

---

# PRODOTTI DI MACINAZIONE DEL GRANO DURO: COLORAZIONE E CARATTERISTICHE CULINARIE

E. HOULIAROPOULOS - J. ABECASSIS - J.C. AUTRAN

---

## DURUM MILLING STREAM: COLOR AND COOKING CHARACTERISTICS

---

Si sono analizzati dal punto di vista della colorazione e delle caratteristiche culinarie 3 varietà di grano (Agathé, Durtal, Valdur).

Per quanto riguarda la colorazione, sull'imbrunimento ha influenza soprattutto l'origine istologica, rimanendo l'indice del giallo una caratteristica essenzialmente varietale. Le caratteristiche culinarie sono molto diverse a seconda dell'origine del prodotto di macinazione. Le paste alimentari ottenute da semole presentano buone caratteristiche viscoelastiche ma tendono a spappolarsi se la cottura si prolunga. Al contrario, le farine forniscono prodotti che mancano di elasticità, ma conservano un buon stato superficiale. La granulometria dei prodotti non spiega queste differenze. L'incorporazione di farina nelle semole sembra migliorare sia le proprietà reologiche che lo stato superficiale della pasta cotta.

Per quanto riguarda la composizione proteica, se il tenore proteico delle farine è superiore a quello delle semole, l'estraibilità del glutine diminuisce man mano che la macinazione avanza. Per quanto riguarda il resto, il glutine delle farine è più consistente e meno elastico di quello delle semole.

L'insieme dei risultati conferma che lo stato superficiale e le proprietà reologiche della pasta cotta sono due parametri che non riguardano lo stesso aspetto della qualità e che potrebbero trovare la loro origine in meccanismi fisicochimici differenti.

---

## INTRODUZIONE

L'obiettivo della prima trasformazione dei cereali è di isolare l'albumine amilaceo con un minimo di contaminazione da parte dello strato periferico del chicco (involucro, strato aleuronico) e del germe. Il principio della macinazione a cilindri sta nell'isolare in pri-

mo luogo le parti più interne del chicco portandosi progressivamente verso la periferia. La necessità di macinare il chicco, unitamente al susseguirsi del procedimento, porta a recuperare l'albumine amilaceo non intatto, ma sotto forma di frazioni con composizione istologica diversa.

Lo scopo del nostro lavoro è di precisare la ripercussione delle differenze di composizione istologica sul valore tecnologico (colorazione e qualità culinarie) dei diversi prodotti della macinazione del grano duro.

Ci si accorge in effetti di una contraddizione esaminando i dati bibliografici a questo proposito.

Secondo Holliger (1966) la tenuta di cottura delle paste alimentari dipende dal tasso di estrazione delle semole. Al contrario, Dexter e Matsuo (1978) indicano che una variazione del tasso di estrazione fra 58 e 76% non modifica sensibilmente la qualità culinaria della pasta. Per Menger e Zwingelberg (1978) un tasso di estrazione oltre il 70% non influenza troppo la qualità della pasta, a condizione di disporre di una materia prima ineccepibile.

Cakmakli (1976) ha notato che i prodotti ottenuti dalle parti periferiche del chicco danno paste più solide dopo la cottura rispetto a quelli con semole ottenute dall'albumine centrale; in compenso le perdite di cottura risultano più elevate. Egli indica anche che i prodotti finali sono tanto più bruni quanto più il tenore di sostanze minerali è elevato; la loro colorazione gialla sembra tuttavia indipendente dal tasso di estrazione.

Abecassis e Alause (1979) segnalano che la qualità culinaria delle semole è superiore a quella delle farine. Inoltre, a seconda delle varietà, la qualità culinaria delle semole

non sembra evolversi nello stesso modo con il grado di estrazione.

Considerando tutti questi risultati, abbiamo ritenuto particolarmente interessante precisare:

- le caratteristiche tecnologiche (colorazione, indice di cottura, tenore proteico, tenore e viscoelasticità del glutine) di ogni frazione di macinazione di diverse varietà di grano duro;
- l'evoluzione di queste caratteristiche tecnologiche in funzione dell'incorporazione delle farine ad una semola e della ricostituzione progressiva ((a seconda del grado di estrazione) del corpo del chicco;
- la qualità tecnologica (colorazione, qualità culinaria) della pasta fabbricata partendo da certe miscele.

## 1. - MATERIALI E METODI

### 1.1. Grani duri e prodotti di macinazione

Si sono analizzate tre varietà di grano duro (Agathé, Durtal, Valdur) coltivate nel 1978 nella stessa zona (Eure e Loir). La tab. 1 illustra le principali caratteristiche fisico-chimiche delle varietà esaminate. Occorre osservare che il raccolto tardivo di quell'annata ha comportato elevati pesi di 1.000 semi, forti tassi di bianconatura e tenori proteici particolarmente bassi nei campioni presi in esame.

La macinazione è stata effettuata in un molino da grano duro semi-industriale (portata oraria, circa 130 kg) costituito da una unità di pulitura (pulitore, separatore, svecchiatoio, spuntatrice), da una unità di condizionamento e di immagazzinaggio dei chicchi e da una unità di macinazione (4 rotture, 4 svestimenti, 3 plansichters e 3 pulitrici doppie da semola a due piani sovrapposti).

Dopo la pulitura, i chicchi sono stati condizionati al

- 14,5% di umidità per 15 ore,
- 16,5% per 4 ore,
- 17,0% cinque minuti prima della macinazione.

La fig. 1 presenta il diagramma di macinazione.

Alla fine della macinazione si prelevano e si classificano secondo il loro ordine di estrazione 18 frazioni:

- 6 semole pure da S<sub>1</sub> a S<sub>6</sub> le cui dimensioni granulometriche medie sono rispettivamente:
  - S<sub>1</sub> 560 micron
  - S<sub>2</sub> 250 micron
  - S<sub>3</sub> 430 micron
  - S<sub>4</sub> 410 micron
  - S<sub>5</sub> 270 micron
  - S<sub>6</sub> 200 micron
- 8 farine di cui: 4 farine di rottura (B1 - B4), 4 farine di svestimento (D1 - D4);
- 4 cascami: crusca grossolana, crusche fini di pulitura e di svestimento, tritello.

Dopo la macinazione e prima di iniziare le analisi, i prodotti prelevati sono stati conservati per 3 mesi ad una temperatura di 4°C.

### 1.2. Valutazione delle caratteristiche tecnologiche dei prodotti di macinazione

La colorazione dei prodotti di macinazione è stata valutata su dischi di pasta nelle condizioni descritte da Alause e Feillet (1970).

I parametri L e b sono stati misurati con un apparecchio Tristimulus della Neotec, per dedurre l'indice di giallo (b) e quello del bruno (100-L).

TAB. 1 - Caratteristiche fisico-chimiche delle varietà di grani duri studiati.

	Agathé	Durtal	Valdur
Peso per ettolitro . . . . .	82,8	83,0	84,8
Peso di 1.000 semi . . . . .	40,7	35,8	34,8
Tasso di bianconatura (%) . . . . .	16,5	55,5	15,5
Tasso di carie (%) . . . . .	16,5	14,0	3,5
Calibratura (>2,9; 2,9-2,3; <2,3) . . . . .	72-20-8	22-74-4	50-48-2
Ceneri (% s.s.) . . . . .	2,00	1,72	1,99
Proteine (N x 5,7% s.s.) . . . . .	11,37	9,80	11,68

Si ricorda che gli ordini di classificazione dei campioni sono approssimativamente i seguenti:

- Indice del giallo intenso > 35
- (b) medio 28-35
- debole < 28
- Indice del bruno intenso > 21
- (100-L) medio 18-21
- debole < 18

Per stimare la colorazione degli spaghetti si sono misurati direttamente sulla pasta cruda gli stessi parametri.

— Indice di cottura: è stato determinato su pastiglie di pasta (diametro 7 mm, spessore 0,84 mm) mediante il metodo con Viscoselastografo Tripette e Renaud-Chopin (Alary et al., 1978).

Per ogni tempo di cottura, si è misurato lo spessore  $e_1$  dopo schiacciamento e lo spes-

sore  $e_2$  dopo imbibizione per dedurre il valore dell'aumento di volume assoluto ( $e_2 - e_1$ ) espresso in millimetri.

Questo indice di cottura corrisponde alla durata massima di cottura per la quale i valori dell'aumento di volume assoluto rimangono superiori a 0,30 mm. È espresso in minuti.

L'ordine comune di classificazione dei campioni è il seguente:

- Indice di cottura elevato: >24 minuti.
- Indice di cottura medio: 20-24 minuti.
- Indice di cottura basso: <20 minuti.

— Quantità e caratteristiche viscoelastiche del glutine; l'estrazione del glutine si effettua partendo da 10 g di prodotto mediante lisciviazione normale sotto un sottile getto d'acqua deionizzata (Mauze et al., 1972).

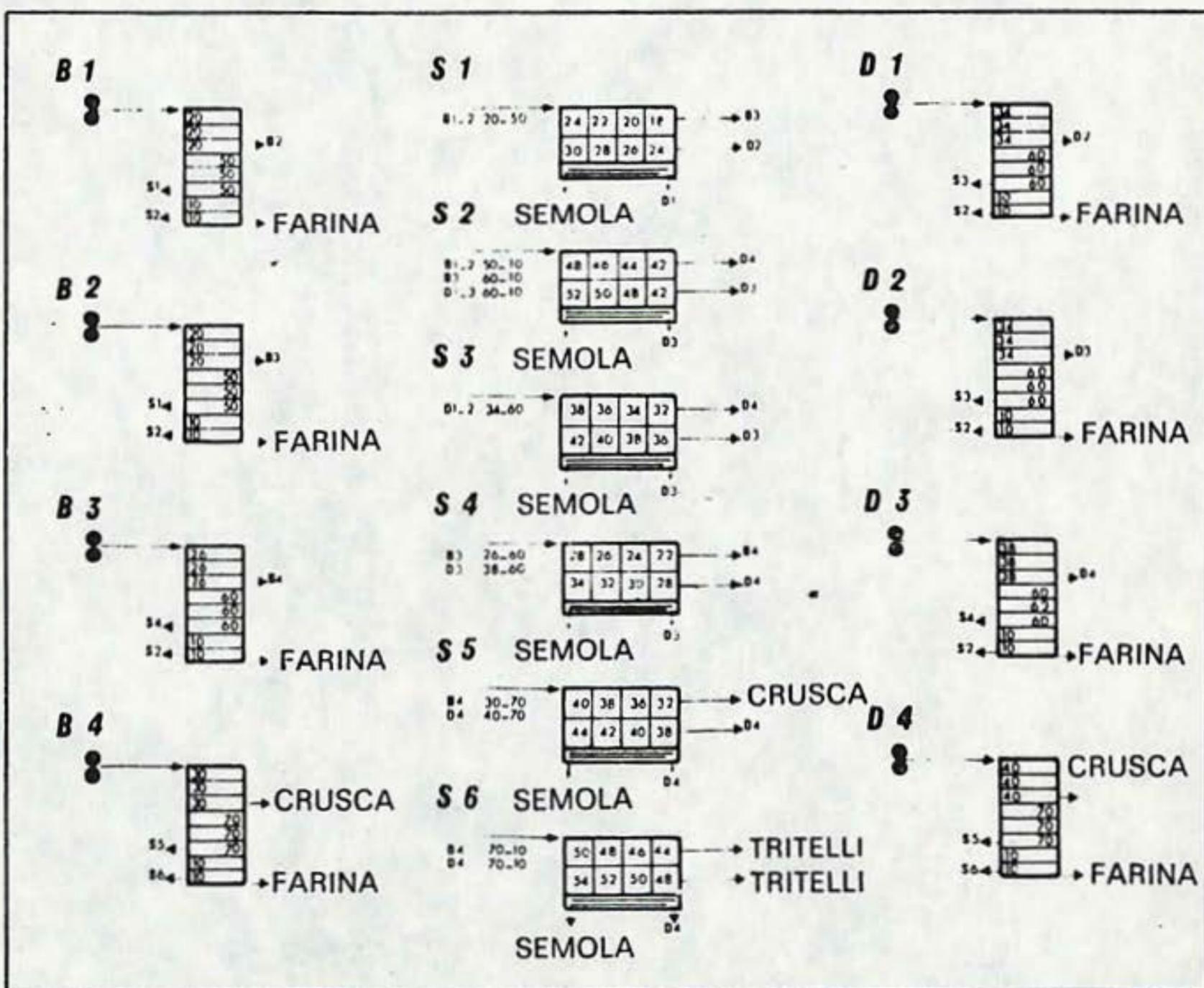


Fig. 1 - Diagramma di macinazione.

Le proprietà viscoelastiche (consistenza e recupero assoluto) del glutine si sono determinate al viscoelastografo su pastiglie di glutine termoformato secondo il procedimento di Damidaux e Feillet ((1978). Per quanto riguarda l'aumento di volume assoluto, l'ordine di classificazione è il seguente:

- Elevato: >1,5 mm.
- Medio: 1,0-1,5 mm.
- Debole: <1,0 mm.

### 1.3. Fabbricazione delle paste alimentari

Si sono prodotte paste alimentari con una pressa semi-industriale (Demaco S 25) con le seguenti condizioni: nel recipiente di miscelazione della pressa si sono posti tre kg di prodotto. Dopo l'aggiunta della quantità di acqua necessaria per ottenere una idratazione del 49% (s.s.) il prodotto è stato miscelato per 25 minuti ed in seguito estruso sotto vuoto. Si è scelta una trafilatura che permetta di ottenere spaghetti del diametro di 1,5 mm (prodotto secco). Una sonda posta nella testa della pressa permette di misurare la temperatura della pasta e la pressione durante la fabbricazione. L'essiccazione della pasta si è effettuata in una stufa del tipo Garbuio per 48 ore ad una temperatura di 35°C.

### 1.4. Cottura della pasta

In tre litri di acqua minerale salata con 7 g/l e mantenuta in piena ebollizione si sono versati 100 g di spaghetti essiccati, tagliati in pezzi da circa 17 cm di lunghezza.

Il tempo minimo di cottura T è determinato prelevando pezzi di spaghetti durante la cottura, schiacciandoli fra due piastre di vetro e seguendo la scomparsa di una linea centrale bianca la cui presenza indica che l'amido situato al centro della pasta è ancora crudo.

La cottura viene proseguita fino ai tempi T + 1, T + 6, e T + 11 minuti.

### 1.5. Valutazione delle caratteristiche culinarie della pasta

In conformità alle condizioni descritte da Alary et al. (1979), si determinano il rigonfiamento, lo stato superficiale, le proprietà viscoelastiche della pasta cotta come pure le perdite di sostanze solide nell'acqua di cottura.

### 1.6. Analisi chimiche diverse

La misura del tenore d'acqua si effettua partendo da cinque grammi di prodotto, con essiccazione in stufa Chopin (130°C per due ore).

Il tenore di sostanze minerali è determinato nelle condizioni descritte da Matweef (1960) mediante mineralizzazione a 800°C in presenza di acetato di magnesio.

Il tenore proteico è determinato secondo il metodo Kjeldahl nelle condizioni descritte da Feillet (1976).

## 2. - RISULTATI E DISCUSSIONE

### 2.1. Esame dei prodotti di macinazione

Le tab. 2, 3 e 4 illustrano rispettivamente l'insieme delle caratteristiche tecnologiche dei prodotti di macinazione delle tre varietà di grano duro.

Il comportamento durante la macinazione delle varietà Agathé e Valdur è confrontabile, malgrado una differenza del 2,4% fra le rese di semola totale. In compenso, l'elevato tasso di bianconatura della varietà Durtal comporta un aumento della percentuale delle farine di rottura a danno delle semole. Fra le semole, anche la proporzione dei prodotti fini, semole S<sub>2</sub> e S<sub>6</sub> sembra più elevata.

Il tenore di sostanze minerali delle semole è inferiore a quello delle farine di rottura e di svestimento. All'interno di ogni gruppo di prodotti si constata anche un aumento del tasso di ceneri con la progressione della macinazione. Il confronto dei valori cumulati delle sostanze minerali in funzione della resa dimostra che per un tasso di ceneri dello 0,90% s.s., la resa di Agathé e di Valdur è dell'ordine del 70%, mentre è del 78% per il Durtal.

In compenso, se si confrontano i valori del tenore relativo alle sostanze minerali, espresse dalla relazione:

$$R = \frac{\text{Tasso di ceneri del prodotto}}{\text{Tasso di ceneri del grano}}$$

si constata che non ci sono differenze significative fra i tre grani. Per un valore di R = 0,48 la resa varia fra 74,2 per il Valdur e 74,8 per il Durtal. Così, a pari condizioni di macinazione, le nostre conclusioni collimano con quelle di Matweef (1963) se-

TAB. 2 - Caratteristiche tecnologiche dei prodotti di macinazione (varietà Agathé).

Prodotti di macinazione	Resa (% s.s.)	Sostanze minerali (% s.s.)	Colorazione			Indice di cottura (min.)	Tenore proteico (% s.s.)	Tenore di glutine secco (% s.s.)	Caratteristiche visco-elastiche del glutine	
			Indice di giallo (b)	Indice di bruno (100-L)	Indice di cottura (min.)				Costanza $e_1$ (mm)	Aumento di volume assoluto $e_1 \cdot e_2$ (mm)
Semole	6,5	0,75	27,7	17,3	24	9,95	13,26	2,41	1,58	
	19,4	0,92	27,0	19,1	24	10,72	14,65	2,40	1,78	
	22,2	0,68	28,2	16,8	24	9,85	13,03	2,31	1,42	
	14,0	0,95	28,0	18,3	24	10,83	14,53	2,42	1,55	
	1,5	1,38	26,2	25,5	22	12,19	14,65	2,86	1,50	
	8,5	1,43	26,9	24,9	22	12,27	14,76	3,15	1,61	
Farine di rottura	0,8	2,11	24,3	34,7	14	9,92	10,84	3,15	1,67	
	0,9	2,14	26,2	30,3	18	10,80	11,88	2,87	1,68	
	1,0	2,80	26,9	30,7	18	12,44	13,26	2,94	1,70	
	1,5	3,33	27,0	35,6	14	13,76	8,88	3,24	1,49	
Farine di svestimento	0,7	2,16	26,5	25,7	18	10,78	10,84	2,85	1,66	
	1,4	2,85	26,8	30,4	18	11,84	10,27	3,12	1,59	
	1,4	2,64	27,7	26,7	18	12,30	10,96	3,21	1,63	
	3,5	2,99	29,9	34,3	14	14,91	7,27	3,55	1,13	

condo cui il tenore di sostanze minerali di una semola può realmente essere preso come criterio della sua purezza solo nella misura in cui esso può essere rapportato a quello del chicco intero.

Tuttavia, queste conclusioni non devono essere considerate assolute poiché i campioni esaminati provengono da uno stesso luogo di coltura; ora, la ripartizione delle sostanze minerali all'interno del chicco non è verosimilmente la stessa con condizioni agroclimatiche differenti.

Gli indici di colorazione variano fra le tre varietà esaminate. Generalmente, il Durtal ha indici di bruno (100-L) inferiori a quelli d'Agathé e di Valdur. D'altra parte, l'intensità del colore giallo (b) del Valdur è nettamente più elevata di quelle dell'Agathé o del Durtal.

Qualunque sia la varietà considerata, gli indici di colorazione sembrano evolversi in maniera analoga fra i diversi passaggi di macinazione. L'indice del bruno aumenta dai primi verso gli ultimi passaggi di macinazione ed è tanto più elevato quanto maggiore è la mineralizzazione. Questa evoluzione è da mettere in relazione al fatto che le perossidasi e le polifenolossidasi, in parte responsabili dell'imbrunimento (Feillet et al., 1974), sono situate nelle zone periferiche del chicco.

Al contrario, l'indice del giallo varia di poco, confermando che la distribuzione dei pigmenti carotenoidi e delle lipossigenasi, responsabili del colore giallo (Laignelet et al., 1972), è la stessa in tutto il chicco.

Per quanto riguarda l'indice di cottura, la pasta viene definita di buona qualità culinaria quando conserva una buona coesione ed una consistenza soddisfacente anche dopo una cottura prolungata. Tuttavia, l'indice di cottura utilizzato in questo caso analizza essenzialmente l'aspetto reologico (consistenza) della qualità culinaria e non permette di determinare lo stato superficiale (collosità, spappolamento) della pasta cotta (Abecassis et al., 1981).

In generale, l'indice di cottura dei prodotti di macinazione dell'Agathé e del Valdur è superiore alle frazioni corrispondenti di Durtal. Questo risultato si accorda del tutto con la valutazione industriale basata sulla pasta fabbricata con queste varietà.

TAB. 3 - Caratteristiche tecnologiche dei prodotti di macinazione (varietà Durtal).

Prodotti di macinazione	Resa (% s.s.)	Sostanze minerali (% s.s.)	Colorazione		Indice di cottura (min.)	Tenore proteico (% s.s.)	Tenore di glutine secco (% s.s.)	Caratteristiche visco-elastiche del glutine	
			Indice di giallo (b)	Indice di bruno (100-L)				Costanza e <sub>1</sub> (mm)	Aumento di volume assoluto e-e <sub>1</sub> (mm)
Semole	6,7	0,63	28,6	18,1	12	7,94	9,11	1,88	0,81
	19,7	0,73	27,7	17,9	16	8,51	9,57	1,89	0,93
	16,7	0,60	30,1	17,0	16	8,38	9,69	1,85	1,05
	12,0	0,83	30,1	17,4	16	9,15	10,38	2,22	1,07
	1,3	1,10	28,7	22,5	14	10,56	11,19	2,52	1,29
	8,1	1,16	28,5	22,5	14	10,86	11,53	2,53	1,64
Farine di rottura	2,4	0,81	25,5	22,4	8	6,90	6,57	2,26	0,83
	2,2	0,98	26,8	20,0	12	7,46	6,80	2,26	0,83
	1,8	1,32	27,5	22,6	12	8,83	7,84	2,46	1,42
	2,0	1,99	28,7	27,7	12	9,87	5,42	2,74	1,40
Farine di svestimento	0,9	1,25	27,1	21,2	12	8,40	7,38	2,47	1,23
	0,9	1,63	27,0	24,9	12	9,02	5,77	2,59	1,63
	2,1	1,44	27,2	21,5	12	8,53	5,19	2,55	1,53
	4,4	2,34	30,4	28,8	8	11,99	2,31	3,20	1,18

A seconda del passaggio analizzato, i valori dell'indice di cottura variano sensibilmente, ma appare chiaro che quello delle semole è sempre superiore a quello delle farine di rottura o di svestimento.

Nel caso delle semole, l'influenza dell'ordine di estrazione è poco marcata. I prodotti ottenuti dagli strati più periferici non sembrano avere un indice superiore a quello delle altre frazioni. Il confronto delle farine, in compenso, fa sembrare poco elevata l'influenza dell'ordine di estrazione. La farina del primo macinatore (B<sub>1</sub>) è sistematicamente la più debole; l'indice di cottura migliora per i prodotti intermedi e decresce di nuovo per le frazioni periferiche.

Per il tenore proteico, la quantità e le proprietà viscoelastiche del glutine estratto, numerosi autori (fra cui Sheu et al., 1967 e Dexter e Matsuo, 1977) hanno sottolineato che il primo ha un ruolo importante nella qualità culinaria della pasta e che la quantità di glutine è più particolarmente un fattore che determina la qualità dei grani duri.

Per le tre varietà esaminate, ed all'interno di ogni gruppo di prodotti (semole, farine di rottura o farine di svestimento), il tenore proteico aumenta mano a mano che la macinazione progredisce. Se il tenore di glutine secco delle semole segue in modo sensibile quello del tasso di proteine, in compenso l'evoluzione del tenore di glutine delle farine è nettamente diverso: esso diminuisce in maniera molto elevata nelle ultime frazioni estratte (B<sub>4</sub>, D<sub>4</sub>). Se si esamina l'estraibilità del glutine

$$\frac{\text{Tenore di glutine secco}}{\text{Tenore proteico}} \times 100$$

si constata infatti una diminuzione regolare andando dalle semole alle farine di rottura e di svestimento. Ad esempio, per l'Agathé, l'estraibilità del glutine delle semole varia fra il 134,2 e il 120,2 per cento, mentre varia fra il 110,0 e il 48,8 per cento nelle farine. Si constata una evoluzione analoga per il Durtal e il Valdur.

La consistenza del glutine estratto delle farine è superiore a quella delle semole. Inoltre, per ogni gruppo di prodotti di macinazione, si osserva un aumento sistematico di questi valori con l'ordine di estrazione.

TAB. 4 - Caratteristiche tecnologiche dei prodotti di macinazione (varietà Valdur).

Prodotti di macinazione	Resa (% s.s.)	Sostanze minerali (% s.s.)	Colorazione		Indice di cottura (min.)	Tenore proteico (% s.s.)	Tenore di glutine secco (% s.s.)	Caratteristiche visco-elastiche del glutine	
			Indice di giallo (b)	Indice di bruno (100-L)				Consistenza e <sub>i</sub> (mm)	Aumento di volume assoluto e-e <sub>i</sub> (mm)
Semole	S <sub>1</sub>	6,3	36,9	17,6	20	10,59	12,92	2,37	1,56
	S <sub>2</sub>	18,3	35,1	19,3	20	11,18	14,99	2,87	1,75
	S <sub>3</sub>	21,0	37,1	17,5	20	10,07	12,34	2,42	1,67
	S <sub>4</sub>	13,9	37,1	19,0	23	11,53	14,65	2,59	1,53
	S <sub>5</sub>	1,6	33,1	22,4	21	11,96	15,57	2,91	1,56
	S <sub>6</sub>	8,6	31,9	23,6	21	12,47	16,26	2,97	1,59
Farine di rottura	B <sub>1</sub>	0,9	27,9	31,6	12	10,05	12,00	3,06	1,57
	B <sub>2</sub>	1,0	30,4	27,5	17	10,99	13,15	2,84	1,78
	B <sub>3</sub>	1,1	31,9	27,1	20	12,49	15,57	3,16	1,66
	B <sub>4</sub>	1,5	30,2	32,5	19	13,61	12,46	3,50	1,46
Farine di svestimento	D <sub>1</sub>	0,7	32,7	24,0	18	11,07	12,92	2,81	1,82
	D <sub>2</sub>	0,8	31,8	27,1	20	11,82	13,49	3,13	1,65
	D <sub>3</sub>	1,3	32,4	26,0	20	12,18	12,46	3,26	1,61
	D <sub>4</sub>	4,5	32,9	31,3	18	14,56	7,15	3,55	1,29

I valori dell'aumento di volume assoluto del glutine variano entro limiti molto ampi fra le tre varietà esaminate, fatto che si accorda ai risultati di Damidaux et al. (1978). Nell'ambito di ogni varietà e ad eccezione dei prodotti di D<sub>4</sub> per i quali i valori sono sempre più deboli, non risultano nell'Agathé e nel Valdur differenze maggiori fra semole e farine: l'aumento di volume assoluto del glutine rimane in effetti, praticamente identico per le frazioni successive della macinazione. Nel Durtal, tuttavia, si nota un aumento di questi valori andando dalle prime frazioni verso le ultime (ad eccezione della farina D<sub>4</sub>).

## 2.2. Analisi delle miscele di prodotti di macinazione

È possibile che il valore tecnologico di una miscela di semole o di farine non sia la semplice somma ponderata dei valori delle frazioni costitutive, poiché il completamento di un prodotto con un altro può migliorare o degradare la qualità finale.

Poiché è importante verificare quest'ultimo punto, si è iniziato uno studio sulla qualità tecnologica (colorazione, indice di cottura) per miscele di prodotti della macinazione:

— Aggiungendo alla semola totale tassi crescenti di farine di origine istologica diversa.

— Ricostituendo progressivamente il corpo intero del chicco secondo l'ordine di estrazione delle semole e poi delle farine.

In primo luogo si sono raggruppati i prodotti di macinazione secondo la loro origine istologica nelle condizioni della tab. 5.

L'evoluzione della colorazione e dell'indice di cottura è stato determinato:

— Facendo variare da 0 al 100% il tasso di incorporazione alla semola totale ST dei quattro gruppi di farine sotto specificati (B<sub>1</sub> + B<sub>2</sub> + D<sub>1</sub> + D<sub>2</sub>; B<sub>3</sub> + D<sub>3</sub>; B<sub>4</sub> + D<sub>4</sub>; F<sub>T</sub>: istogramma del tipo I.

— Ricostituendo il corpo del chicco per raggruppamento — a seconda dell'ordine della loro estrazione — delle semole poi delle farine. In questo secondo caso, si sono ricostituite 6 miscele: istogrammi del tipo II.

Colorazione: l'incorporazione delle farine alla semola, come pure la ricostituzione progressiva del corpo del chicco, non sembrano

TAB. 5

Origine Istologica	Semole	Farine
Albumi centrale . . . . .	$S_1 + S_3$	$B_1 + B_2 + D_1 + D_2$
Albumi intermedio . . . . .	$S_2 + S_4$	$B_3 + D_3$
Albumi periferico . . . . .	$S_5 + S_6$	$B_4 + D_4$
Insieme dell'albumi . . . . .	$S_T = S_1 \text{ a } S_6$	$F_T = (B_1 \text{ a } B_4) + (D_1 \text{ a } D_4)$

Miscela	Percentuale rappresentata dalla miscela rispetto al chicco intero		
	Agathé	Durtal	Valdur
N. 1 $S_1 + S_3$ . . . . .	28,7	23,4	27,3
N. 2 $(S_1 + S_3) + (S_6 \text{ w } E S_4)$ . . . . .	62,1	55,1	59,5
N. 3 $S_T$ . . . . .	72,1	64,5	69,7
N. 4 $S_T + (B_1 + B_2) + (D_1 + D_2)$ . . . . .	75,9	70,9	73,1
N. 5 $S_T + (B_1 + B_2 + D_1 + D_2) + B_3 + D_3$	78,3	74,8	75,5
N. 6 $S_T + F_T$ . . . . .	83,3	81,2	81,5

influenzare maggiormente la colorazione gialla (fig. 2, istogrammi I e II). Per l'Agathé e il Durtal, non si osservano praticamente differenze e risulta solo una leggera diminuzione nel Valdur quando si aumenta la percentuale di farina incorporata od il tasso di estrazione. Questi risultati collimano quindi con quelli di Dexter e Matsuo (1978) che non hanno osservato variazioni del tenore di pigmenti carotenoidi con il tasso di estrazione.

Qualunque sia la varietà considerata, si osserva in compenso un aumento quasi lineare dell'indice di bruno con i tassi crescenti di farine incorporate alla semola (fig. 3, istogrammi I e II). Ciò conferma le caratteristiche additive dell'indice di bruno, notate da Abecassis e Alause (1979).

Il confronto fra le diverse miscele dimostra che i prodotti meno bruni si ottengono con le farine intermedie. Le farine del centro, benché siano le meno mineralizzate, sono verosimilmente penalizzate dal forte indice di bruno delle farine di  $B_1$ .

Indice di cottura: l'evoluzione dell'indice di cottura (di cui si ricorda che valuta solo un aspetto della qualità culinaria) in funzione dell'incorporazione delle farine alla semola o della ricostituzione del corpo del chicco è illustrata nella fig. 4 (istogrammi I e II).

Nel caso dell'Agathé, l'indice di cottura

decrese progressivamente al momento dell'incorporazione delle farine (salvo nel caso di aggiunta del 10% di farine periferiche e intermedie). In compenso, nel caso del Durtal e del Valdur, si osserva nell'insieme una evoluzione non lineare dell'indice di cottura quando il tasso di incorporazione delle farine aumenta, risultato che potrebbe dipendere da un fenomeno di sinergia.

È importante d'altra parte sottolineare che l'influenza sull'indice di cottura è diversa a seconda dell'origine istologica delle farine utilizzate. Così, le farine del centro dell'albumi esercitano sempre un'influenza negativa, cosa che si spiega con il basso tenore di proteine di queste frazioni.

Per quanto riguarda più in particolare la ricostituzione del corpo del chicco, si constata un miglioramento sensibile con l'aumento del tasso di estrazione delle semole (fig. 4, istogramma II). Per le tre varietà, la semola totale (miscela n. 3) sembra superiore alla semola costituita dalle frazioni dell'albumi centrale e intermedio (miscela n. 2), a sua volta superiore alla semola ottenuta dal centro dell'albumi (miscela n. 1). Infine, quando le farine sono successivamente aggiunte alla miscela, l'indice di cottura si evolve in modo diverso a seconda delle varietà: non ci sono cambiamenti nel Valdur, un effetto negativo nell'Agathé e una tendenza al miglioramento nel Durtal.

### 2.3. Analisi sulle paste alimentari

I risultati esposti nel capitolo precedente dimostrano che il completamento di un prodotto di macinazione con un altro modifica la qualità finale della miscela e può, in certi casi, migliorare l'indice di cottura.

Per trarre conclusioni più generali, vale la pena di verificare a livello semi-industriale questo effetto di sinergia.

Si sono così costituite tre miscele rispettando le proporzioni di resa di macinazione di ogni frazione costitutiva:

— Insieme delle semole ( $S_T$ ).

— Insieme delle farine ( $F_T$ ).

— Albume totale ( $S_T + F_T$ ).

La pasta prodotta con queste miscele è stata sottoposta ad analisi tecnologiche: colore e qualità culinaria (rigonfiamento, perdite di cottura, indice di viscoelasticità, analisi sensoriale dello stato superficiale).

In un'ultima fase si è tentato di trovare una spiegazione agli effetti osservati esaminando più in particolare le proteine di queste miscele di prodotti di macinazione (tenore proteico, quantità e proprietà viscoelastiche del glutine), come pure la possibile influenza della granulometria.

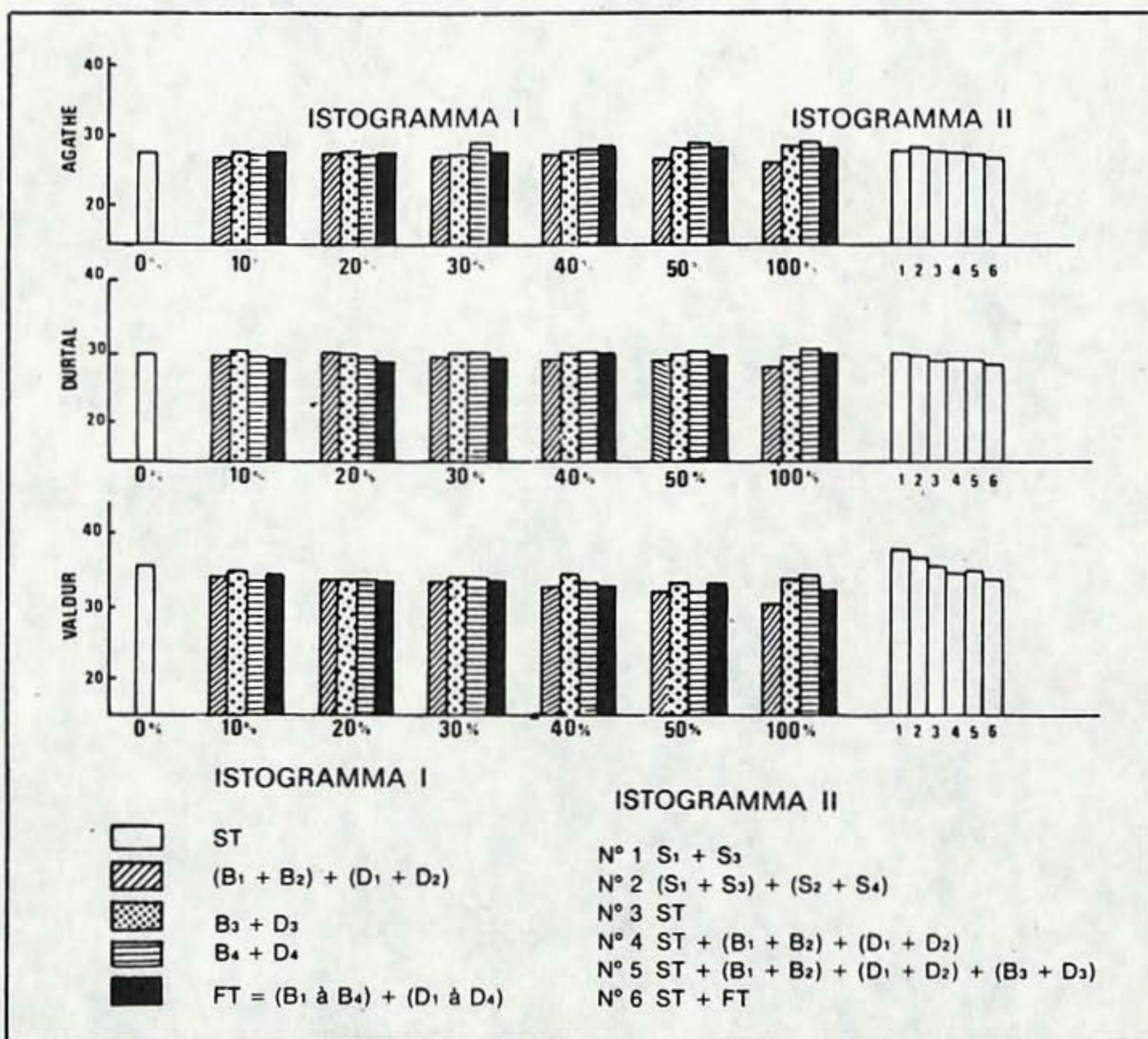


Fig. 2 - Evoluzione dell'indice della colorazione gialla in funzione dell'incorporazione delle farine alla semola totale (Istogramma I) e della ricostituzione del corpo del chicco (Istogramma II).

La tabella 5 raggruppa i risultati degli indici di colorazione.

In generale, la pasta prodotta con farine è meno gialla e nettamente più bruna di quella ottenuta da semole. L'evoluzione dell'indice del colore bruno collima del tutto con quanto osservato a livello di microprove. In compenso, la diminuzione dell'indice della colorazione gialla (che non variava nel caso delle microprove ad eccezione della varietà Valdur), chiama in causa l'influenza dei trattamenti tecnologici subiti dai prodotti durante il processo di pastificazione. Questa diminuzione sembrerebbe dovuta ad

una distruzione dei pigmenti carotenoidi durante la fabbricazione.

Tuttavia non si può escludere l'ipotesi secondo cui si introdurrebbe un andamento non lineare a causa della particolare metodologia utilizzata (lettura diretta sulla pasta).

Si è cotta con tre diversi tempi di cottura la pasta (T + 1, T + 6 e T + 11 minuti). La tab. 7 raggruppa le principali caratteristiche dei prodotti cotti a T + 11 minuti. È infatti con questa durata di cottura che le differenze osservate sono più significative.

— Il rigonfiamento dopo cottura delle

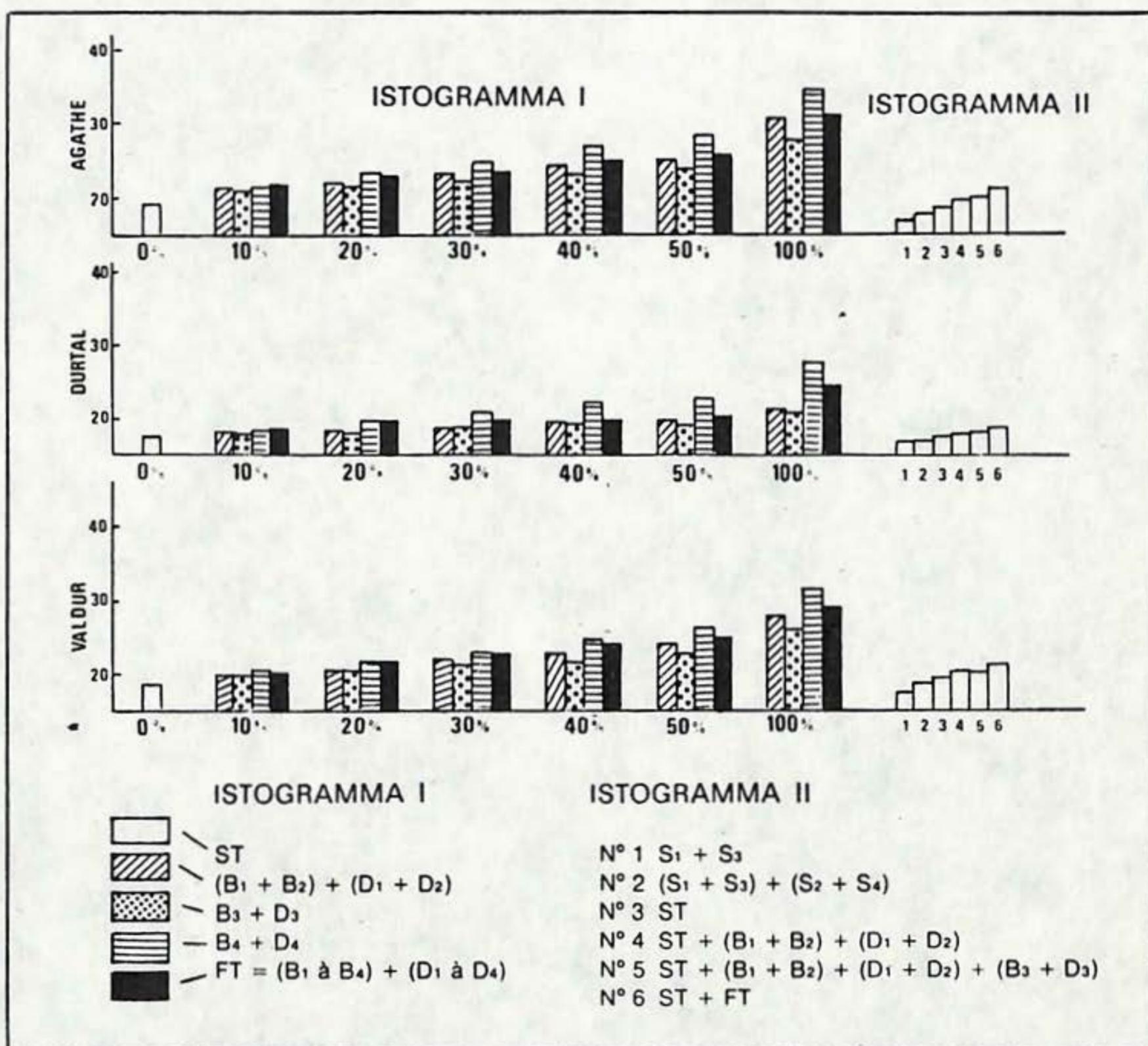


Fig. 3 - Evoluzione dell'indice della colorazione bruna in funzione dell'incorporazione delle farine alla semola totale (Istogramma I) e della ricostituzione del corpo del chicco (Istogramma II).

TAB. 6 - Indici di colorazione della pasta.

	Agathé		Durtal		Valdur	
	Indice di giallo	Indice di bruno	Indice di giallo	Indice di bruno	Indice di giallo	Indice di bruno
$S_T$	24,1	39,7	27,0	38,5	27,7	39,6
$S_T + F_T$	21,5	45,0	23,9	41,0	24,4	44,8
$F_T$	19,5	54,6	20,0	46,0	21,8	52,0

paste prodotto dalle semole è più elevato rispetto a quello delle paste ottenute dalle farine, anche se questo effetto è leggermente meno evidente con la varietà Durtal.

— Le perdite di cottura variano sensibil-

mente per le tre varietà esaminate. Aumentano procedendo dalle semole verso le farine per l'Agathé, diminuiscono per il Durtal e rimangono costanti per il Valdur. Tuttavia, le differenze osservate non permettono

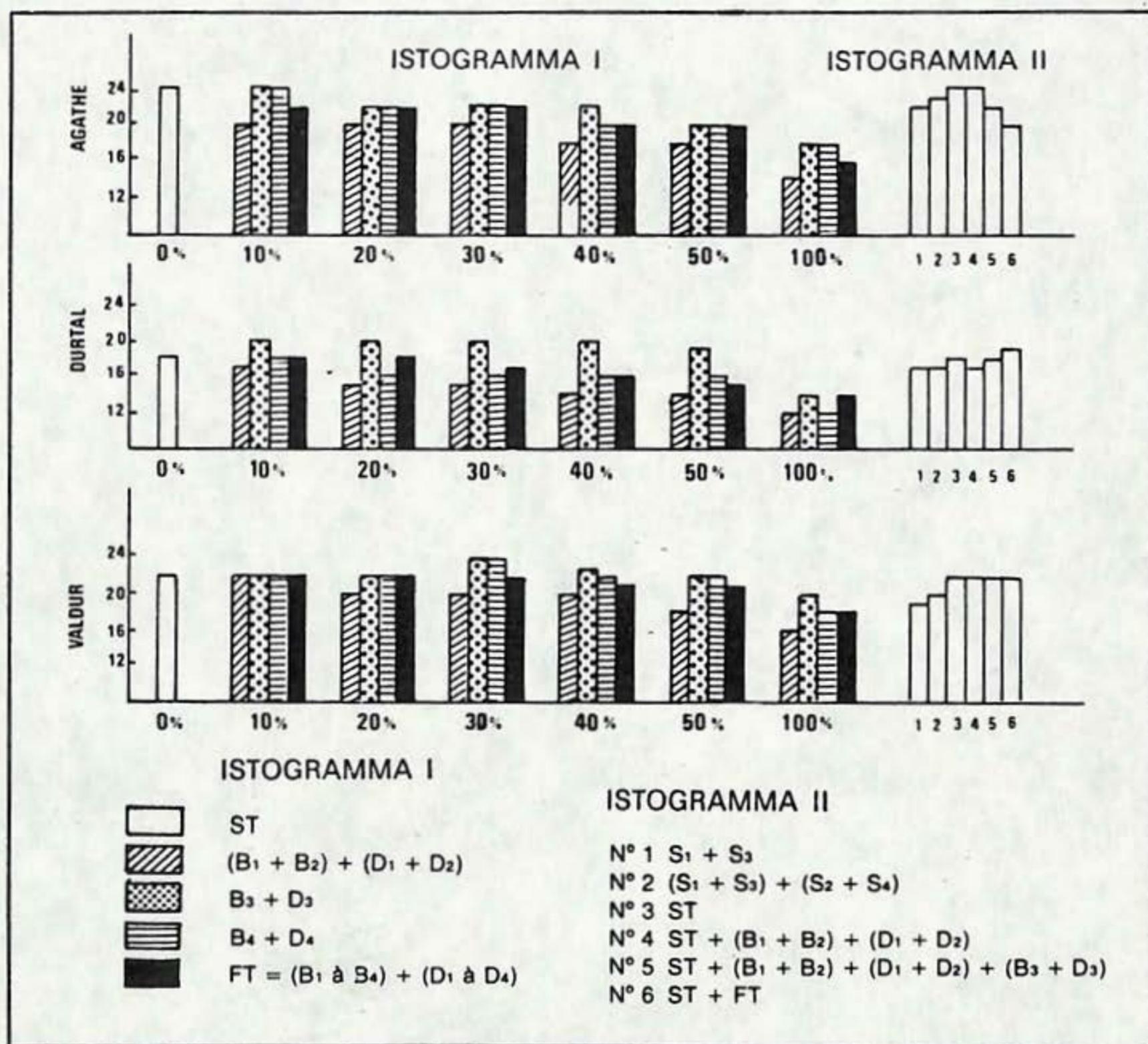


Fig. 4 - Evoluzione dell'indice di cottura in funzione dell'incorporazione delle farine alla semola totale (Istogramma I) e della ricostituzione del corpo del chicco (Istogramma II).

TAB. 7 - Caratteristiche culinarie della pasta (tempo di cottura T + 11 min.).

	AGATHE						DURTAL						VALDUR							
	Rigonfia-mento (% s.s.)	Perdite di cottura (% s.s.)	Indice di viscoelasticità (I.V.)	spappo-lamento	collosità	Rigonfia-mento (% s.s.)	Perdite di cottura (% s.s.)	Indice di viscoelasticità (I.V.)	spappo-lamento	collosità	Rigonfia-mento (% s.s.)	Perdite di cottura (% s.s.)	Indice di viscoelasticità (I.V.)	spappo-lamento	collosità	Rigonfia-mento (% s.s.)	Perdite di cottura (% s.s.)	Indice di viscoelasticità (I.V.)	spappo-lamento	collosità
S <sub>T</sub>	299	16,4	3,25	3	2	259	28,6	1,58	2	1	332	16,0	6,1	5	1	308	22,4	5,43	3	3
S <sub>T</sub> + F <sub>T</sub>	296	15,8	4,70	4,5	3,5	255	23,6	1,57	2	1	301	16,0	7,45	5,75	2	301	16,0	7,45	5,75	5
F <sub>T</sub>	216	23,0	2,69	8	7	251	20,9	1,30	4,5	3	218	16,8	2,92	7,5	3	218	16,8	2,92	7,5	7
S <sub>T</sub> (A)	263	29,5	1,53	2,5	2	257	29,4	0,92	1	1	300	22,3	1,79	3	1	300	22,3	1,79	3	3
S <sub>T</sub> (C)	285	26,0	3,00	2	2	224	36,1	1,34	1	1	308	22,4	5,43	3	1	308	22,4	5,43	3	3

S<sub>T</sub> = insieme delle semole; F<sub>T</sub> = insieme delle farine; S<sub>T</sub> + F<sub>T</sub> = albume totale; S<sub>T</sub> (A) = semola rimacinata in un macinatore a perni; S<sub>T</sub> (C) = semola rimacinata in un laminatoio.

di spiegare gli scarti di rigonfiamento fra i prodotti.

— L'indice di viscoelasticità (I.V.) degli spaghetti prodotti con miscele semola-farina è superiore a quello delle frazioni costitutive della miscela, dal momento che quello delle farine è sempre molto debole. Vengono quindi confermati gli effetti di sinergia osservati nelle microprove. L'analisi dettagliata dei risultati ottenuti al viscoelastografo dimostra che i prodotti fabbricati con farine possiedono una consistenza notevole ma sono privi di elasticità. Al contrario, le paste ottenute dalle semole sono molto elastiche. Ne deriva che l'incorporazione di una bassa percentuale di farina si risolve in un miglioramento della consistenza dei prodotti, senza influenzare in maniera sensibile la loro elasticità.

— Lo stato superficiale (spappolamento e collosità) dei prodotti dopo la cottura, valutato con analisi sensoriale, varia entro limiti molto ampi, all'interno di una stessa varietà a seconda della natura del prodotto di macinazione utilizzato per la loro fabbricazione. Mentre la pasta prodotta con le semole si spappola progressivamente durante la cottura, quella ottenuta con le farine conserva, anche dopo una cottura prolungata, uno stato superficiale del tutto accettabile per le varietà Valdur e Agathé e quasi accettabile per il Durtal. L'incorporazione di farine nelle semole si risolve in un miglioramento dello stato superficiale.

La tab. 8 presenta i risultati relativi al tenore proteico e del glutine secco e alle proprietà viscoelastiche delle miscele di prodotti di macinazione esaminati. In generale, il tenore proteico delle farine è superiore a quello delle semole, mentre quella in glutine secco si evolve in maniera inversa. Di conseguenza, l'estraibilità del glutine (espressa in percentuale del tenore proteico) diminuisce procedendo dalle semole alle farine.

La misura delle proprietà viscoelastiche del glutine rivela sensibili differenze fra i prodotti. La consistenza (e<sub>1</sub>) del glutine estratto delle farine è molto più elevata rispetto a quella del glutine ottenuto dalle semole; al contrario, l'elasticità (e<sub>2</sub> - e<sub>1</sub>) del glutine delle semole è generalmente maggiore di quella delle farine.

TAB. 8 - Tenore protelco, quantità e proprietà viscoelastiche del glutine.

	AGATHE						DURTAL						VALDUR					
	Proprietà viscoelastiche			Proprietà viscoelastiche			Proprietà viscoelastiche			Proprietà viscoelastiche			Proprietà viscoelastiche			Proprietà viscoelastiche		
	Tenore protelco (% s.s.)	Tenore di glutine secco (% s.s.)	e <sub>1</sub> (mm)	e <sub>2</sub> (mm)	Tenore protelco (% s.s.)	Tenore di glutine secco (% s.s.)	e <sub>1</sub> (mm)	e <sub>2</sub> (mm)	Tenore protelco (% s.s.)	Tenore di glutine secco (% s.s.)	e <sub>1</sub> (mm)	e <sub>2</sub> (mm)	Tenore protelco (% s.s.)	Tenore di glutine secco (% s.s.)	e <sub>1</sub> (mm)	e <sub>2</sub> (mm)		
S <sub>T</sub> + F <sub>T</sub>	10,62	13,06	2,69	1,59	8,88	9,25	2,28	0,89	11,03	12,95	2,70	1,53	11,03	14,76	2,50	1,50		
S <sub>T</sub>	10,93	12,14	2,72	1,73	8,90	9,02	2,47	1,06	11,32	13,64	2,91	1,62	11,03	14,05	2,30	1,50		
F <sub>T</sub>	12,88	9,13	3,68	1,23	9,30	4,00	2,80	1,04	12,93	11,21	3,65	1,20	12,93	11,21	3,65	1,20		
S <sub>T</sub> (A)	10,62	13,46	2,34	1,49	8,88	9,76	2,21	0,80	11,03	14,05	2,30	1,50	11,03	14,05	2,30	1,50		
S <sub>T</sub> (C)	10,62	13,00	2,36	1,48	8,88	9,68	2,16	0,76	11,03	14,76	2,50	1,50	11,03	14,76	2,50	1,50		

S<sub>T</sub> = insieme delle semole; F<sub>T</sub> = insieme delle farine; S<sub>T</sub> + F<sub>T</sub> = albume totale; S<sub>T</sub> (A) = semola rimacinata in un macinatore a perni; S<sub>T</sub> (C) = semola rimacinata in un laminatoio.

L'incorporazione di farina alla semola (nelle condizioni indicate) si risolve in un miglioramento delle proprietà viscoelastiche del glutine: consistenza ed elasticità maggiori.

Nell'ambito di una stessa varietà, il confronto fra le proprietà culinarie della pasta cotta e le proprietà viscoelastiche del glutine estratto dei diversi prodotti di macinazione dimostra che l'aumento di volume assoluto del glutine (e<sub>2</sub> - e<sub>1</sub>) starebbe in relazione all'indice di viscoelasticità della pasta cotta. Tuttavia, questi valori non permettono di valutare anticipatamente né lo spappolamento, né la collosità degli spaghetti dopo la cottura. Sarebbe piuttosto la consistenza del glutine (e<sub>1</sub>) che potrebbe meglio suggerire lo stato superficiale dei prodotti dopo la cottura.

I risultati hanno quindi dimostrato che la pasta prodotta con farine di grano duro ha proprietà culinarie molto diverse da quella ottenuta da semole. Allo stesso modo, la quantità e le proprietà viscoelastiche del glutine estratto erano sensibilmente modificate a seconda dell'origine del prodotto.

Poiché si potevano spiegare le differenze osservate semplicemente con le differenze di struttura fisica fra i prodotti e più in particolare della loro granulometria, ci è sembrato interessante ridurre la granulometria delle semole a quella delle farine per tentare di meglio studiare questo effetto. Si sono utilizzati due sistemi di riduzione: sia con un laminatoio rigato (S.T. C.), sia con un macinatore a perni (S.T. A).

La tab. 7 presenta le proprietà culinarie di questi prodotti.

Rispetto alla pasta prodotta con le semole, quella ottenuta dalle semole ridotte sembra gonfiare meno durante la cottura. Questa diminuzione di rigonfiamento è probabilmente dovuta ad un aumento eccessivo delle perdite solide.

Le proprietà viscoelastiche degli spaghetti sono modificate di poco se la semola è stata ridotta con un laminatoio, mentre si riscontra una degradazione notevole se la riduzione è stata effettuata con un macinatore a perni.

Non si riscontrano miglioramenti dello stato superficiale dei prodotti cotti con una diminuzione della granulometria; al contra-

rio, i prodotti diventano molto collosi e spappolati non appena si raggiunge il tempo minimo di cottura.

La tab. 8 presenta i risultati relativi alla quantità e alle proprietà viscoelastiche del glutine estratto delle semole ridotte.

Da questa tabella risulta che la riduzione della granulometria delle semole permette di estrarre una maggiore quantità di glutine soprattutto per la varietà Valdur. Per quanto riguarda le proprietà viscoelastiche, si osserva una certa diminuzione della consistenza, ma le differenze fra i valori di elasticità non sono significative. Tuttavia, non è chiaro se queste variazioni nelle proprietà viscoelastiche del glutine siano sufficienti per spiegare le differenze di qualità culinaria osservate fra i prodotti.

### DISCUSSIONE GENERALE E CONCLUSIONI

Si sono descritte parecchie volte le differenze di composizione chimica (tenore in sostanze minerali, tenore proteico...) fra i prodotti di macinazione del grano duro. In compenso, le informazioni sulle loro qualità tecnologiche sono relativamente rare e alcune volte contraddittorie.

Nel quadro e nel limite di questa sperimentazione, i risultati ottenuti portano a trarre le seguenti conclusioni.

Si verifica, ancora una volta, che la colorazione della pasta è profondamente influenzata dall'origine interna o periferica, dei prodotti di macinazione sottoposti a lavorazione. I valori dell'indice della colorazione bruno sono correlati in modo positivo e in maniera altamente significativa con i tenori delle sostanze minerali. L'indice della colorazione gialla, in compenso, si evolve indipendentemente dalla mineralizzazione e rimane una caratteristica essenzialmente varietale. È quindi soprattutto sull'imbrunimento della pasta che si esercita l'influenza dell'origine istologica, in quanto ad esempio le farine periferiche danno pasta inaccettabile dal punto di vista della colorazione a causa di un imbrunimento eccessivo.

Le proprietà culinarie della pasta sono molto diverse a seconda dell'origine dei prodotti di macinazione. Le paste ottenute da semole assorbono molta acqua, hanno buone qualità viscoelastiche ma tendono a spappolarsi quando si prolunga il tempo di cot-

tura. Al contrario, le farine danno prodotti che gonfiano poco durante la cottura e che non hanno elasticità. Tuttavia questi prodotti hanno la caratteristica di conservare uno stato superficiale ottimo nonostante le perdite, alcune volte elevate, di sostanze solide nelle acque di cottura.

È infine importante sottolineare che le differenze osservate fra le caratteristiche delle paste fabbricate con le semole e con le farine non si possono spiegare con le semplici differenze di granulometria.

L'incorporazione di farine nelle semole non sembra dare una degradazione della qualità e, anzi, si osserva sovente un miglioramento. Così, il completamento delle semole con la totalità delle farine ottenute durante la macinazione sembra migliorare le proprietà reologiche e nel contempo lo stato superficiale della pasta cotta. Tuttavia, l'origine istologica delle farine sembra esercitare un'influenza non trascurabile sull'indice di cottura delle miscele. Le farine ottenute dall'albumo centrale influiscono sempre in modo negativo, mentre si possono osservare effetti sinergici con le farine provenienti dalle parti medie e periferiche del chicco, a condizione che la loro percentuale di incorporazione non superi il 30%.

Anche la composizione proteica varia di molto con la natura e l'origine istologica dei prodotti di macinazione. Il tenore proteico delle farine è superiore a quello delle semole, ma il tenore di glutine secco si evolve in modo notevolmente diverso poiché si osserva una diminuzione dell'estraibilità del glutine man mano che la macinazione progredisce. Questo fenomeno è particolarmente marcato per le farine ottenute dalle parti più periferiche del chicco, dal momento che il glutine diviene quasi inestraibile in questo caso.

Il confronto delle caratteristiche viscoelastiche del glutine termoformato dimostra che il glutine delle farine è molto più consistente e generalmente meno elastico di quello estratto dalle semole, ma non impedisce che l'incorporazione di farine nelle semole migliori l'insieme delle caratteristiche viscoelastiche del glutine (consistenza e recupero elastico). Infine, l'influenza dell'ordine di estrazione si esercita essenzialmente sulla consistenza, che aumenta regolarmente ma-

no a mano che la macinazione avanza, qualunque sia la natura del prodotto, mentre l'aumento di volume assoluto del glutine varia in misura inferiore e rimane una caratteristica soprattutto varietale.

L'insieme di questa ricerca indica che, a seconda dei prodotti di macinazione utilizzati per la fabbricazione della pasta, la qualità di questa può variare entro ampi limiti, sia per quanto riguarda la colorazione che per le qualità culinarie. Questi risultati confermano quelli di lavori precedenti realizzati nel nostro laboratorio (Abécassis et al., 1981) e dimostrano che, anche nell'ambito di una varietà, per diversi prodotti di macinazione lo stato superficiale e le caratteristiche reologiche della pasta cotta sono due parametri che non concernono lo stesso aspetto qualitativo. A nostro avviso, le caratteristiche reologiche della pasta cotta non possono quindi permettere, da sole, di caratterizzare la qualità culinaria di una pasta.

Su un piano più generale, ciò ci porta a supporre che le caratteristiche dello stato superficiale e le proprietà reologiche della pasta cotta trovano la loro origine in meccanismi fisico-chimici che, anche se implicano certi costituenti comuni, ne hanno di molto diversi. Sarebbe evidentemente interessante intraprendere uno studio biochimico più approfondito dei prodotti di macinazione del grano duro, in particolare per giungere a comprendere meglio i meccanismi di espressione della qualità culinaria delle paste alimentari.

**E. Houliaropoulos**

**J. Abecassis**

**J.C. Autran**

Lab. Tecnologia dei Cereali -  
INRA - Montpellier - Francia  
su « Industries des Céréales » n. 12-81

## BIBLIOGRAFIA

- Abécassis J., Alary R., Kobrehel K., 1981** - Relation entre l'état de surface et la teneur en protéines des spaghetti cuits. *Industries des Céréales* (in stampa).
- Abécassis J., Alause J., 1979** - Farbton Indices und Kochqualität von mahlerzeugnissen aus durumweizensorten. *Getreide Mehl und Brot* - 33 (3): 71-76.
- Alary R., Abécassis J., Fellet P., 1978** - Ermittlung der Kochqualität von durumweizen mit dem viscoelastographen. *Getreide Mehl und Brot* - 32 (10): 276-280.
- Alary R., Abécassis J., Kobrehel K., Fellet P., 1979** - Influence de l'eau de cuisson et notamment de son pH sur les caractéristiques des pâtes alimentaires cuites. *Bull. E.N.S.M.I.C.* - 293: 255-262.
- Alause J., Fellet P., 1970** - Metodo semplice ed obiettivo per la previsione del colore delle paste alimentari. *Tecnica Molitoria* - 21: 511-517.
- Cakmakli U., 1976** - Influence de certains facteurs technologiques sur la qualité culinaire des pâtes alimentaires. Thèse, Faculté des Sciences, Université de Dijon.
- Damidaux R., Autran J.-C., Grignac P., Fellet P., 1978** - Relation applicable en sélection entre l'électrophorogramme des gliadines et les propriétés viscoélastiques du gluten de *Triticum Durum* Desf. *C.R. Acad. Sci.* - 287, Série D: 701-704.
- Damidaux R., Fellet P., 1978** - Relation entre les propriétés viscoélastiques du gluten cuit, la teneur en protéines et la qualité culinaire des blés durs. *Ann. Techn. Agric.* - 27 (4): 799-809.
- Dexter J.E., Matsuo R.R., 1977** - Influence of protein content on some durum wheat quality parameters. *Can J. Plant Sci.* - 57: 717-727.
- Dexter J.E., Matsuo R.R., 1978** - Effect of semolina extraction rate on semolina characteristics and spaghetti quality. *Cereal Chem.* - 55 (6): 841-852.
- Fellet P., 1976** - Dosage semi automatique de la teneur en protéines des céréales par la méthode Kjeldahl. *Techn. Ind. Cer.* - 153: 17-19.
- Fellet P., Jeanjean M.F., Kobrehel K., Laignelet B., 1974** - Le brunissement des pâtes alimentaires. *Bull. E.N.S.M.I.C.* - 262: 190-194.
- Holliger A., 1966** - Das Kochverhalten von teigwaren. *Getreide Mehl und Brot* - 16: 121-126.
- Laignelet B., Kobrehel K., Fellet P., 1972** - Le problème de la coloration des pâtes alimentaires. *Industr. Alim. Agric.* - 89: 413-427.
- Matweef M., 1960** - Méthode rapide de dosage des matières minérales dans le blé et les produits de mouture. *C.R. Acad. Agric.* 81-89.
- Matweef M., 1963** - Les matières minérales des semoules, critère de leur pureté. *Bull. E.N.S.M.I.C.* - 196: 187-193.
- Mauze C., Richard M., Scotti G., 1972** - Guide pratique de contrôle de la qualité des blés I.T.C.F. Paris.
- Menger A., Zwingelberg H., 1978** - Hartgriebqualität bei Höherer Ausmahlung. *Getreide Mehl und Brot* - 32 (9): 236-242.
- Sheu, Ruey-Yi, Medcalf D.G., Gilles K.A., Sibbitt L.D., 1967** - Effect of biochemical constituents on macaroni quality. I. Differences between hard red spring and durum wheats. *J. Sci. Food Agric.* - 18: 237-239.