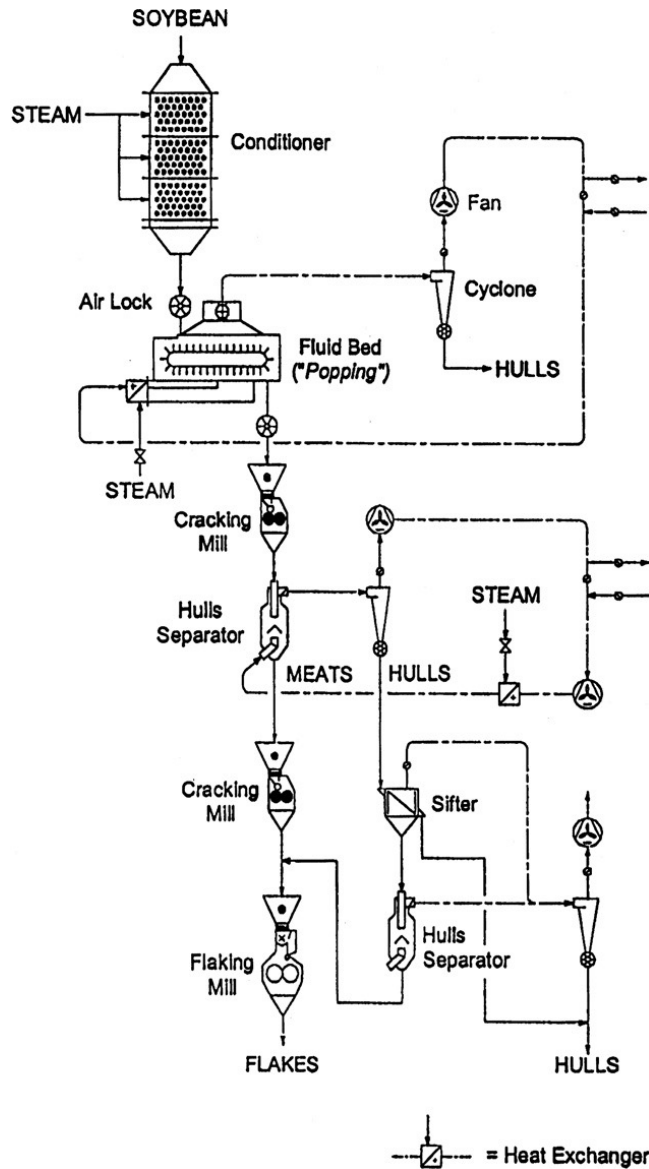
Questo processo prevede l'eliminazione dei cotiledoni esterni che non si sono staccati nelle operazioni precedenti. Ciò porta numerosi vantaggi tecnologici alla successiva estrazione dell'olio. L'epicarpo, infatti, è costituito principalmente da lignina, che non contiene olio, anzi tende ad assorbirlo. Togliendo la corteccia si riduce il volume del seme con conseguente aumento di capacità dell'impianto di estrazione dell'olio, si riduce la quantità di solvente da utilizzare e i rischi di abrasione dell'impianto. L'epicarpo contiene anche dei polisaccaridi che durante la lavorazione potrebbero formare delle schiume e conferire sapori indesiderati. Il seme pulito passa quindi ai laminatoi a cilindri rigati, dove viene grossolanamente schiacciato e quindi alle decorticatrici. La miscela seme e corteccia che esce dalle decorticatrici viene inviata ad una serie di vibrovagli e di trasportatori pneumatici dove si realizza la separazione e il riciclo dei componenti sfuggiti alla separazione o decorticazione. I tegumenti aspirati e raccolti in un serbatoio possono essere destinati all'industria mangimistica o, previa tostatura, essere reinseriti nelle farine, qualora si desiderasse un prodotto ricco in fibre.

5. RISCALDAMENTO – CONDITIONING

I semi decorticati vengono riscaldati a 74°C per essere ammorbiditi prima della fiocatura (flaking), così da evitare che si trasformino in farina quando verrà applicata una pressione meccanica.

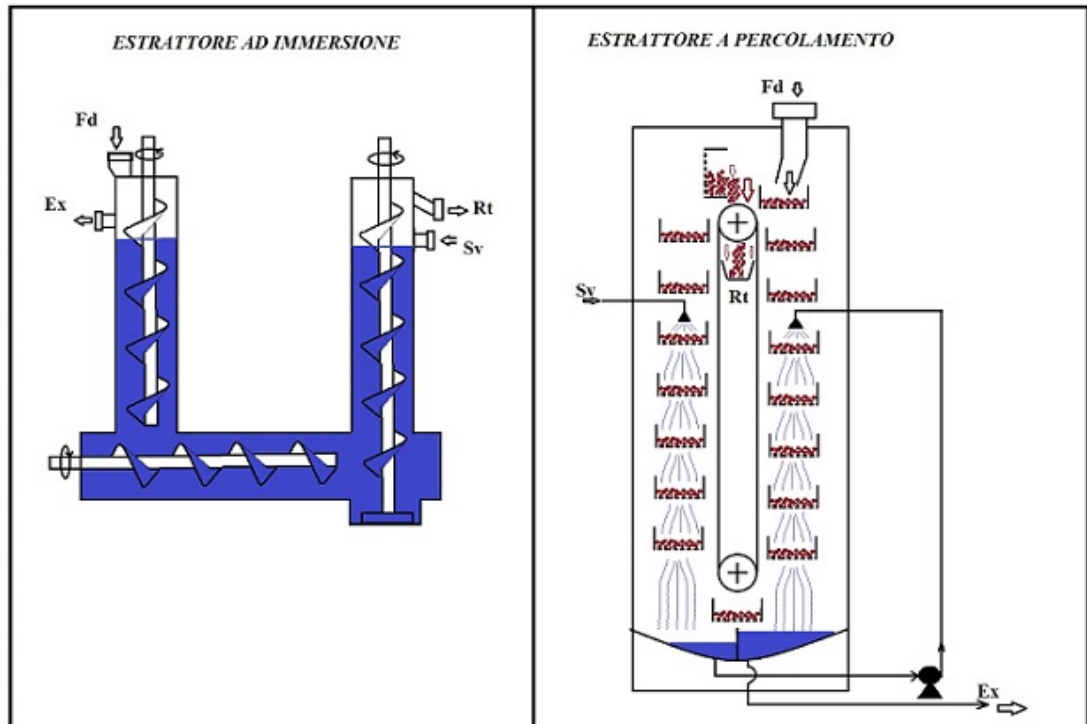
6. FIOCCATURA – FLAKING

La macinazione dei semi è un passaggio fondamentale in quanto aumenta la superficie di estrazione del seme, in quanto si verifica una parziale rottura delle cellule oleifere e quindi nel complesso viene aumentata l'efficienza del processo di estrazione dell'olio. In particolare, nel flaking i semi decorticati e condizionati vengono fatti passare tra una coppia di cilindri lisci che compongono il laminatoio, per ottenere delle lamelle sottili circa 0,25-0,28 mm. A questo punto il seme è pronto per l'estrazione.



3.3.2 LINEA OLIO

Per l'ottenimento dell'olio dai semi di soia generalmente non si utilizzano presse meccaniche ma si effettua un'estrazione con solvente, in quanto tale operazione garantisce una resa maggiore e costi relativamente inferiori. Gli impianti di estrazione in continuo si dividono in estrattori ad immersione ed estrattori a percolamento.



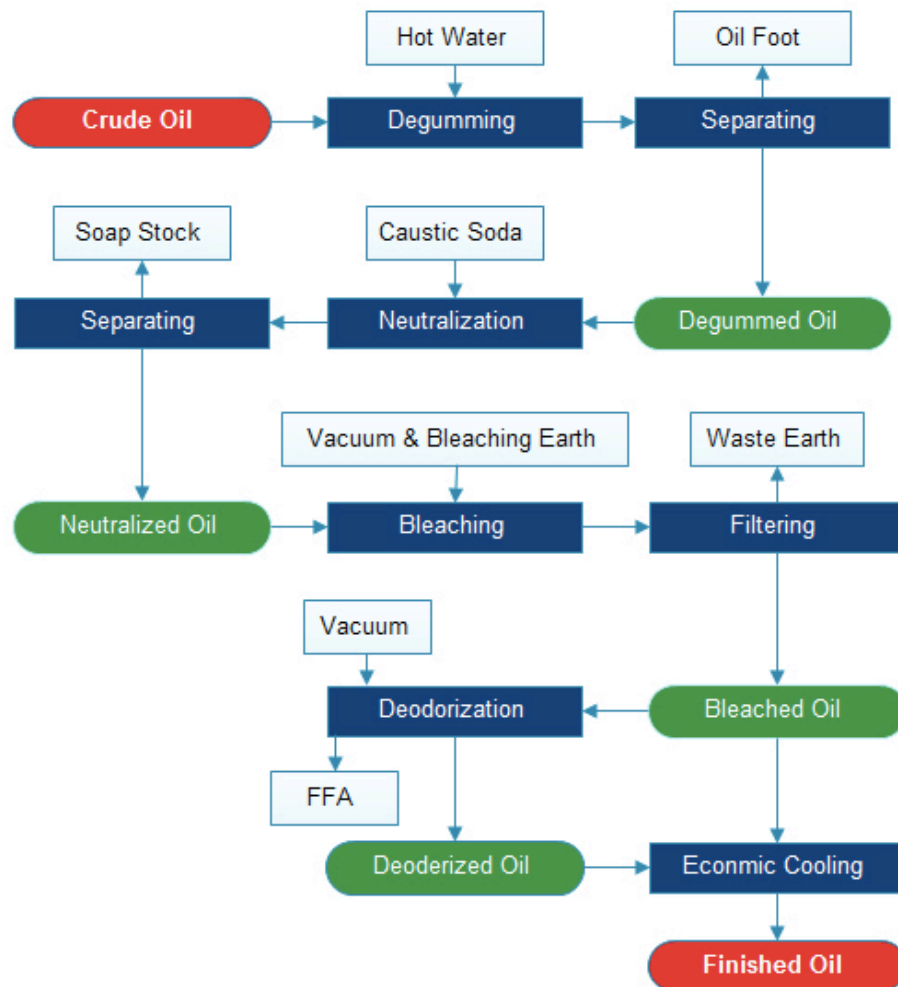
Negli estrattori a immersione il materiale da estrarre viene immerso nel solvente e segue un percorso mosso da viti senza fine. Nel sistema a percolamento invece, il materiale da estrarre viene investito dal solvente che compirà un percorso verticale all'interno del materiale stesso. Questo sistema, a differenza di quello ad immersione, consente di ottenere una miscela (olio-solvente) libera da solidi sospesi poiché il solvente, nel suo cammino, viene filtrato dal letto di materiale solido che attraversa.

La miscela olio/esano viene quindi distillata sottovuoto e il solvente viene rimosso con l'utilizzo del vapore.

Questo processo, come ben noto, comporta una più o meno severa denaturazione delle proteine, perciò si stanno cercando alternative basate su solventi non tossici o altamente volatili come l'anidride carbonica o sull'estrazione acquosa, ma tali processi hanno notevoli limitazioni di carattere economico che non ne hanno permesso un utilizzo diffuso.

L'olio estratto dai fiocchi di soia, prima di essere utilizzato deve necessariamente essere raffinato attraverso un processo che passa attraverso diverse operazioni.

Flow chart of oil refining process



1. DEGOMMAZIONE

La degommazione è la prima operazione di raffinazione che ha lo scopo di eliminare i lipidi polari, soprattutto fosfolipidi, che, nel caso della soia, sono recuperati come lecitine. L'olio grezzo viene dosato e riscaldato ad una temperatura compresa tra i 60-80°C, insieme a una piccola quantità di acqua (1-2% dell'olio); il tutto è mantenuto sotto agitazione. I fosfolipidi, grazie alle loro proprietà anfifiliche si legano all'acqua, formando un composto gommoso che viene separato mediante centrifugazione.

2. DEACIDIFICAZIONE

L'olio di soia, a questo punto, contiene lo 0,3-0,7% di acidi grassi liberi. Il

passaggio successivo di raffinazione, cioè la deacidificazione, può essere svolto chimicamente o fisicamente. Nella maggior parte degli impianti si esegue una neutralizzazione chimica mediante l'utilizzo di alcali, come l'idrossido di sodio, che li trasforma da liposolubili a idrosolubili. Gli acidi grassi liberi vengono in questo modo legati dalla base, formando dei sali di sodio degli acidi grassi, cioè saponificano. La pasta saponosa che si forma precipita o sedimenta e viene rimossa mediante centrifugazione. Con successivi lavaggi di acqua si rimuovono residui di sapone e l'olio ottenuto viene essiccato sottovuoto.

Il metodo fisico prevede una distillazione che sfrutta il diverso punto di ebollizione degli acidi grassi liberi rispetto ai trigliceridi. Prima di sottoporre l'olio grezzo alla distillazione neutralizzante occorre procedere alla decolorazione, operazione che negli altri casi va effettuata dopo l'acidificazione. Questo si rende necessario perché i pigmenti presenti subiscono, in fase di distillazione, una degradazione che porta alla formazione di sostanze non più eliminabili con le terre decoloranti. La distillazione viene realizzata con le stesse apparecchiature impiegate per la deodorizzazione: le differenze consistono nella pressione di esercizio, che è minore, e nell'utilizzazione di condensatori per acidi grassi.

3. DEMARGARINIZZAZIONE o WINTERIZZAZIONE

Questo processo è opzionale, ma è molto frequente, in quanto serve a rendere stabile l'olio nei confronti della cristallizzazione fino a 7-8°C. Per ottenere ciò si fanno precipitare i componenti a maggior punto di fusione abbassando la temperatura (cristallizzazione frazionata). Per migliorare l'efficienza del processo operativamente si esegue un rapido raffreddamento iniziale fino a circa 5-10°C con un'adeguata agitazione al fine di favorire la formazione di cristalli piccoli. Nella fase successiva, un lento abbassamento della temperatura e l'assenza di agitazione determinano un accrescimento dei cristalli, che vengono quindi separati per filtrazione.

I residui recuperati dal filtro vengono detti paste bianche di demargarinizzazione e possono essere usati come materia prima nella produzione di grassi idrogenati.

4. DECOLORAZIONE

Il suo scopo è l'eliminazione dei pigmenti carotenoidi e della clorofilla, mediante l'utilizzo di adsorbenti, come terre decoloranti naturali o attivate artificialmente,

carboni attivi o entrambi. L'entità dello sbiancamento dipende dalle esigenze del mercato, ad esempio negli Stati Uniti, si preferisce un olio perfettamente limpido, mentre in altri stati è preferito olio di un colore un pò più scuro.

L'olio viene essiccato sottovuoto ad una temperatura di circa 60 °C e viene quindi miscelato con la terra; si riscalda quindi per 15-30 min a 90-110°C, si lascia raffreddare e si filtra. È possibile recuperare l'olio trattenuto dalle terre mediante estrazione con solvente (fino al 25 - 75% del loro peso).

5. DEODORAZIONE

La deodorazione è l'ultimo passaggio per la standardizzazione dell'olio. Si realizza mediante una distillazione sottovuoto spinto nella quale si raggiungono temperature molto elevate, fino a circa 260°C.

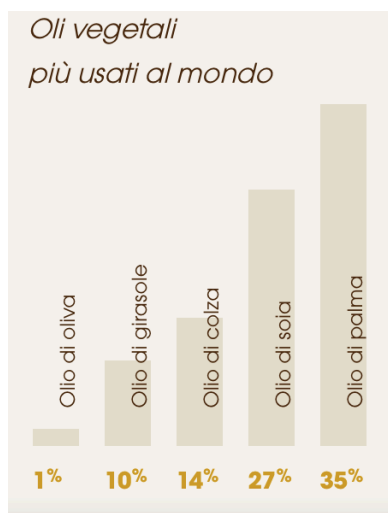
Con questo processo viene eliminata l'acidità libera residua e le aldeidi e i chetoni responsabili di odori e sapori estranei che l'olio presenta dopo la decolorazione.

3.3.2.1 OLIO DI SOIA

A temperatura ambiente l'olio di soia è liquido e si presenta come una sostanza oleosa di colore giallo più o meno intenso. La densità a 20°C è tipicamente compresa tra 0,915 e 0,925 kg/dm³ e l'indice di rifrazione è compreso tra 1,470 e 1,474.

L'olio di soia, spesso nascosto sotto la dicitura "oli vegetali" è uno degli oli base per la preparazione di margarine mentre non è adatto per la frittura in quanto è instabile all'ossidazione e ad elevate temperature tende a formare l'HNE (*trans*-4-idrossi-2-nonenale) che è altamente tossico. Spesso tuttavia, può essere idrogenato per aumentarne la resistenza all'ossidazione e alle alte temperature.

L'olio di soia si trova ai primi posti tra gli oli vegetali più utilizzati al mondo per l'alimentazione umana, secondo solo all'olio di palma.



3.3.2.2 LECITINE

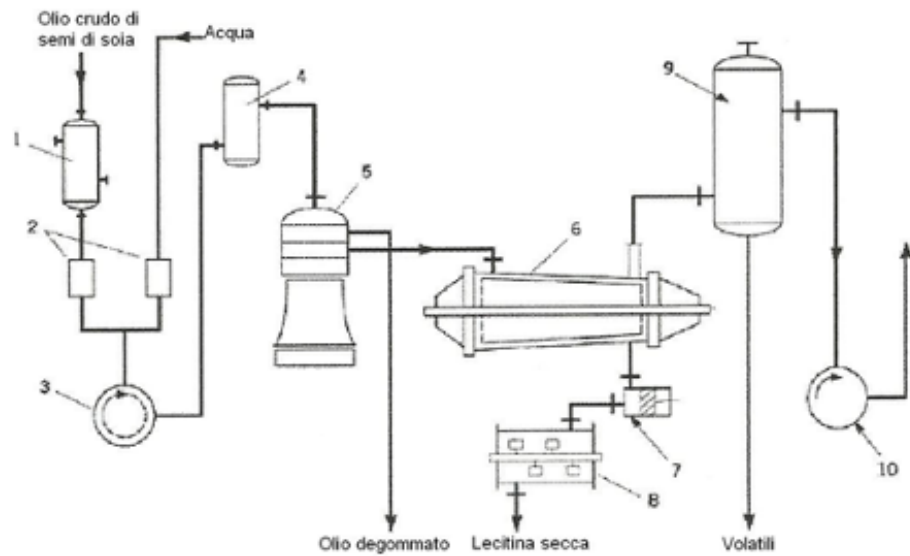
La lecitina di soia è un additivo alimentare che ritroviamo nelle etichette di tantissimi prodotti con la dicitura “Emulsionante: lecitina di soia” o “Emulsionante: E322”. Il suo impiego, tuttavia, non è limitato alle sue proprietà emulsionanti in salse e condimenti, ma essa è ampiamente sfruttata anche come riduttore di viscosità e stabilizzante nel cioccolato, come ritardante nel raffermaimento dei prodotti da forno, come bagnante in alimenti istantanei in polvere, come agente antischiuma nella produzione di margarine, ecc.



Il contenuto di lecitine nel seme di soia è circa lo 0,5-0,6% del fagiolo e nonostante essa sia contenuta anche in altre matrici alimentari, come le uova, il caviale, ecc., sicuramente quella derivata dalla soia è quella più utilizzata.

Viene assunta anche come integratore, con la finalità di abbassare i valori elevati di colesterolo e favorire le funzioni cerebrali grazie agli elevati apporti di colina, in essa presente.

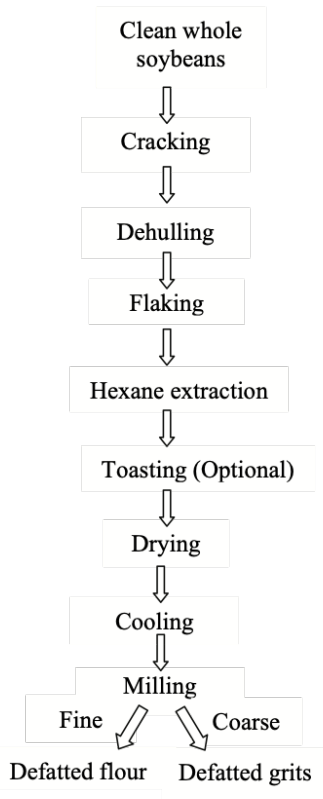
La lecitina grezza che viene in questo modo raccolta contiene il 55-70% di fosfolipidi, il 25-30% di olio e l'1-2% di acqua; essa sarà quindi disidratata in un evaporatore a film sottile, sotto vuoto e deoleata per mezzo una estrazione con solvente.



1-preriscaldatore; 2-unità di controllo delle proporzioni; 3-miscelatore; 4-serbatoio di stoccaggio; 5-centrifuga; 6-evaporatore a film sottile; 8-camera di raffreddamento; 9-condensatore; 10-pompa da vuoto.

3.3.3 LINEA FARINA

Dall'estrazione dell'olio si recuperano i fiocchi esausti che vengono inviati al



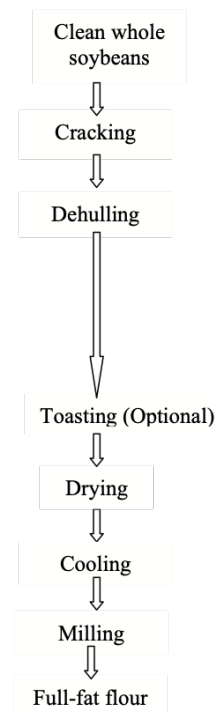
desolventizzatore – tostatore: qui mediante riscaldamento si ha la l'evaporazione dell'esano residuo e l'inattivazione delle componenti antinutrizionali presenti. La temperatura durante il processo deve essere controllata affinché non si verifichino delle reazioni di Maillard e rimanga intatta la qualità delle proteine. All'uscita del macchinario i fiocchi hanno un'elevata temperatura ed umidità, e sono quindi convogliati ad un essiccatore-raffreddatore. Qui i fiocchi vengono trattati con aria preriscaldata e a temperatura ambiente, fino al raggiungimento del 12% circa di umidità; sono poi inviati allo stoccaggio tal quali o alla macinatura per ottenere la farina. La macinazione viene eseguita generalmente con un mulino a martelli, che garantisce una grana uniforme. Questo prodotto ha un alto contenuto

proteico (50% circa) e meno dello 0,5% di grassi.

Va ricordato che globalmente solo il 5% della farina di soia è destinato al consumo umano, che è utilizzata soprattutto come mangime per il bestiame.

La farina di soia può essere ottenuta anche per macinazione dai fagioli di soia interi, decorticati o meno. Questo prodotto è lavorato da industrie medio-piccole che non hanno impianti di estrazione. È importante ricordare, anche qui, che comunque devono essere disattivate, se presenti, le lipossigenasi. I fagioli verranno quindi riscaldati ed essiccati prima di essere macinati. In questo modo si ottiene una farina full-fat che contiene il 18-20% di grassi.

A lato lo schema di produzione.



3.3.3.1 FARINA DI SOIA

Dalla macinazione dei semi di soia, prima o dopo aver rimosso l'olio, otteniamo la farina, che viene utilizzata dall'industria per diverse preparazioni, come i prodotti da forno, e con il vantaggio di poter essere utilizzata nelle miscele per celiaci, non contenendo glutine, negli snack per sportivi, che ne apprezzano l'elevato contenuto proteico e, nella dieta dei diabetici, dato il basso indice glicemico (25 vs 85 della farina di grano).



La farina di soia può essere utilizzata anche come semipreparato per la preparazione del latte di soia (farina full-fat) o per la preparazione di proteine vegetali.

3.3.3.2 CONCENTRATI PROTEICI

I concentrati proteici si ottengono dai fiocchi o dalla farina sgrassata per eliminazione mediante estrazione selettiva degli zuccheri solubili e alcuni componenti minori. I metodi di preparazione sono molteplici:

- lavaggi con soluzioni di alcol al 60-80%; le proteine sono insolubili in alcol mentre gli zuccheri passano in soluzione;
- estrazione solido-liquido a pH 4.5: a questo pH le globuline si trovano al loro punto isoelettrico e sono di fatto insolubili;
- uso del calore umido per denaturare e insolubilizzare le proteine, seguito da lavaggio con acqua per eliminare gli zuccheri. Questo processo non viene più utilizzato, poiché abbassa notevolmente la qualità delle proteine.

Il concentrato viene quindi essiccato ed eventualmente riportato al suo pH naturale, che è vicino alla neutralità. Per aumentare la solubilità, e quindi la funzionalità, vengono trattati termicamente e mediante lavorazione meccanica.

Il prodotto finito contiene il 70% circa di proteine.

I concentrati proteici sono essenzialmente insipidi, poiché il processo di concentrazione elimina gran parte della componente aromatica.

3.3.3.3 ISOLATI PROTEICI

Un prodotto ancora più puro del concentrato è l'isolato proteico di soia (SPI), il quale arriva a contenere il 90-92% di proteine. Gli isolati sono preparati a partire dai fiocchi o dalla farina disoleati dopo rimozione di tutti composti non proteici. Sebbene la velocità di estrazione delle proteine dalla farina finemente macinata è più veloce, i fiocchi consentono una più facile separazione dopo l'estrazione.

I passaggi coinvolti nel processo di preparazione degli SPI sono i seguenti:

I fiocchi di soia o la farina vengono miscelati con acqua e una base (idrossido di sodio, carbonato di calcio, fosfato di sodio, ecc.) in una proporzione variabile da 1:10 a 1:20 e riscaldati, in modo che le proteine passino in soluzione. Maggiore è il pH, più alto è il tasso di estrazione delle proteine, ma un eccessivo grado di alcalinità porta alla denaturazione di alcune proteine, allo svilupparsi di reazioni carboidrati-proteine (reazioni di Maillard) e alla modificazione di alcuni amminoacidi. Ad esempio si è visto che la cisteina si trasforma in deidroalanina, un composto molto reattivo che reagendo con la lisina porta alla formazione di lisinoalanina, un composto potenzialmente tossico. Un aumento di temperatura fino a 80°, invece, influisce

positivamente sulla resa. In pratica, l'intervallo di pH da preferire è tra 7.5 e 9.0, ad una temperatura compresa tra i 25 e i 66°C. Il tempo medio di estrazione è circa un'ora.

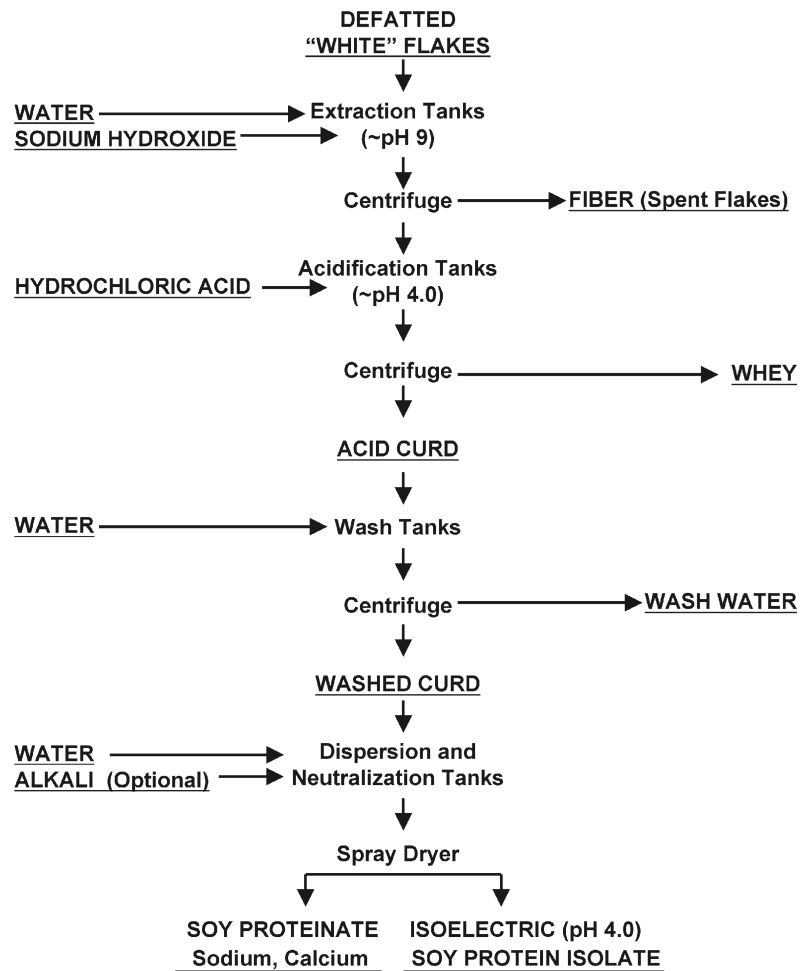
Si prosegue con una decantazione-centrifugazione in modo da separare la componente fibrosa insolubile dal surnatante.

L'estratto acquoso contenente la proteina, gli zuccheri e componenti minori, viene acidificato a pH 4,5 (punto isoelettrico delle proteine dove la loro solubilità è minima) utilizzando acido cloridrico o acido fosforico, provocando così la precipitazione delle proteine.

La separazione del precipitato proteico avviene mediante una seconda centrifugazione-decantazione.

La solubilità della proteina precipitata viene ripristinata neutralizzando a pH alcalino 6,5-7,0 dopo ridiluizione con acqua dolce.

L'ultimo passaggio prima del confezionamento è l'essiccamento, realizzato con essiccatori spray.



Per aumentare il grado di purezza dell'isolato possono essere utilizzate varie tecniche:

- scambio ionico per eliminare i fitati e le ceneri;
- trattamento con carbone attivo per eliminare i composti fenolici;
- ultrafiltrazione.

I prodotti a base di proteine di soia vengono utilizzati come supplemento dagli sportivi, ma anche dall'industria: per aumentare il contenuto proteico degli alimenti (ad esempio per la preparazione di barrette dietetiche o energetiche), per modificarne la consistenza grazie al suo effetto gelificante, per trattenere acqua e grassi o come emulsionanti.

Di seguito sono riportati i valori medi delle componenti nutrizionali, rispettivamente della farina di soia sgrassata, del concentrato e dell'isolato proteico di soia. Come anticipato questi numeri variano in base al tipo di processo e alla materia prima.

Table 20-3. Composition of soybean food protein products (Endres, 2001; with permission).

Constituent	Defatted flours and grits		Concentrates		Isolates	
	As is	mfb†	As is	mfb	As is	mfb
	----- % -----					
Protein, (N × 6.25)	52-54	56-59	62-69	65-72	86-87	90-92
Fat (petroleum ether)	0.5-1.0	0.5-1.1	0.5-1.0	0.5-1.0	0.5-1.0	0.5-1.0
Crude Fiber	2.5-3.5	2.7-3.8	3.4-4.8	3.5-5.0	0.1-0.2	0.1-0.2
Soluble fiber	2	2.1-2.2	2-5	2.1-5.9	<0.2	<0.2
Insoluble fiber	16	17.0-17.6	13-18	13.5-20.2	<0.2	<0.2
Ash	5.0-6.0	5.4-6.5	3.8-6.2	4.0-6.5	3.8-4.8	4.0-5.0
Moisture	6-8	0	4-6	0	4-6	--
Carbohydrates (by difference)	30-32	32-34	19-21	20-22	3-4	3-4

† mfb = moisture-free basis.

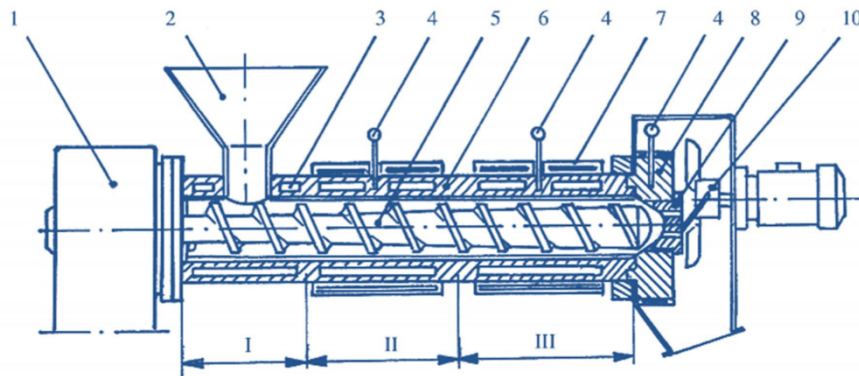
3.3.3.4 PROTEINE IDROLIZZATE DI SOIA

Le proteine di soia idrolizzate si ottengono per idrolisi enzimatica parziale delle proteine. Le HVP (Hydrolyzed vegetable protein) sono utilizzate come esaltatori di sapidità grazie alle proprietà aromatiche degli amminoacidi liberi.

3.3.3.5 PROTEINE TESTURIZZATE DI SOIA

Il processo di testurizzazione è un processo di strutturazione che prevede una cottura-estrusione che nel caso della soia consiste chimicamente nella trasformazione delle proteine globulari in strutture fibrose e lamellari simili a quelle dei muscoli animali. Questo avviene per via igro-termo-meccanica.

La macchina utilizzata prende il nome di estrusore. L'estrusore è essenzialmente una pompa a vite che comprime il prodotto contro una trafilatura. La vite (singola o doppia) può avere passo, profondità e distanza dalla parete variabili. La farina di soia viene preliminarmente reidratata nel preconditionatore così da avere il voluto contenuto di umidità. Se il contenuto di acqua è inferiore al 30% (low-moisture extrusion) il prodotto ottenuto ha una struttura aggregata, più o meno elastica, ma non si hanno vere e proprie fibre. In questo caso viene utilizzato per la parziale sostituzione del muscolo in prodotti a base di carne e pesce e può essere ulteriormente lavorato per ottenere bocconcini, granuli o strisce.



1 motore, 2 alimentazione, 3 camicia raffreddante, 4 termocoppie, 5 vite/i,
6 camera, 7 camicia riscaldante, 8 testata, 9 trafilatura, 10 coltelli rotanti
I - trasporto, II - compressione, III □ fusione e plastificazione

Aumentando il contenuto di umidità anche a più del 50% (wet-extrusion) e raffreddando la trafilatura, la struttura risulterà meno porosa e più fibrosa. Il prodotto in questo caso viene utilizzato per la preparazione di sostituti carnei di origine vegetale ad alto contenuto proteico (meat analogues).

Nella preparazione di questi analoghi carnei una o più farine di legumi (le fonti principali sono la soia e i piselli) vengono miscelate a sale, spezie, aromi, agenti leganti

(glutine di frumento, albume d'uovo, gomme, idrocolloidi e amidi) e coloranti, e il composto è sottoposto al trattamento di estrusione.

L'aumento di temperatura, la pressione e la forza di taglio impressi dalla macchina provocano le seguenti modificazioni che portano alla formazione della struttura fibrosa desiderata:

1. la struttura delle globuline si apre, dando origine ad una massa visco-plastica;
2. le catene peptidiche polimerizzano per formazione di legami ramificanti (legami peptidici intermolecolari, con modesta formazione di legami disolfuro);
3. nella testata della camera e attraverso la trafilatura, i polimeri si orientano in fasci;
4. allo scarico, il flash evaporativo rende la struttura fibrosa e porosa.

Grazie alla parziale denaturazione delle proteine, si ha reidratabilità senza disgregazione.

Secondo alcuni recenti studi il mercato dei "meat analogue" dovrebbe crescere a un tasso di crescita annuo del 7,9% tra gli anni del 2019 e il 2024, con l'Asia Pacifica il mercato in più rapida per la crescita e l'Europa per la grandezza del mercato.

Durante l'estrusione a livello chimico avvengono anche altre modificazioni:

- gelatinizzazione degli amidi;
- denaturazione delle proteine;
- imbrunimento enzimatico se vengono aggiunti acidi o zuccheri riduttori;
- inattivazione di enzimi, microrganismi e principi antinutrizionali.

Nonostante il processo di testurizzazione può modificare la digeribilità dei carboidrati la composizione nutrizionale del testurato è simile a quella delle farine.

3.4 PLASTICA DI SOIA

Oggi la sostenibilità è una vera e propria sfida in tutti i settori. Ad accelerare questa tendenza ci sono le scelte politiche: il 22 maggio la Commissione Europea ha firmato il Green Deal, che comprende una serie di misure e atti legislativi a favore del clima, dell'abbassamento delle emissioni, della biodiversità e dell'economia circolare. Tra questi vi è una strategia che riprogetta l'uso della plastica in modo da consentirne il

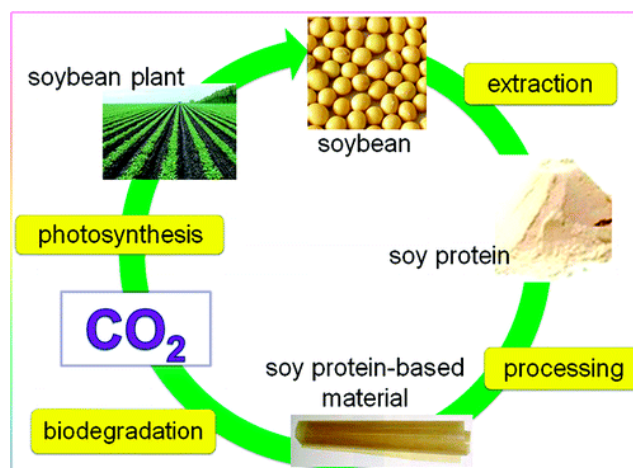
riciclaggio e diminuisce o vieta l'uso di plastica monouso. La ricerca di packaging sostenibili è uno dei primi punti sulla lista delle cose da fare dato che il 40% della produzione mondiale di plastica è destinata al settore degli imballaggi.

È bizzarro pensare che fino al 21° secolo non è esistito un sostituto adeguato della plastica sintetica, mentre oggi si stanno progettando le basi per una nuova era plastica-free.

Sono gli stessi consumatori ad orientare le aziende verso un packaging più sostenibile. Nel 2018 il sondaggio “European consumer packaging perceptions” ha rivelato che 2/3 degli italiani tra i 50 e i 60 anni vorrebbero packaging più sostenibili e che il 55% dei giovani dichiara che l'acquisto di un prodotto è influenzato dal packaging. Anche i dati economici sono rilevanti: si stima che nel 2025 questo mercato raggiungerà un valore di 440 miliardi di dollari, con un tasso di crescita del 7,7% annuo.

Le nuove frontiere dell'imballaggio includono anche la soia; è stato infatti progettato un biopolimero a base di proteine di soia sgrassate che ha mostrato buona biocompatibilità, biodegradabilità e processabilità.

Un materiale è considerato biodegradabile se si decompone negli elementi chimici che lo compongono grazie all'azione di agenti biologici come batteri, piante, animali e altri componenti fisici fra i quali il sole e l'acqua. Così facendo, queste sostanze biodegradabili si trasformano in nutrienti per il terreno, diossido di carbonio, acqua e biomassa.



La biodegradabilità si misura con la prova standard ISO 14855 che verifica se il materiale si degrada del 90% in meno di sei mesi.

Attualmente le proteine di soia sono disponibili in commercio in tre forme:

- farina di soia ottenuta dopo l'estrazione dell'olio dai semi macinati che contiene il 54% di proteine circa;
- concentrato di proteine della soia (SPC), che si ottiene rimuovendo parte dei carboidrati dalla farina e contiene il 65 - 72% di proteine;
- proteine di soia isolate (SPI) che è una forma altamente raffinata del concentrato di soia con contenuto proteico superiore al 90 %.

Tra le proteine vegetali la proteina di soia isolata (SPI), utilizzata come materia prima per la preparazione di biopolimeri, ha mostrato dei vantaggi grazie alle sue eccezionali proprietà filmogene, basso costo e, in condizioni di umidità da basse a intermedie, buone proprietà barriera contro la permeazione di gas, come l'ossigeno, gli aromi e i lipidi.

Hanno comunque valori di permeabilità al vapore acqueo (WVP) più elevati rispetto alla maggior parte dei polimeri sintetici, che sono di natura idrofoba, soprattutto in ambienti umidi, a causa della natura idrofila del 58% delle proteine di soia. Questo tipo di matrice alimentare produce anche film più morbidi, più trasparenti e flessibili rispetto a quelli derivati da altre fonti vegetali.

La pellicola si prepara sciogliendo il preparato proteico della concentrazione desiderata in acqua distillata, la soluzione viene posta su una piastra e portata a 80°C, dove è mantenuta in agitazione per 30 minuti. Si aggiungono poi il glicerolo, che ha una funzione plastificante, e acido cloridrico o idrossido di sodio per aggiustare il pH.

Quest'ultimo, infatti, è una delle variabili fondamentali da tenere in considerazione durante il processo per ottenere un materiale dalle caratteristiche desiderate.

È stato visto che le proteine di soia mantengono la loro conformazione nativa a pH 8, mentre sono parzialmente o totalmente denaturate a valori di pH molto più alti (pH 11) o molto più bassi (pH 2). Le pellicole SPI preparate nell'intervallo di pH da 6 a 11 hanno una resistenza alla trazione significativamente più alta, un maggiore allungamento percentuale a rottura e una minore permeabilità al vapore acqueo (WVP) rispetto alle pellicole preparate a pH compreso tra 1 e 3.

Dopodiché il tutto viene liofilizzato e posto tra i piani di una pressa riscaldata a 150°. La pellicola viene rimossa dopo il raffreddamento dei piani. Sebbene questo

processo sia più efficace si può procedere anche solamente colando la soluzione in una lastra e lasciandola asciugare.

L'altro fattore chiave è la concentrazione delle proteine: quando si lavora a secco si utilizzano formulazioni all'80%, mentre il contenuto proteico è minore del 4-5% nelle lavorazioni a umido.

Anche la temperatura è una variabile che può essere sfruttata. La WVP delle pellicole preparate da soluzioni di SPI riscaldate è inferiore a quella formate a partire da soluzioni non riscaldate. Esistono, inoltre, delle condizioni ottimali di asciugatura, che variano in base alla natura dell'isolato, che garantiscono migliori proprietà meccaniche e bassa solubilità. Le proteine della soia sono infatti una miscela che può essere frazionata in più componenti, ognuna con le sue caratteristiche chimico-fisiche che si traduce in una diversa capacità di formare pellicole. La barriera all'umidità può essere migliorata anche mediante l'aggiunta di sali di calcio che migliorano la struttura tridimensionale grazie alle interazioni ioniche con le proteine; spesso si aggiunge anche glucono- δ -lattone per avere un film più elastico a causa della maggior attrazione proteina-solvente. Il glucono- δ -lattone (GDL) è un additivo, anche indicato con la sigla E575, che si ottiene dalla cristallizzazione dell'acido D-gluconico.

I raggi gamma sono capaci di provocare dei cambiamenti nelle proteine promuovendo l'ossidazione degli amminoacidi in esse contenuti, la rottura dei legami, la formazione di radicali ed infine reazioni di ricombinazione e di polimerizzazione.

Una tecnica ampiamente utilizzata per migliorare le prestazioni dei biopolimeri è quella di utilizzare delle miscele, sfruttando le singole proprietà di ciascun componente. Ad esempio alle SPI possono essere aggiunti nanocristalli di amido: questi sono responsabili di una maggior opacità e grado di cristallinità che aumentano proporzionalmente con la quantità di nanocristalli aggiunti. Inoltre, si può aggiungere acido polilattico: l'applicazione superficiale dello strato di PLA ha notevolmente aumentato le proprietà meccaniche dei film rispetto a quelle dei film SPI puri. Le caratteristiche idrofobiche dello strato di PLA hanno anche migliorato le prestazioni del film in condizioni di umidità, diminuendo notevolmente la quantità di sostanza solubile totale, l'indice di rigonfiamento e la permeabilità al vapore acqueo.

Queste pellicole, in generale, si prestano all'aggiunta di agenti antimicotici o antibatterici, come la natamicina e il timolo, mostrando, in vitro, una marcata inibizione della crescita di muffe, lieviti e batteri, e rendendolo, di fatto, un active packaging.

Nonostante si pensi che questi progetti rientrino tra le nuove tecnologie, già cento anni fa Ford ha brevettato la prima macchina "green" la cui carrozzeria era a base di plastica di soia, frumento e mais. Naturalmente questi progetti hanno ancora bisogno di molta ricerca per essere applicati per superare alcune problematiche, sia intrinseche del materiale, come detti sopra, sia economiche

By Ted Burness

1941 FORD
"SOYBEAN CAR" (EXPERIMENTAL)

WITH
FIBRE PLASTIC BODY
MADE FROM
SOYBEAN DERIVATIVES
AND OTHER
GRAIN PRODUCTS
DURABLE TO THE
POINT OF BEING
CALLED "IRON PLASTIC"

1941 FORD
EXPERIMENTAL
SOYBEAN CAR

(ARTICLE) ↑
RECORDED
REPRODUCTION
1941
FORD
(1941-1942)
1941-1942
V-8
100 HP
FIVE
5-CYL.
FORD
ALSO
AVAILABLE
AS A
1941

BY THE 1/2-BLINDING OF SOYBEANS USED IN PRODUCTION
OF EACH NEW FORD! (LARGE, HEAVY BOTTOM, CHEMICAL PROOF,
Etc.)

The car grown from the soil

"Henry Ford is soybean-crazy!"
Lithals of the Ford Motor Co.
may have declared in the 1920s and
1930s. Henry Ford in those days was
continually praising the usefulness of
soybeans (and other vegetable and
wheat products) in the manufacture of
certain automotive parts - saving
much money that would otherwise be
spent on steel.

Henry Ford was engrossed with
waste prevention and ecology - years
ahead of his time. In 1900, The New
York Times observed that "nothing is
thrown away" in Ford's vast auto-man-
ufacturing empire - even the smoke
and the garbage were recycled to pro-
duce energy or other products.

Not only could small Ford parts be
made of plastic-like vegetable deriva-
tives, but auto upholstery could be ve-
gan, and even auto bodies molded!

In the mid-1930s, Ford invited re-
porters to a luncheon at his factory in
Dearborn, Mich., to demonstrate the
versatility of the common soybean and
other such produce. The guests dined
on 18 foods made with soybeans. After
the luncheon, Ford showed how he
could swing a heavy ax against the
trunk lid of a new Ford coupe without
doing any damage. That trunk lid was
made of durable soybean plastic.

On occasion, Henry Ford even wore
suits that were woven from soy flour!

Ford's ultimate soybean experiment
was this 1941 Ford with its soybean-
derivative plastic body. Ford's 1941
Soybean Car predated Chevrolet's fi-
ber-glass-bodied Corvete by 12 years.
Interesting as it was, the Soybean Car
was only experimental, and Ford did
not offer soybean plastic car bodies to
the general public.

YOUR QUESTIONS and comments about
autos, the auto and social and safety
issues if you want a reply, please address a
friendly self-addressed envelope. Send it
with money to: Ted Burness, Auto Artist, P.O.
Box 107, Eagle Creek, OR 97006.

Capitolo 4

PROPRIETÀ BENEFICHE

Gli isoflavoni hanno diverse proprietà farmacologiche, tra le quali un'attività antiossidante, un'azione preventiva sui disturbi della menopausa, sull'osteoporosi e antitumorale, nonché curative delle patologie del sistema cardio-vascolare.

In questi meccanismi intervengono anche altri componenti, come alcuni peptidi bioattivi rilasciati durante la digestione delle proteine, che hanno mostrato un'attività anticancro, ipocolesterolemica, antiossidante, antipertensiva e antiossidante.

Altre sostanze fitochimiche importanti sono l'acido fitico (0.2-2%), gli steroli (0,23-0,46%) e le saponine (0,17- 6,16%), i cui effetti sono descritti di seguito.

La presenza di fibre, in aggiunta, può considerarsi funzionale al dimagrimento, dato che agevolano il processo digestivo, aumentano il senso di sazietà, riducendo, così, lo stimolo della fame.

Per ottenere benefici si consiglia di consumare la soia in generale, piuttosto che utilizzare integratori a base di isoflavoni, cosicché tutti i suoi nutrienti possano agire sinergicamente.

4.1 ANTIOSSIDANTE

Gli isoflavoni sono coinvolti in reazioni antiossidanti grazie alla presenza di due gruppi ossidrilici al C-4 e al C-7, infatti, gli agliconi mostrano un potere antiossidante maggiore rispetto alle forme glucosilate e i prodotti fermentati, quindi, sono più bioattivi.

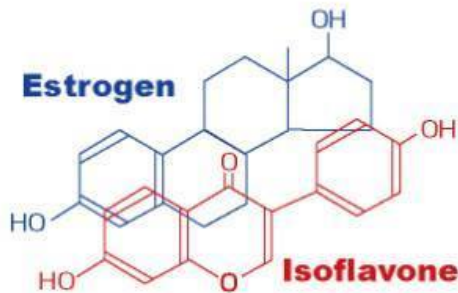
Questa proprietà li rende preventivi nella comparsa di malattie croniche dovute all'invecchiamento, inteso come degenerazione delle cellule, dei tessuti e degli organi danneggiati dai ROS, specie reattive all'ossigeno, e dai RNS, specie reattive all'azoto.

L'azione antiossidante influisce anche sulle proprietà anti-aterosclerotica, dato che l'accumulo di LDL ossidate a livello della parete dei vasi sanguigni è uno degli eventi scatenanti questa patologia.

4.2 ATTENUAZIONE DELLA SINDROME CLIMATERICA

Gli isoflavoni hanno una struttura chimica molto simile al 17-beta-estradiolo, uno dei principali estrogeni femminili e per questo vengono indicati come fitoestrogeni.

La parola fitoestrogeni deriva dal greco ed è composta da due termini: “phyto” che significa pianta e “estrogeni”.



Il “Working group on phytoestrogens and health” della Food Standards Agency ha definito i fitoestrogeni come ogni sostanza vegetale o metabolita che induce risposte biologiche nei vertebrati e può mimare o modulare le azioni degli estrogeni endogeni mediante il legame ai recettori estrogenici. Ciò che cambia è la forza estrogenica di questi composti, pari a circa un millesimo di quella degli ormoni femminili.

È logico dedurre che quando vengono assunti prima della menopausa competano con gli estrogeni e attenuino la forza estrogenica, mentre quando vengono assunti in menopausa, periodo in cui non vi sono estrogeni circolanti, restituiscano una parziale attività estrogenica.

Essi vengono ritenuti, pertanto, capaci di alleviare i sintomi tipici della sindrome climaterica come vampate di calore, secchezza vaginale, turbe vasomotorie e stati ansiosi-depressivi.

La dose giornaliera di isoflavoni consigliata alla donna in menopausa è di 40 - 45 mg.

4.3 ANTITUMORALE

Da diversi studi, sembrano mostrare che il consumo di soia sia inversamente proporzionale all’incidenza di cancro al colon, il cui verificarsi aumenta come

conseguenza del calo estrogenico; ciò si giustifica con l'attività estrogeno-simile degli isoflavoni ma dipende anche dal loro potere antiossidante e antinfiammatorio.

Per quanto riguarda i tumori estrogeno-dipendenti, come il tumore al seno, all'ovaio, e all'endometrio nelle donne, e alla prostata nell'uomo, l'influenza del consumo di questo legume è un argomento ampiamente dibattuto.

L'effetto estrogeno-simile, dovuto alla formazione di complessi con i recettori estrogenici, in particolare, è stato argomento di numerosi approfondimenti. Alcuni studiosi hanno trovato che l'attività simil estrogenica degli isoflavoni interferisce con la crescita dei tumori, dato che, se assunti in dosi normali, questi composti si legano solamente ai recettori β , che hanno una funzione anti proliferativa delle cellule cancerose e ne inducono l'apoptosi, mentre i recettori α hanno una funzione proliferativa e riproduttiva.

In aggiunta, a livello non genomico, inibiscono alcuni enzimi coinvolti nel metabolismo e nella biosintesi degli estrogeni.

Queste evidenze scientifiche hanno avuto conferma anche negli studi epidemiologici, dai quali risulta che le donne asiatiche, abituate a consumare soia quotidianamente e fin da piccole, mostrano la minor incidenza al mondo di carcinoma mammario. Tuttavia, è sconsigliato iniziare ad introdurre tale alimento nella dieta dopo l'insorgenza di questa patologia, poiché comporta la riduzione dell'effetto del tomosifene, il farmaco generalmente utilizzato nella terapia tumorale.

Il consumo di soia nel lungo periodo, invece, migliora l'effetto del farmaco e riduce il rischio di recidive, pertanto le donne che da sempre hanno assunto soia possono continuare a consumarla.

Altri meccanismi degli isoflavoni, che hanno una potenziale incidenza sullo sviluppo di carcinomi, sono l'inibizione della topoisomerasi, che serve al compattamento della cromatina e che funziona male in molti tipi di tumore; delle tirosine chinasi coinvolte nella trasformazione tumorale, come la chinasi c-*Src* e l'interazione con i componenti del ciclo cellulare come la proliferazione, il differenziamento e l'apoptosi cellulare.

4.4 PREVENZIONE DELL'OSTEOPOROSI

Gli estrogeni promuovono l'assorbimento del calcio nelle ossa e inibiscono il riassorbimento osseo, effetto ricercato durante il climaterio, dato che questo porta a un calo della densità ossea e un maggior rischio di osteoporosi e fratture.

Per quanto riguarda il rapporto tra consumo di soia o suoi derivati e prevenzione o controllo dell'osteoporosi, gli studi risultano ancora contrastanti. La maggior parte degli studi condotti nell'ultimo decennio, però, sembra favorevole nel riconoscere un effetto di aumento della densità ossea grazie all'utilizzo di prodotti a base di soia. Secondo alcuni studi, l'effetto dell'integrazione con isoflavoni (alla dose di 90 mg/die per almeno 6 mesi) sarebbe più evidente sulla densità ossea della spina dorsale, ma non altrettanto su femore e bacino.

4.5 RIDUZIONE DEL RISCHIO CARDIOVASCOLARE

Il calo estrogenico, inoltre, aumenta l'insorgenza di malattie cardiovascolari come infarti e ictus. La soia può avere quindi un effetto positivo su tali patologie in quanto, grazie al suo profilo nutrizionale, sembra capace di diminuire il colesterolo LDL ed aumentare l'HDL. Quest'azione è dovuta principalmente alla sinergia di 3 sostanze: la lecitina, i fitosteroli e le saponine, che nel complesso aumentano l'escrezione del colesterolo, interferendo con il ricircolo dei sali biliari e costringendo il fegato a crearne di nuovi, consumando colesterolo.

Gli isoflavoni favoriscono la dilatazione dei vasi sanguigni e la conseguente riduzione del danno dovuto al colesterolo LDL e alla sua adesione alle pareti delle arterie, mentre le proteine della soia hanno la capacità di aumentare l'espressione dei recettori per l'apolipoproteina B 100, il recettore delle LDL.

A proposito di questo, la Food and Drug Administration nel 1999 autorizzò che sui prodotti di soia apparisse la dicitura: "L'uso delle proteine di soia, nel quadro di una dieta a basso contenuto di grassi saturi, può ridurre il rischio di malattie cardiovascolari".

4.6 POSSIBILI PROBLEMATICHE RELATIVE AL CONSUMO DI SOIA

4.6.1 PRESENZA DI ANTINUTRIENTI

La soia, come altri legumi, contiene alcuni antinutrienti che limitano l'assorbimento di minerali importanti quali Ferro, Zinco, Calcio e Magnesio.

Esempi di questi composti sono le saponine (che possono arrivare fino al 5% del peso, con una concentrazione di circa la metà nella buccia esterna), l'acido fitico e le lectine.

Dato però l'elevato quantitativo di questi minerali nella soia, anche se una parte venisse persa, non costituirebbe un grande problema; al limite, in presenza di alcune carenze, ciò che si potrebbe sconsigliare è l'uso di fagioli di soia acerbi (edamame) freschi, dato che la quantità di antinutrienti viene ridotta dall'ammollo, dalla fermentazione e dalla cottura degli alimenti.

Queste sostanze con effetto antinutriente, tuttavia, hanno anche degli effetti benefici; le saponine della soia sono ipolcolemizzanti e l'acido fitico è ritenuto un antitumorale.

4.6.2 TOSSICITÀ PER IL FETO

Gli isoflavoni attraversano facilmente la placenta e possono quindi entrare nel sistema circolatorio del feto. In età fetale lo sviluppo delle ghiandole endocrine non è ancora completo, così come quello dell'apparato riproduttore, perciò i fitoestrogeni potrebbero interferire con la maturità sessuale. Non esistono, tuttavia, degli studi che lo dimostrino.

4.6.3 RALLENTAMENTO DEL FUNZIONAMENTO DELLA TIROIDE

Il consumo di soia è sconsigliato in caso di patologie della tiroide, poiché gli isoflavoni possono interferire sulla funzione tiroidea per inibizione della tireoperossidasi, enzima coinvolto nella produzione di ormoni tiroidei, e dello iodio, componente fondamentale degli ormoni tiroidei, e possono portare ad una riduzione dell'assorbimento della tiroxina, principale ormone tiroideo.

4.6.4 *INTERFERENTE ENDOCRINO*

La soia cruda presenta due tipi di inibitori, inibitore di Kunitz e inibitore di Bowman Birk, che sono considerati dei rallentatori del metabolismo, in quanto causano una diminuzione dell'attività delle proteasi a serina, tripsina e chimotripsina.

4.6.5 *ALLERGENIZZANTE*

La soia è considerato un allergene e in quanto tale va dichiarato in etichetta, come indicato nella direttiva 2003/8913. L'allergia alla soia si presenta con vari sintomi che possono essere più o meno gravi come orticaria, eruzione cutanea, shock anafilattico, calo della pressione sanguigna e persino morte.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA:

- Assad I., Bhat S. U., Gani A., Shah A., 2020. Protein based packaging of plant origin: Fabrication, properties, recent advances and future perspectives. *International Journal of Biological Macromolecules*, **164**: 707-716. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.140.
- Bainy E.M., Tosh S.M., Corredig M., Poysa V., Woodrow L., 2008. Varietal differences of carbohydrates in defatted soybean flour and soy protein isolate by-products. *Carbohydrate Polymers*, **72(4)**: 664-672. DOI: 10.1016/j.carbpol.2007.10.008.
- Barnes S., 2010. The Biochemistry, Chemistry and Physiology of the isoflavones in soybean and their food products. *Lymphatic Research and Biology*, **8(1)**: 89-98. DOI: 10.1089/lrb.2009.0030.
- Berk Z., Cecil J. E., Gifford R. C., Barreveld W. H., Gudger W. M., Barker D. C., 1992. Technology of Production of Edible Flours and Protein Products From Soybeans. (Fao Agricultural Services Bulletin, No 97) *Food & Agriculture Org.* ISBN: 978-92-5-103118-6.
- Bohrer B. M., 2019. An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Science and Human Wellness*, **8(4)**: 320-329. DOI: 10.1016/j.fshw.2019.11.006.
- Cabras P., Martelli A., 2004. Chimica degli alimenti. *Piccin-Nuova Libreria*. EAN: 9788829916962.
- Cassidy A., Brown J. E., Hawdon A., Faughnan M. S., King L. J., Millward J., Zimmer-Nechemias L., Wolfe B., Setchell K. D. R., 2006. Factors Affecting the Bioavailability of Soy Isoflavones in Humans after Ingestion of Physiologically Relevant Levels from Different Soy Foods. *The Journal of Nutrition*, **136(1)**: 45-51. DOI: 10.1093/jn/136.1.45
- Chatterjee C, Gleddie S., Xiao C-W., 2018. Soybean Bioactive Peptides and Their Functional Properties. *Nutrients*, **10(9)**: 1211. DOI: 10.3390/nu10091211.

- Cho S. Y., Lee S. Y., Rhee C., 2009. Edible oxygen barrier bilayer film pouches from corn zein and soy protein isolate for olive oil packaging. *LWT- Food Science and Technology*, **43(8)**: 1234-1239. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.03.014.
- Cicerchia M., Melini F., 2015. I Legumi: Semi Nutrienti per un Futuro Sostenibile, *Collana quaderni Crea*. ISBN: 9788899595326.
- Cordle C. T., 2004. Soy Protein Allergy: Incidence and Relative Severity. *The Journal of Nutrition*, **134(5)**: 1213S-1219S. DOI: 10.1093/jn/134.5.1213S.
- De Nitto S., Gaddi A. V., Ghirlanda G., Guardamagna O., Lello S., Poli A., Volpe M., Volpe R., 2010. Proteine della soia, effetti metabolici e ruolo nella prevenzione cardiovascolare. *Pacini Editore Medicina*.
- Diez-Simon C., Eichelsheim C., Mumm R., Hall R. D., 2020. Chemical and Sensory Characteristics of Soy Sauce: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **68 (42)**:11612-11630. DOI: 10.1021/acs.jafc.0c04274.
- Dixit A. K., Antony J. I. X., Sharma N. K., Tiwari R. K., 2011. Soybean constituents and their functional benefits, In *Opportunity, Challenge and Scope of Natural Products in Medicinal Chemistry*, pp. 367-383. Tiwari V. K. and Mishra B. B. Eds., *Research Signpost (Trivandrum)*. ISBN: 978-81-308-0448-4.
- Garg S., Lule V. K., Malik R. K., Tomar S. K., 2016. Soy Bioactive Components in Functional Perspective: A Review, *International Journal of Food Properties*, **19(11)**: 2550-2574. DOI: 10.1080/10942912.2015.1136936.
- González A., Igarzabal C. I. A., 2013. Soy protein e Poly (lactic acid) bilayer films as biodegradable material for active food packaging. *Food Hydrocolloids*, **33(2)**: 289-296. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2013.03.010/.
- Jideani V. A., 2011. Functional properties of soybean food ingredients in food system. In *Soybean - Biochemistry, Chemistry and Physiology*, pp. 345-366. Tzi Bun Ng Ed. *InTech Open (Rijeka)*. ISBN: 978-953-307-219-7.
- Krížová L., Dadáková K., Kašparovská J., KašparovskT., 2019. Isoflavones. *Molecules*, **24(6)**: 1076. DOI: 10.3390/molecules24061076.
- Mace T. A., Ware M. B., King S. A., Loftus S., Farren M. R., McMichael E., Scoville S., Geraghty C., Young G., Carson 3rd W. E., Clinton S. K., Lesinski G. B., 2019. Soy isoflavones and their metabolites modulate cytokine-induced

- natural killer cell function. *Scientific Reports*, **9(1)**: 5068. DOI: 10.1038/s41598-019-41687-z.
- Mateos-Aparicio, A. Redondo Cuenca, M. J. Villanueva-Suárez and M. A. Zapata-Revilla, 2008. Review: Soybean, a promising health source. *Nutrición Hospitalaria*, **23(4)**: 305-312. <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v23n4/revision1.pdf>.
 - Munro I. C., Harwood M., Hlywka J. J., Stephen A. M., Doull J., Flamm W. G., Adlercreutz H., 2003. Soy Isoflavones: A Safety Review. *Nutrition Reviews*, **61(1)**: 1-33. DOI: 10.1301/nr.2003.janr.1-33.
 - Muredzi P., 2013. Soybean Nature, Processing and Utilisation. *Lambert Academic Publishing*. ISBN: 978-3-659-44326-8.
 - Preece K.E., Hooshyar N., Zuidam N.J., 2017. Whole soybean protein extraction processes: A review. *Innovative food science and emerging technologies*, **43**: 163-172. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.07.024.
 - Riaz M. N., 2005. Soy Applications in Food. *CRC Press (Boca Raton)*. ISBN: 9780429125645, DOI: 10.1201/9781420037951.
 - Rizzo G., 2020. Review: The antioxidant Role of Soy and Soy Food in Human Health. *Antioxidants*, **9(7)**: 635. DOI: 10.3390/antiox9070635.
 - Rizzo, G., Baroni, L., 2018. Soy, Soy Foods and Their Role in Vegetarian Diets. *Nutrients*, **10(1)**: 43-51. DOI: 10.3390/nu10010043.
 - Sha l., Xiong Y. L., 2020. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends in Food Science & Technology*, **102**: 51-61. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.05.022.
 - Singh P., Kumar R., Sabapathy S. N., Bawa A. S., 2008. Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, **7**: 14-28. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2007.00025.x.
 - Tulamandi S., Rangarajan V., Rizvi S. S. H., Singhal R. S., Chattopadhyay S. K., Saha N. C., 2015. A biodegradable and edible packaging film based on papaya puree, gelatin, and defatted soy protein. *Food Packaging and Shelf Life*, **10**: 60-71. DOI: 10.
 - Venturi G., Amaducci M.T., 1984. La Soia. *Edagricole*, ISBN: 978-88-206-2507-5.

- Wu AH, Yu MC, Tseng CC, Pike MC, 2008. Epidemiology of soy exposures and breast cancer risk. *British Journal of Cancer*, **98(1)**: 9-14. DOI: 10.1038/sj.bjc.6604145.
- Zambonelli C., 2001. Microbiologia degli alimenti fermentati, *Edagricole*. ISBN: 9788850600120.

- www.alimentinutrizione.it
- www.crea.gov.it
- www.foodhubmagazine.com
- www.macchinealimentari.it
- www.scienzavegetariana.it
- www.soiaitalia.it
- www.teseo.clal.it
- www.wikipedia.org
- www.wwf.it