

Componenti chimici del frumento

- Proteine (7 – 15%)
- Amido (63 – 72%)
- Polisaccaridi non amido (4,5 – 5,0 %)
 - Pentosani
 - Emicellulosa
 - Beta glucani
- Lipidi (1%)
- Enzimi

Proteine dei cereali

Il frumento tenero e, in minor misura, il duro e la segale, sono gli unici cereali che producono una farina in grado di formare una pasta capace di formare un gel a seguito di idratazione e sollecitazione meccanica di impastamento. Tale gel viene chiamato **GLUTINE** ed è costituito da proteine insolubili in quanto resiste al lavaggio con acqua.

Tale caratteristica dipende in misura prevalente dalle particolari caratteristiche delle proteine.

Il contenuto proteico oscilla da un minimo del 7 % ad un massimo del 18 %, con valori medi compresi tra 10-13 %.

➔ Distribuzione delle frazioni proteiche, all'interno della cariosside

TIPO DI PROTEINE	LOCALIZZAZIONE	CARATTERISTICHE DI SOLUBILITA'
ALBUMINE	STRATO ALEURONICO	SOLUBILI IN ACQUA
GLOBULINE	STRATO ALEURONICO	SOLUBILI IN SOLUZIONI SALINE
PROLAMINE	ENDOSPERMA AMIDACEO	SOLUBILI IN MISCELA ACQUA/ETANOLO (70%)
GLUTENINE	ENDOSPERMA AMIDACEO	SOLUBILI IN SOLUZIONI ACIDE O ALCALINE

Suddivisione delle diverse proteine nei vari cereali

Cereale	Proteine %	Albumine	Globuline	Prolamine	Glutenine
Frumento	11	14,7	7,0	32,6	45,7
Segale	6,5	44,4	10,2	20,9	24,5
		15,2	18,5	40,2	26,1
Orzo	8,4	12,1	8,4	25	54,5
Avena	13,8	20,2	11,9	14	53,9
		11,7	38,4	13,6	27
Riso	7,3	10,8	9,7	2,2	77,3
Mais	6,5	4,0	2,8	47,9	45,3
	8	4	4	47	39

Prolamine

Frumento **Gliadine**

Segale: *Secaline*; Orzo: *Ordeine*; Avena: *Avenine*; Mais: *Zeine*

Composizione prolamine e glutenine nei cereali

Prolamine

	Frumento	Segale	Orzo	Avena	Riso	Mais
Glutamina	37,7	36,0	35,9	34,6	20,0	19,7
Prolina	16,9	18,7	23,4	10,4	5,2	10,3
Glicina	3,0	4,6	2,3	2,7	5,9	2,6
Cisteina	2,2	2,2	1,9	3,4	0,8	1,0
Lisina	0,8	1,0	0,5	1,0	0,5	tracce

Glutenine

	Frumento	Segale	Orzo	Avena	Riso	Mais
Glutamina	30,7	20,1	24,7	19,4	15,9	16,3
Prolina	12,2	9,6	14,5	5,6	5,2	11,7
Glicina	8,1	9,4	6,5	8,1	7,6	7,0
Cisteina	1,4	0,8	0,5	1,2	1,2	1,8
Lisina	2,1	4,1	2,8	3,3	3,4	2,4

Differenziazione prolamine di frumento, segale e orzo è possibile tramite elettroforesi su gel senza aggiunta di agenti riducenti ciò grazie alla presenza di aggregati macromolecolari uniti da **ponti disolfuro** nelle **gliadine del frumento**.

Proteine del frumento

Albumin (%)	Globulin (%)	Gliadin (%)	Glutenin (%)	Residue (%)
14.7	7.0	32.6	45.7	— ^a
15	3	33	16	33

24.7–30.9 ^d		37.7–43.9	27.1–33.9	— ^a
7–10	6–10	40–45	40–45	— ^a
24 ^d		33	43	— ^a

20 %

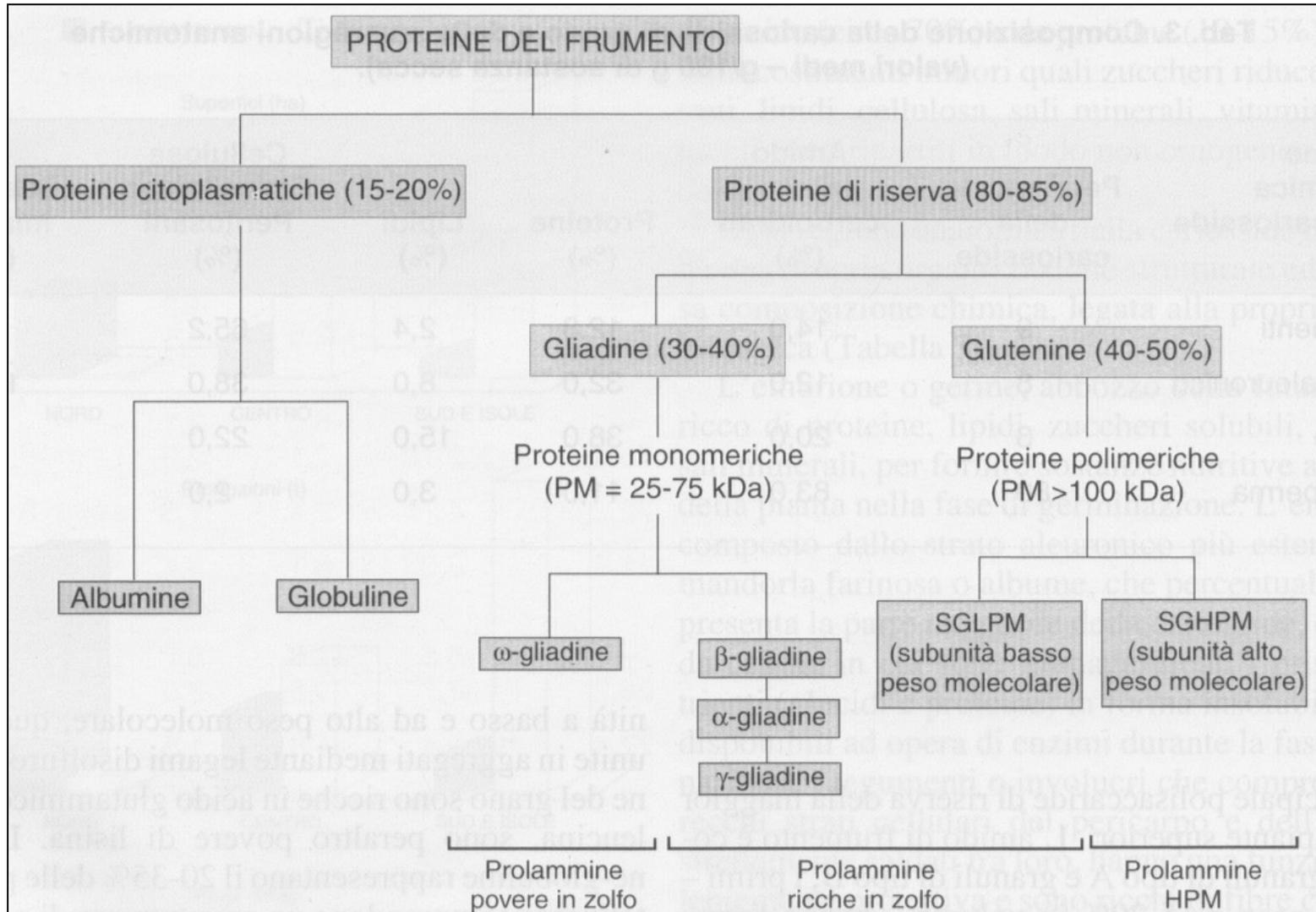
80 %

Proteine del frumento

Nel 1907 **Osborne** completò lo studio delle frazioni proteiche, basato sul principio della solubilità, identificando:

- **albumine e globuline**, solubili in soluzioni acquose neutre, rispettivamente a bassa e ad alta concentrazione salina (solo le albumine sono solubili in acqua distillata). Tali sostanze che costituiscono circa il 20 % delle proteine di riserva del chicco hanno rilevante importanza ai fini nutrizionali in quanto hanno una composizione aminoacidica ben bilanciata e simile a quella delle proteine animali nutrizionalmente pregiate. Ai fini tecnologici hanno una modesta importanza e vengono in gran parte rimosse durante la fase di macinazione e setacciatura del grano per l'ottenimento di farine raffinate, andando a far parte della crusca.
- **gliadine e glutenine**, insolubili in acqua e solubili in solventi polari come alcol ed acetone. Le gliadine e le globuline rappresentano circa l'80 % delle proteine totali dell'endosperma e conferiscono al frumento importanti caratteristiche tecnologiche. Infatti tali proteine, pur essendo insolubili in acqua, sono dotate di una elevata capacità di idratazione e, a contatto con l'acqua, danno origine ad una serie di legami intermolecolari che portano alla formazione di un reticolo proteico tridimensionale (il glutine), il quale intrappola l'amido e conferisce all'impasto proprietà di plasticità, elasticità e tenacità.

Proteine del frumento



Gliadine e glutenine

Gliadine

Amino acid	ω	α , β , and γ
Asx	0.8– 1.4	2.1– 3.5
Thr	0.6– 3.5	1.6– 2.5
Ser	4.5– 6.4	5.2– 7.3
Glx	40.0–44.4	34.8–41.0
Pro	25.0–31.0	15.4–18.8
Gly	1.3– 2.7	2.0– 3.5
Ala	0.4– 1.8	2.7– 3.6
Val	0.5– 1.7	4.2– 5.3
Met	0.0– 0.2	0.4– 1.6
Ile	2.0– 3.8	3.4– 4.9
Leu	3.9– 5.3	6.5– 8.3
Tyr	0.6– 1.6	0.5– 1.9
Phe	6.6– 7.6	3.5– 5.9
His	0.4– 1.1	1.3– 2.6
Lys	0.3– 0.9	0.2– 0.8
Arg	0.8– 2.0	1.3– 2.4
Cys	2.2	

Glutenine

Amino acid	LMW glutenins	MMW glutenins	HMW glutenins
Asx	2.3–3.0	2.0–2.1	2.1–3.5
Thr	2.4–3.2	1.5–1.8	3.3–3.7
Ser	7.5–10.4	5.3–6.4	8.2–9.7
Glx	33.1–37.3	44.0–45.1	29.2–34.9
Pro	12.6–13.9	15.4–15.7	10.9–14.6
Gly	4.7–7.1	6.4–7.4	13.5–18.4
Ala	3.1–4.1	2.0–2.1	3.3–3.9
Val	4.5–5.0	1.3–1.5	2.6–3.1
Met	1.0–1.5	0.2–0.4	0.3–0.4
Ile	3.6–4.4	3.5–4.0	2.0–2.4
Leu	6.8–7.6	3.4–4.1	4.2–5.2
Tyr	0.8–2.0	0.7–1.2	2.7–3.7
Phe	3.7–4.1	6.5–7.5	1.6–3.2
His	1.5–1.9	1.2–1.4	1.0–1.4
Lys	0.8–1.4	1.2–1.3	1.5–1.8
Arg	2.3–2.8	1.4–1.5	2.2–3.2
Cys	1.4		

Composizione aminoacidica in moli % escludendo Cys e Trp

Gliadine

Proteine monomeriche, minor peso molecolare rispetto a glutenine.

Peso molecolare medio 30.000-40.000 (25-45 kDa)

ω -gliadine possono arrivare a 60.000-80.000 (60-80 kDa)

Gliadine HMW ad alto peso molecolare (100.000-200.000) con similarità con glutenine a basso peso molecolare LMW.

Le ω -gliadine quasi prive di AA solforati non partecipano alla formazione del reticolo glutinico.

> contenuto in AA apolari ma < idrofobicità superficiale che glutenine

< nr siti idrofobici negli aggregati di gliadine

Glutenine

Proteine polimeriche: catene proteiche elementari unite da legami intermolecolari.

Pesi molecolari fino a 20 milioni, aggregati più grandi insolubili.

Si dividono a seconda del peso molecolare delle loro subunità:

LMW (low molecular weight: 30.000-50.000) (> idrofobiche)

MMW (medium molecular weight) (<idrofobiche)

HMW (high molecular weight 90.000-170.000).

LMW danno origine a glutenine polimeriche a < m.w.

LMW (3 residui Cys/mole), MMW e HMW (7 residui Cys/mole)

I domini N- e C- terminali presentano quasi tutti residui di cisteina ed AA ionici, i ponti disolfuro sono quindi in parte responsabili dei legami intramolecolari tra le subunità (si ritiene che sia presente soltanto un legame S-S tra subunità).

LMW danno origine ad aggregati con basso m.w.

< contenuto in AA apolari ma > idrofobicità di superficiale che gliadine¹⁰

Glutine

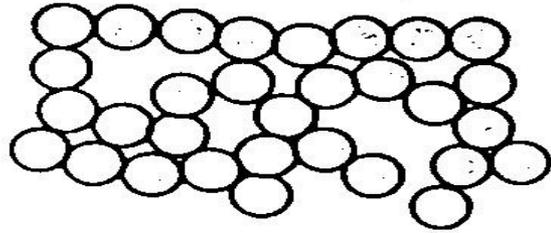
Il glutine non è presente nella cariosside o nella farina e si forma a seguito dell' idratazione e dell' impastamento delle proteine.

L' energia termica fornita dallo sforzo di attrito risultante dall' azione meccanica di impastamento è sufficiente a determinare la denaturazione proteica

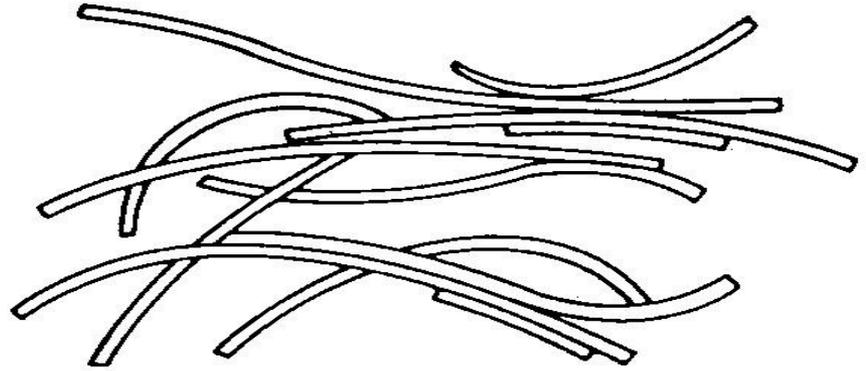
Il meccanismo di formazione del glutine consiste in cambiamenti molecolari indotti dal calore che avvengono in connessione alla denaturazione



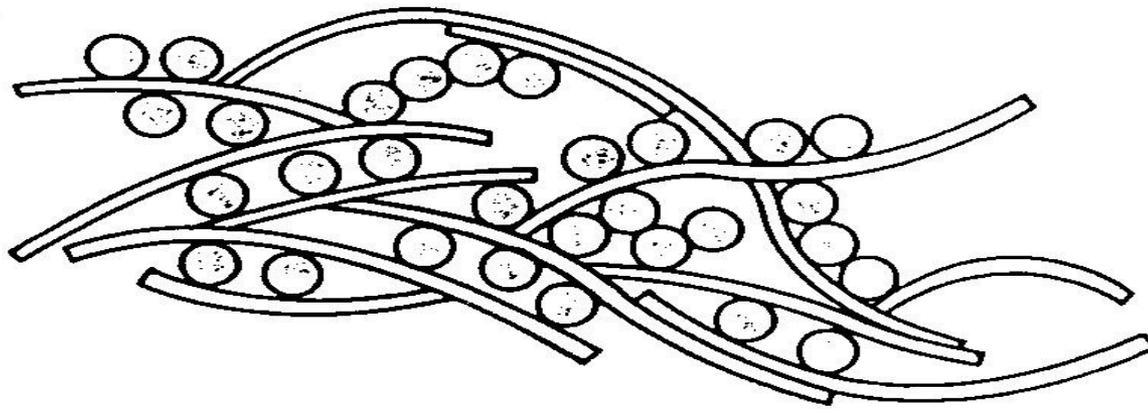
I meccanismi di formazione dei glutine implicano la formazione di legami a ponte disolfuro o di legami a ponte idrogeno, ionici, nonché interazioni idrofobiche. I legami determinano l' instaurarsi di forze coesive all' interno del glutine.



gliadina



glutenina



glutine

Glutine

Complesso proteico viscoelastico (grazie alle forze coesive di legame e alla presenza di acqua) costituito da un insieme eterogeneo di gliadine e glutenine associate da legami covalenti (ponte disolfuro) e da legami non covalenti (ponte idrogeno, ionici), nonché da interazioni idrofobiche.

La formazione di legami a ponte disolfuro implica l'instaurarsi di fenomeni ossido-riduttivi a carico dei gruppi $-SH$ (contenuti nelle molecole di cisteina).

Il legame quello disolfuro ha una energia di legame pari a 335-373 kJ/mole, quello a ponte di idrogeno un'energia di 8-43 kJ/mole.

Le proteine del glutine a seguito di fornitura energetica sono in grado di legarsi anche ad altre molecole quali acqua (tramite legami a ponte idrogeno) e lipidi (tramite interazioni idrofobiche).

Il glutine è un gel proteico

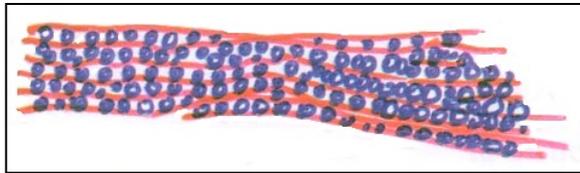
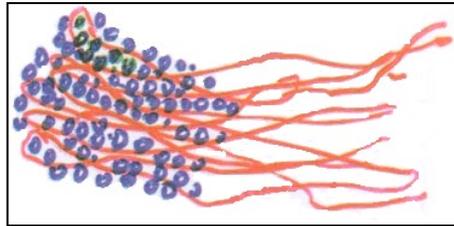
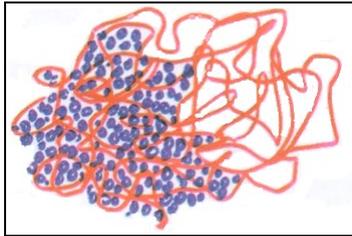
Il meccanismo di formazione di gel delle proteine consiste in cambiamenti molecolari indotti dal calore che avvengono in connessione alla denaturazione:



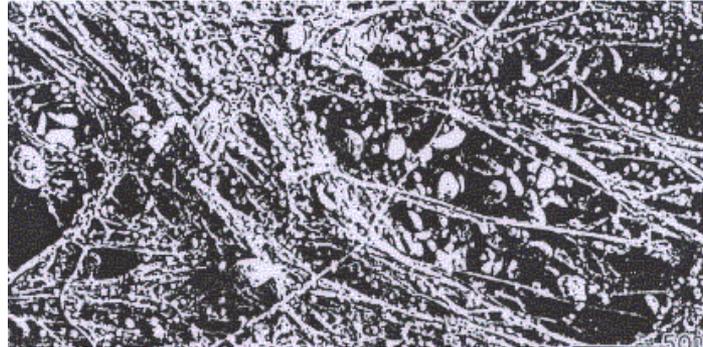
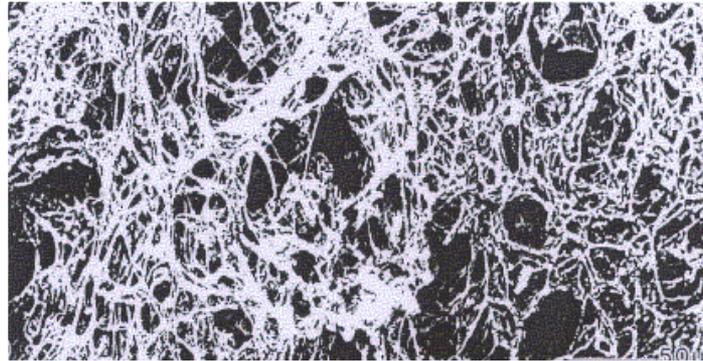
Il meccanismo di formazione dei gel implica la formazione di legami che determinano la coesività e l'elasticità del gel

I gel sono dei reticoli tridimensionali che immobilizzano l'acqua in modo da ottenere una dispersione avente un comportamento viscoelastico quando viene sottoposta a sforzi controllati.

Modificazione del glutine durante impastamento



— proteine
— amido

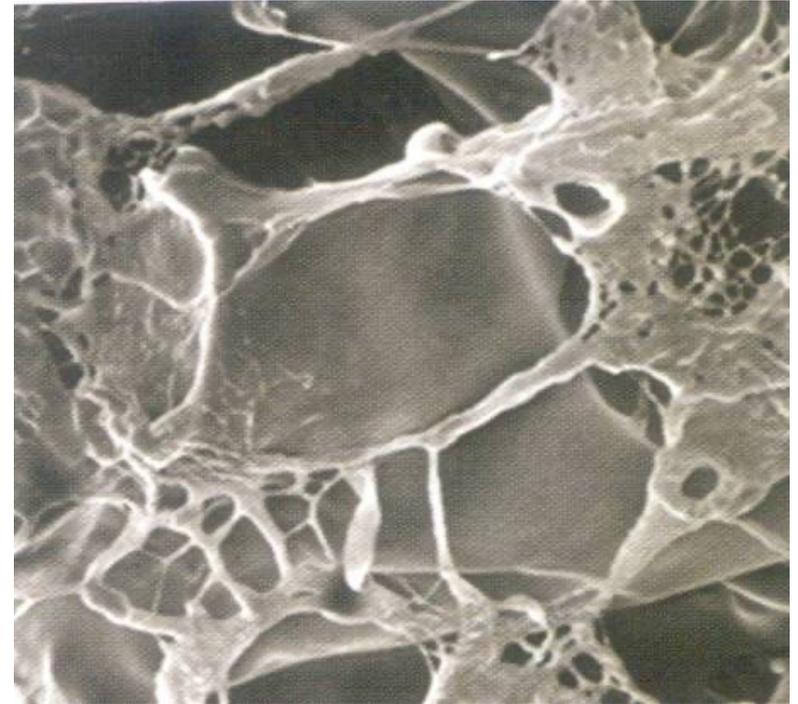


inizio
impastamento

fine
impastamento

Reticolo glutinico

- Reticolo di proteine fibrillari legate tra di loro (reticolo glutinico o maglia glutinica).
- Non si trova naturalmente nel grano ma si forma a seguito di **impastamento** della farina con acqua



Il glutine è il risultato di interazioni che coinvolgono le proteine dell'endosperma:

- ponti disolfuro (interazioni forti in quanto legami covalenti tra due molecole di cisteina)
- legami ad idrogeno (tra proteine o tra proteine ed acqua)
- legami ionici (tra gruppi carichi delle proteine nonché tra questi e molecole di acqua),
- interazioni idrofobiche (tra AA apolari e tra questi e lipidi)

Le proteine del glutine sono caratterizzate da una quantità elevata di acido glutammico e prolina che gli conferiscono caratteristiche idrofiliche e idrofobiche, le quali risultano importanti per la coesione del glutine.

Il tenore in lisina e metionina del glutine è piuttosto basso e quindi sono considerati aminoacidi limitanti.

Componente proteica del glutine

Il glutine è un gel proteico e come tale presenta caratteristiche viscoelastiche

- le gliadine, coinvolte principalmente nella formazione di legami non covalenti sono responsabili della componente viscosa, conferiscono estensibilità al glutine
- le glutenine, interessate alla formazione dei ponti disolfuro, sono responsabili della componente elastica e contribuiscono a conferire tenacità al glutine.

Nelle farine aventi un basso contenuto di proteine è compromessa la formazione di un reticolo glutinico compatto e regolare, struttura indispensabile per ottenere un impasto in grado di assorbire l'acqua e conferire la consistenza ottimale durante la lavorazione.

Composizione del glutine secco

Il glutine è formato da proteine legate tra loro tramite diversi legami, acqua legata a proteine tramite legami a ponte di idrogeno e lipidi 'legati' tramite interazioni idrofobiche, ma anche acqua, lipidi e amido fisicamente inglobati nel reticolo tridimensionale del gel.

Il glutine secco è composto essenzialmente da proteine ma anche altri composti minoritari presenti in egual misura quindi fisicamente inglobati.

Proteine	Acqua	Amido	Lipidi
75-85%	5-8%	5-10%	5-7%