

Scienziati in pizzeria

Andrey Varlamov

**Istituto di Superconduttività e Materiali Innovativi
Consiglio Nazionale delle Ricerche**

Marino Giordani

Università Cattolica del Sacro Cuore – Piacenza



Antenati della pizza nei tempi antichi

Le feste di compleanno dei faraoni nell'antico Egitto



Si mangiavano schiacciate con verdure nel Vicino Oriente e nell'Egitto faraonico

Predecessori della pizza nell`antica Roma

In un poemetto attribuito a Virgilio, “Il Moretum”, è descritta la preparazione di una focaccia condita con olio, sale, aglio ed un trito di erbe



Mozzarella, uno degli benefici dell'invasione da parte dei Longobardi



L'arrivo a Napoli del pomodoro dall'America sotto il regno degli Spagnoli e dei Borboni



Nascita della pizza moderna a Napoli alla fine del secolo XVIII



Visita dei Reali a Napoli nel 1889



Inizio del XX secolo : “esportazione” della pizza



Celebrazione a Napoli ,nel 1989, per I cento anni della pizza Margherita



I punti per riflettere

Pizza Napoletana: 460-490 °C .

Pizza Romana

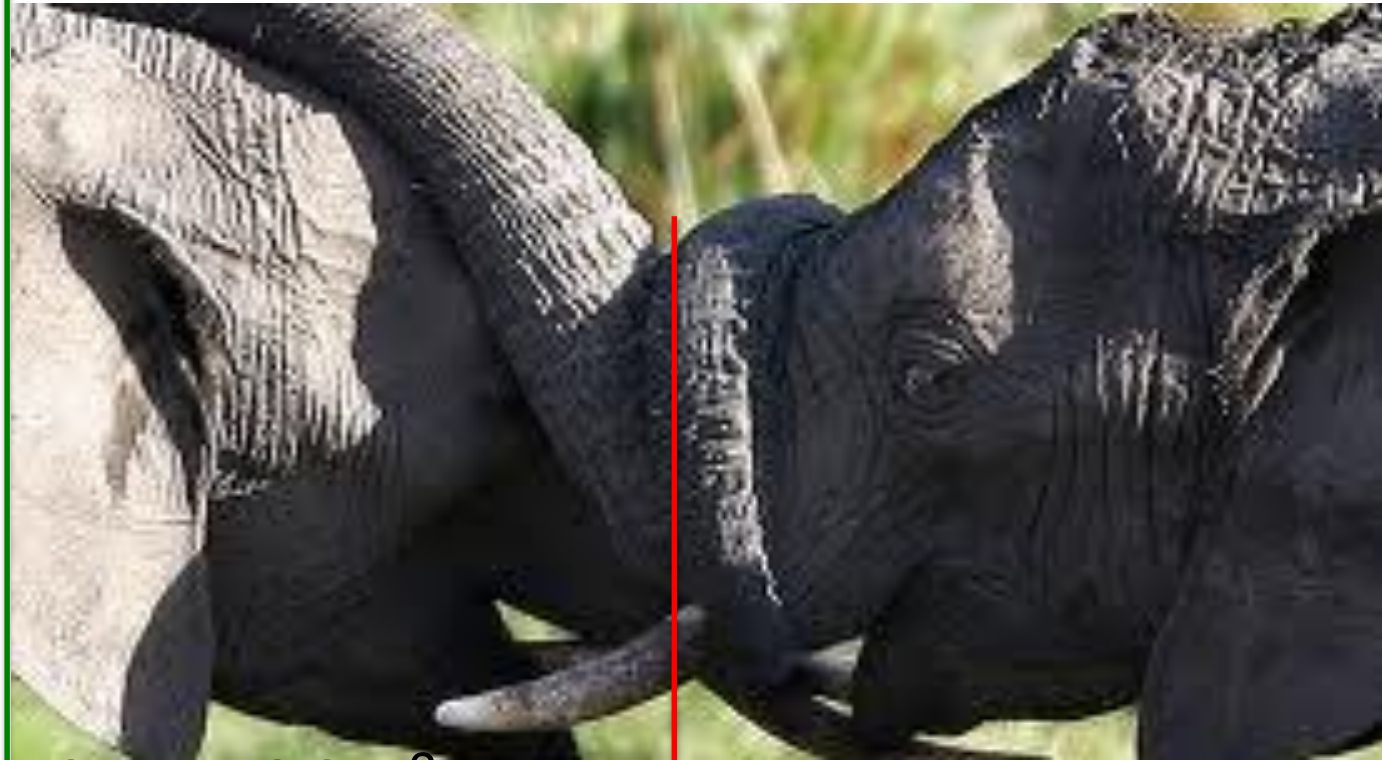
325- 330 °C → 390 °C .

80- 90 s 40 -50 clienti

50- 60 s 80-100 clienti



t^0 Distribuzione della temperatura in stato di equilibrio termodinamico



97 F = 36.1°C

x

Profilo della temperatura vicino l'interfaccia tra corpo malato e sano

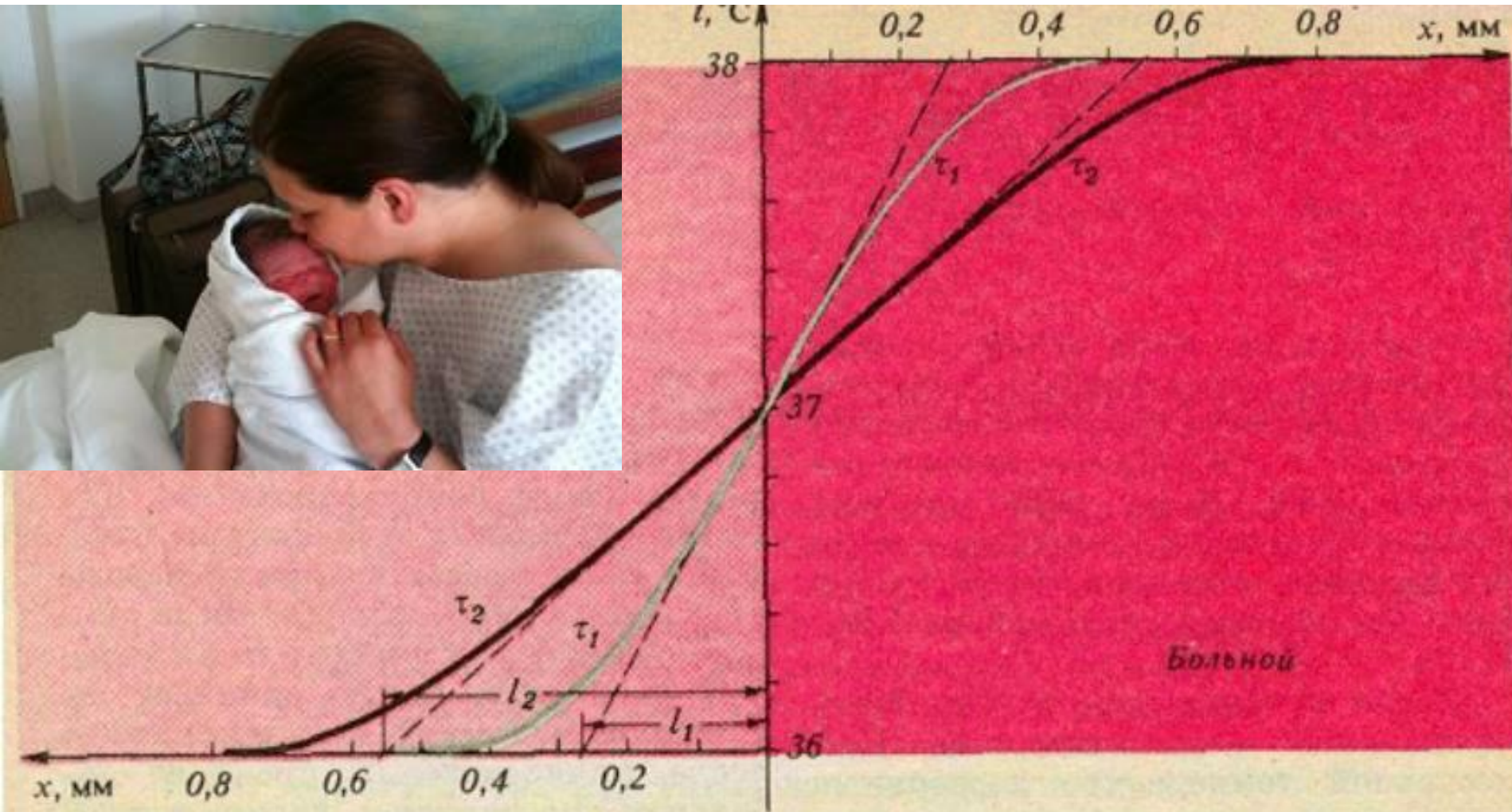


Рис. 1. Распределения температуры в «приграничных» участках тел при контакте здоровый — больной через времена $\tau_1=0,5$ с и $\tau_2=2$ с после касания; l_1, l_2 — глубины проникновения тепловых волн за времена τ_1 и τ_2 ($l_1 \sim \sqrt{\tau_1}$, $l_2 \sim \sqrt{\tau_2}$).

Profilo della temperatura vicino l'interfaccia tra due materiali diversi esposti a temperature diverse agli estremi

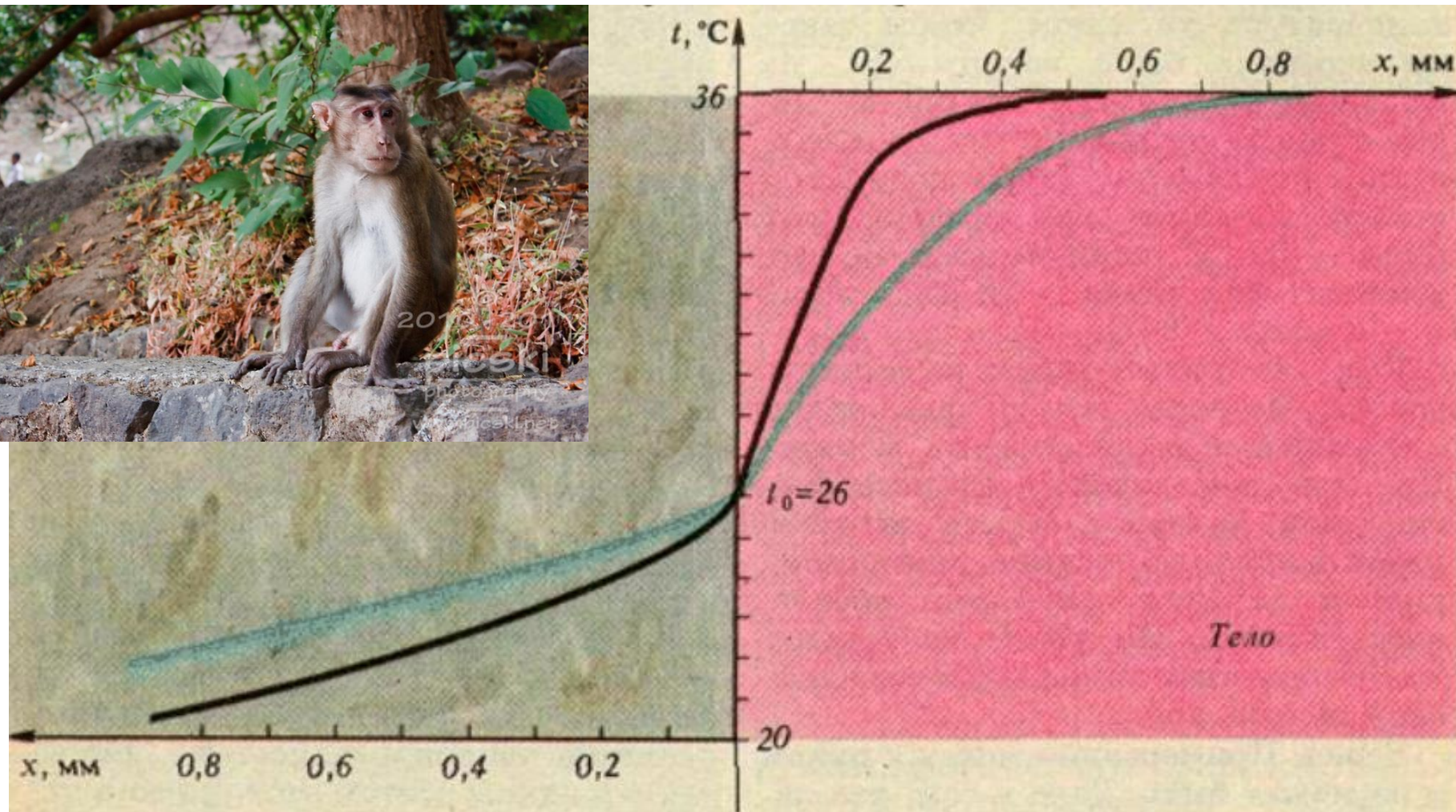


Рис. 2. Распределения температуры при контакте тело — мрамор через 0,5 с (черная кривая) и 2 с (синяя кривая) после касания. Температура t_0 непосредственно в месте контакта не зависит от времени.

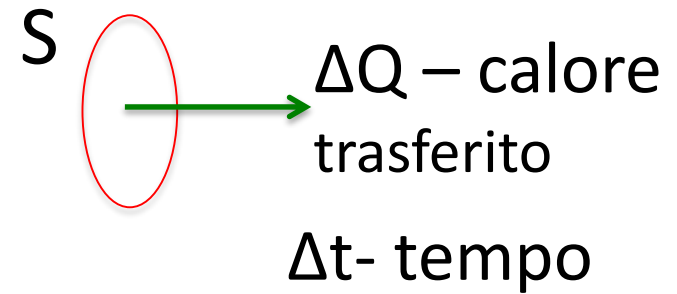
Flusso del calore: un richiamo di fisica scolastica

Capacità specifica termica: $c = \frac{1}{M} \frac{DQ}{DT}$

dove M è la massa corporea, ΔQ è il calore trasferito, ΔT è la variazione di temperatura

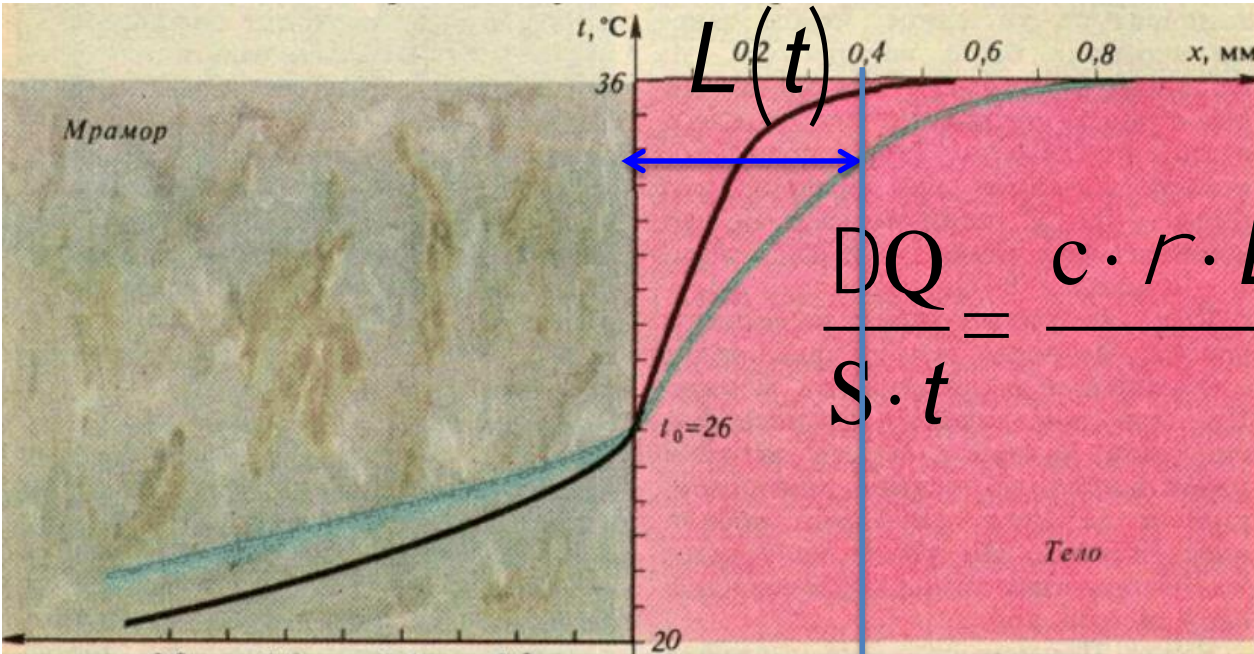
Flusso di calore:

$$q = - \frac{DQ}{S Dt}$$



$$q = -k \left(\frac{DT}{Dx} \right) \quad \left(\frac{DT}{Dx} \right) \text{ - “velocità” della variazione di temperatura nello spazio}$$

Propagazione del fronte di calore



$$\frac{DQ}{S \cdot t} = \frac{c \cdot r \cdot L(t) \cdot DT}{t} = k \left(\frac{DT}{L(t)} \right)$$

“Lunghezza termica”

$$L(t) = \sqrt{\frac{k \times t}{c \times r}} = \sqrt{C \times t}$$

$$C = \frac{k}{c \times r}$$

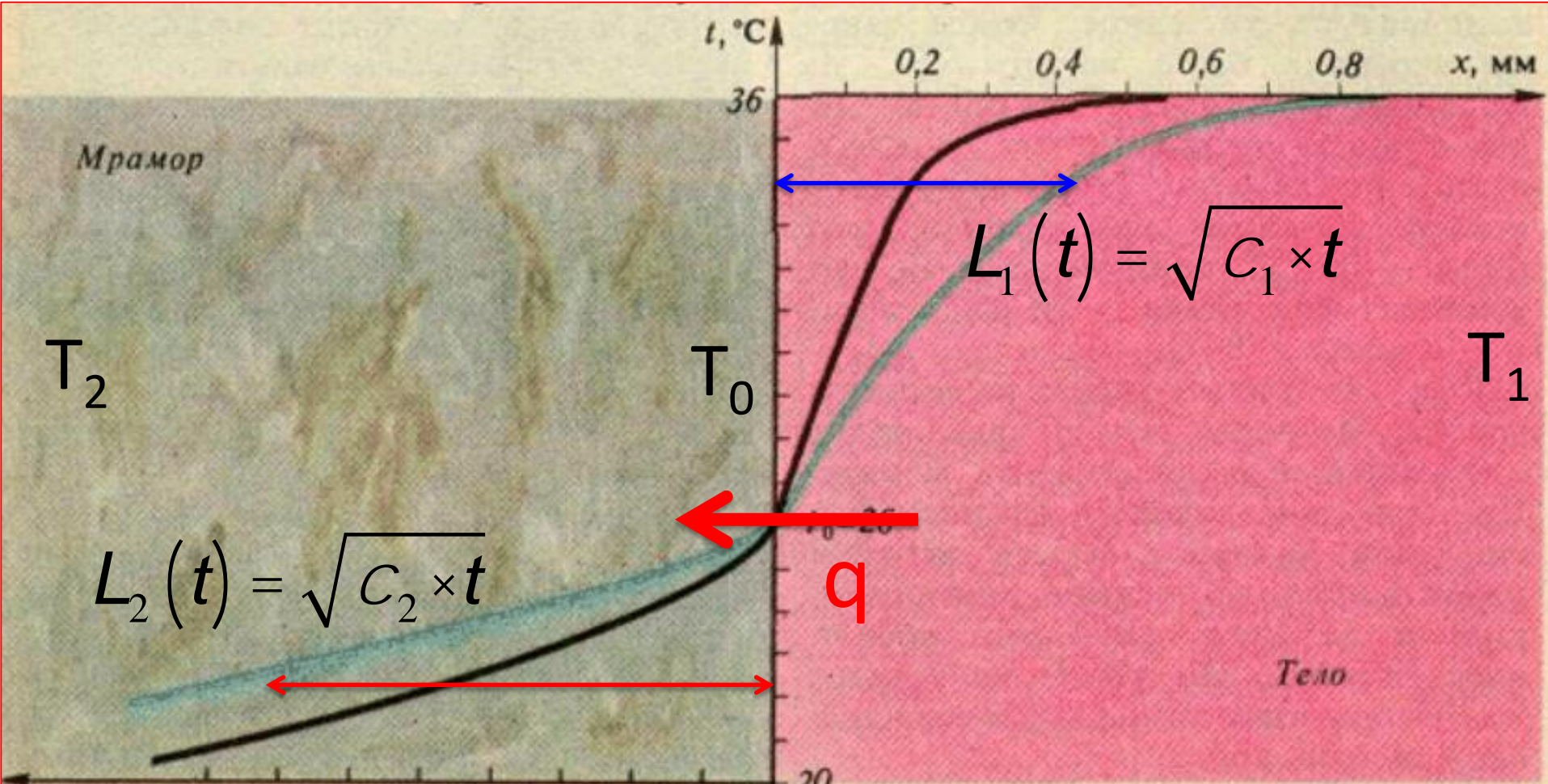
-- il coefficiente di “conducibilità di temperatura”

$$t_{p.R} = \frac{L^2}{C_{impasto}} = \frac{5^2 \times 10^{-6}}{1.4 \times 10^{-7}} \gg 165 \text{s}$$

Tabella dei dati

Materiale	Capacita` specifica termica (c) J/(kg•K)	Conducibilita` termica (κ) W/(m• K)	Densita` (ρ) kg/m ³	Conducibilita` di temperatura (χ) m ² /s	$\nu =$
					$= \sqrt{\frac{\kappa_B c_B \rho_B}{\kappa c \rho}}$
Impasto	$2.2 \cdot 10^3$	0.15	$0.5 \cdot 10^3$	$1.4 \cdot 10^{-7}$	1
Acciaio(AISI 316)	$4.96 \cdot 10^2$	18	$7.9 \cdot 10^3$	$4.5 \cdot 10^{-6}$	0.2
Mattone refrattario	$8.8 \cdot 10^2$	0.86	$2.5 \cdot 10^3$	$4.0 \cdot 10^{-7}$	1.20

Temperatura all'interfaccia tra due semispazi



$$q = \kappa_1 \frac{T_1 - T_0}{\sqrt{\chi_1 t}} = \kappa_2 \frac{T_0 - T_2}{\sqrt{\chi_2 t}}.$$

$$T_0 = \frac{T_1 + nT_2}{1 + n} \quad n = \frac{k_2}{k_1} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

Forno a legna in mattone refrattario o forno elettrico in acciaio?



Impasto/mattone refrattario:

$$v_{wf}=1.20$$

$$T_1=330\text{ }^{\circ}\text{C}, T_2=20\text{ }^{\circ}\text{C}, T_0=160\text{ }^{\circ}\text{C}$$

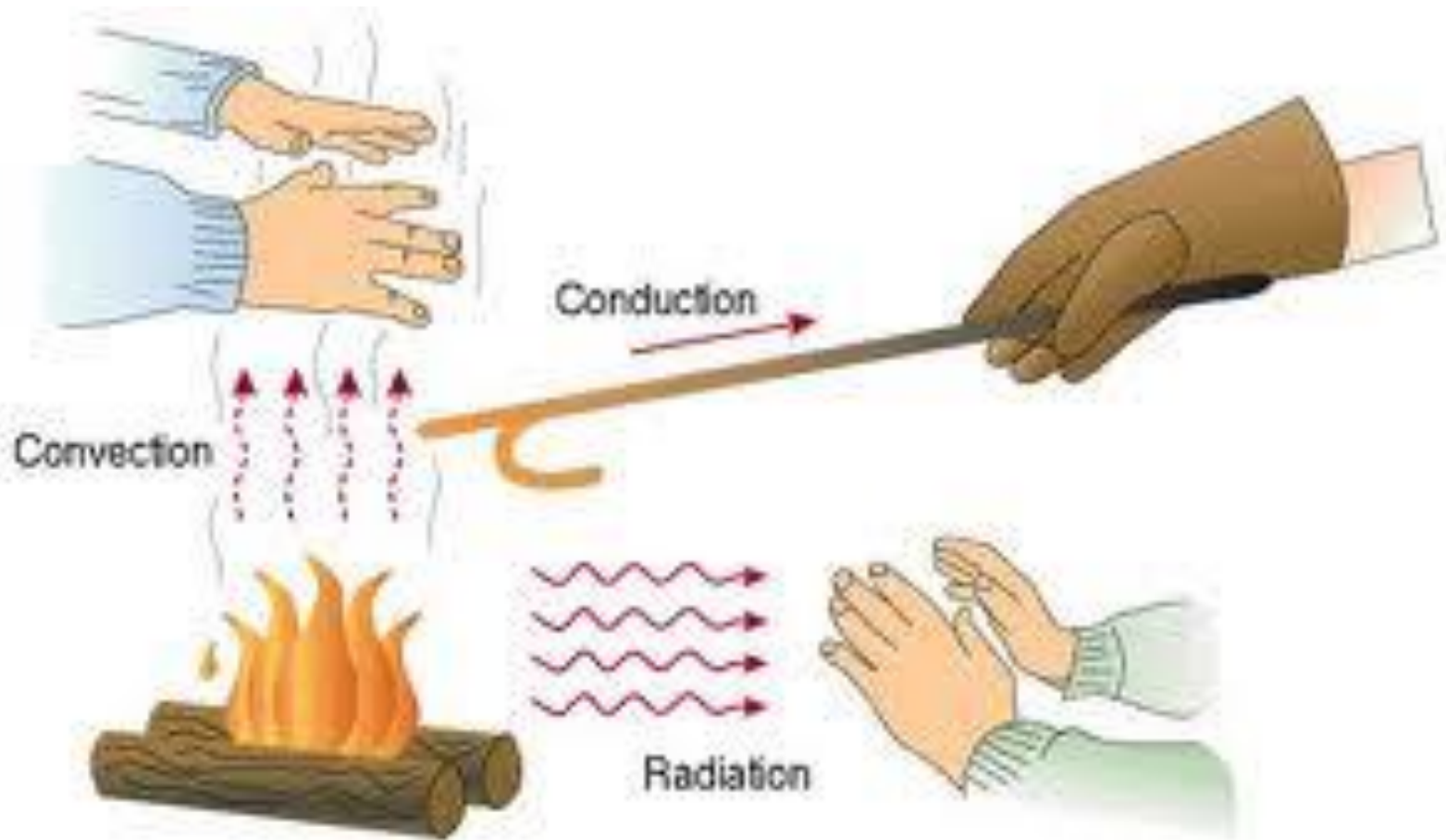
impasto/acciaio: $v_{ws}=0.2$

$$T_1=330\text{ }^{\circ}\text{C}, T_2=20\text{ }^{\circ}\text{C}, T_0=280\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_1=189\text{ }^{\circ}\text{C}, T_2=20\text{ }^{\circ}\text{C}, T_0=160\text{ }^{\circ}\text{C}$$



Tre metodi di trasferimento del calore



Conduzione del calore o radiazione?

Il calore trasferito in 1 cm^2 di pizza attraverso la conducibilità termica via interfaccia e`

$$DQ_{hc}/S = c \cdot \frac{M}{S} \cdot DT = c \cdot r \cdot L \cdot (T_0 - T_2)$$

Il calore irradiato in 1 cm^2 di pizza nel tempo Dt e`

$$DQ_R = S T_{1K}^4 Dt$$

$$S = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} / (\text{K}^4 \times \text{m}^2)$$



Forno a legna in mattone refrattario o forno elettrico in acciaio: numeri a confronto

Massimo trasferimento di calore in 1 cm² di pizza mediante la conducibilità termica via interfaccia (stabiliamo che è riscaldato fino al punto di ebollizione dell'acqua) e':

$$DQ_{hc}/S = c \cdot r \cdot L \cdot DT$$

Forno a legna. $DQ_{hc}^{FL}/S \approx 2.2 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \approx 40 J/cm^2$

Calore trasferito in un 1 cm² di pizza per effetto della radiazione nel forno a legna alla temperatura di 330 °C durante 90 s e':

$$DQ_R^{F.L.} = ST^4Dt = 5.67 \cdot 10^{-8} (600)^4 90s \approx 70 J/cm^2$$

Il calore totale necessario per una cottura ottimale e'

$$DQ_{tot}^{F.L.} \approx (40 + 70) J/cm^2 = 110 J/cm^2$$

Forno elettrico. Il calore trasferito in 1 cm^2 di pizza per effetto della radiazione nel forno elettrico alla temperatura di 190°C nello stesso tempo di 90 s e' solo :

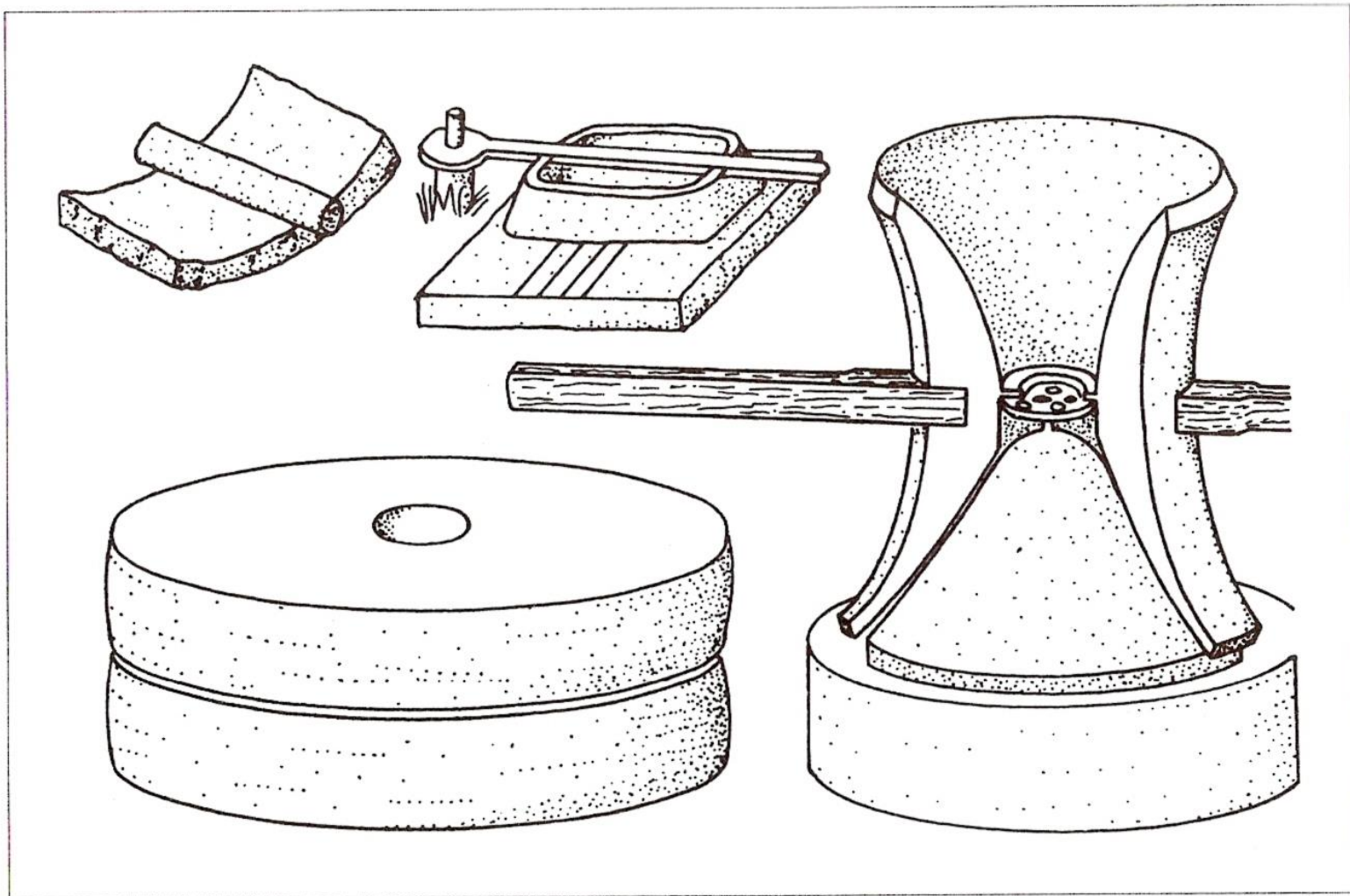
$$DQ_R^E = 5.67 \cdot 10^{-8} (460)^4 90 \text{ s} \approx 24 \text{ J} / \text{cm}^2$$

$$DQ_{tot}^E \approx (40 + 24) \text{ J} / \text{cm}^2 = 64 \text{ J} / \text{cm}^2$$

Cioè, allo scopo di recuperare la perdita di 50 J/cm^2 , la cottura della pizza nel forno elettrico dovrebbe essere quasi 3 volte piu' lunga:

$$DQ_R^{F.L.} = DQ_R^{E*} = 5.67 \cdot 10^{-8} (460)^4 270 \text{ s} \approx 70 \text{ J} / \text{cm}^2$$

$$\text{Di qui, se } Dt^{FL} \approx 90 \text{ s} \quad Dt^E \approx 270 \text{ s}$$

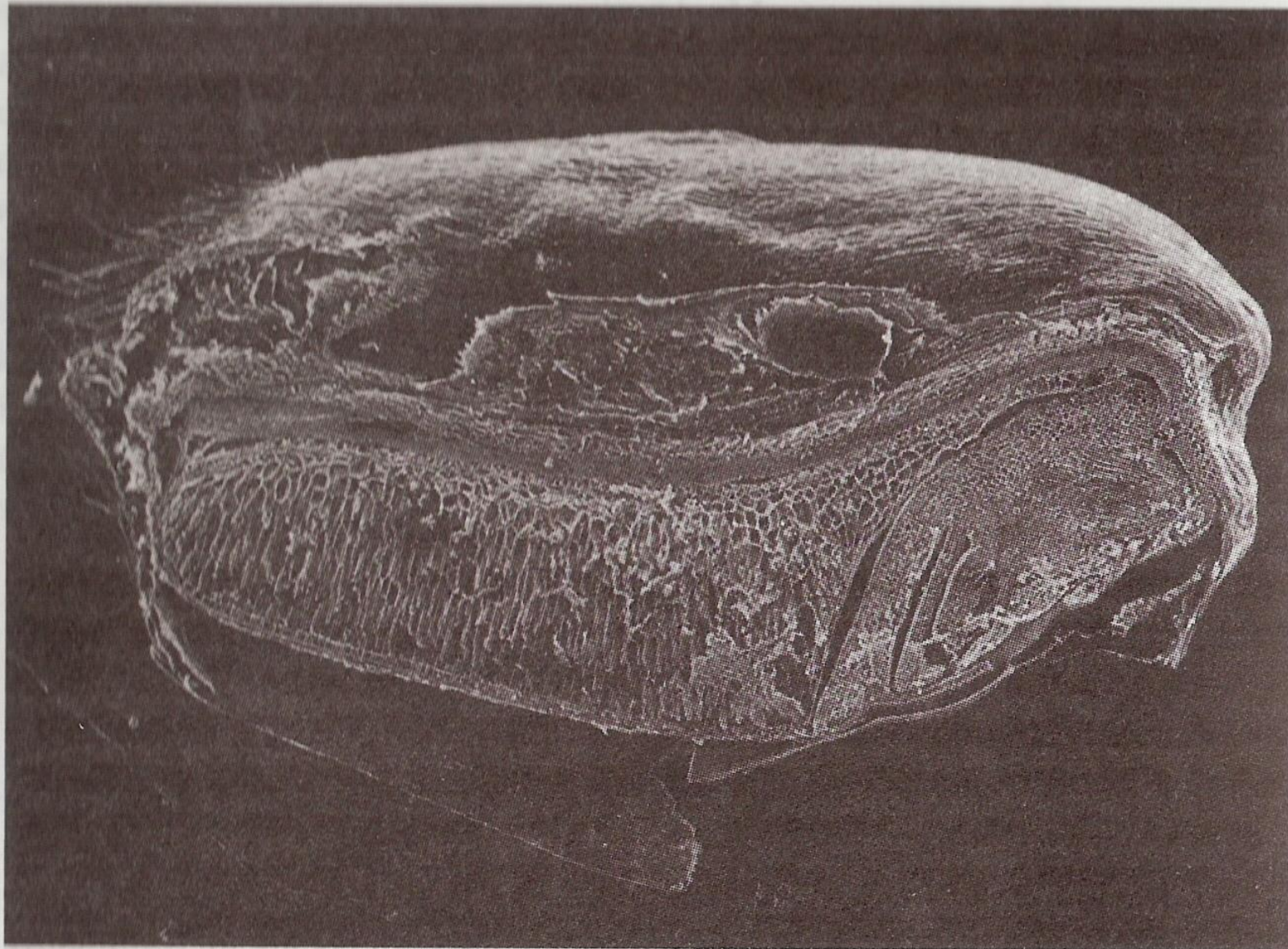


Quattro fasi dell'evoluzione della macina per cereali. *In senso orario, partendo dall'angolo in alto a sinistra*: la macina a sella e quella a leva erano limitate dal fatto che richiedevano un movimento discontinuo. La macina a clessidra, che poteva girare continuamente nella stessa direzione spinta da uomini o animali, era usata comunemente nel mondo romano. Infine le pietre da mulino resero possibile lo sfruttamento di forze più elementari, e vennero usate nei mulini a vento e ad acqua.

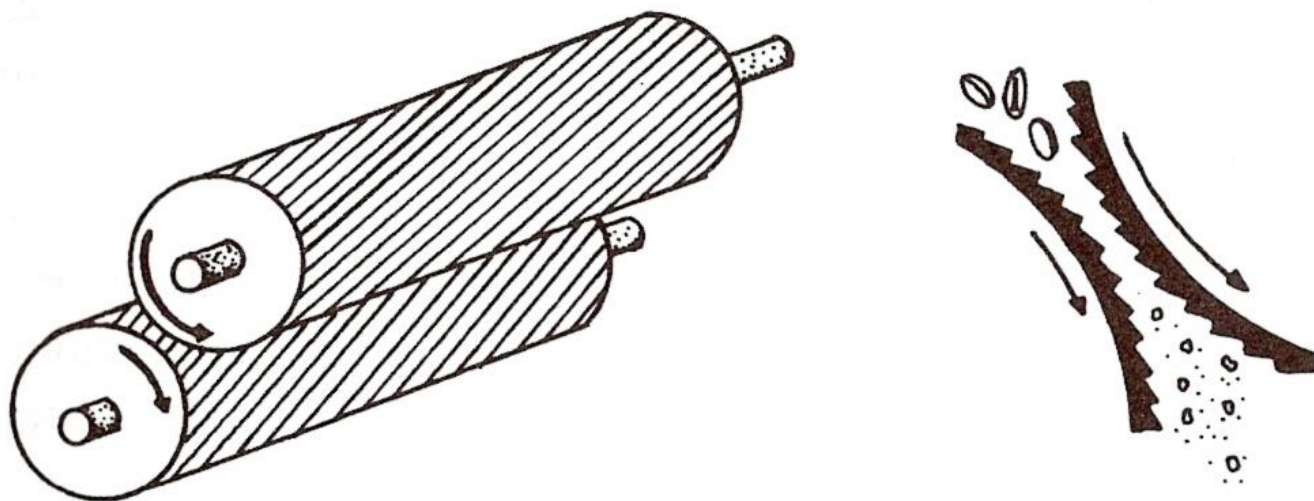
Composizione di diverse farine (%)

Farina	Proteine	Carboidrati
Integrale	13,3	71,0
Semola	12,3	73,5
100% grano duro	11,8	74,5
Universale (uso domestico)	10,5	76,1
100% grano tenero	9,7	76,9
Farina per dolci	7,5	79,4

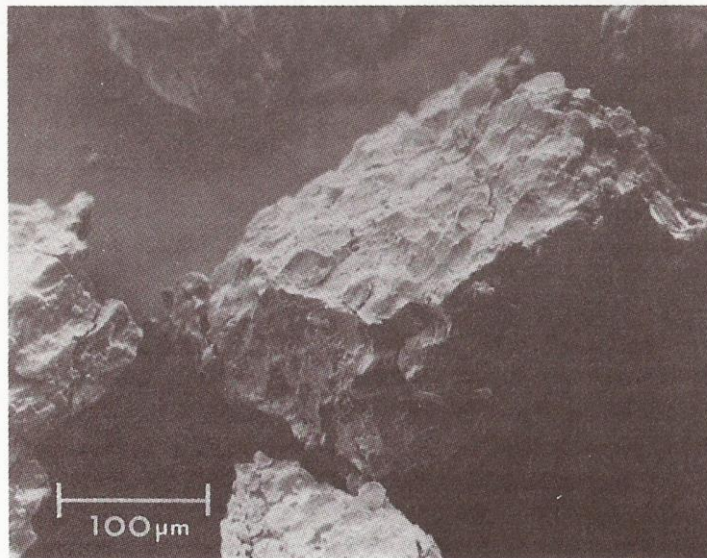
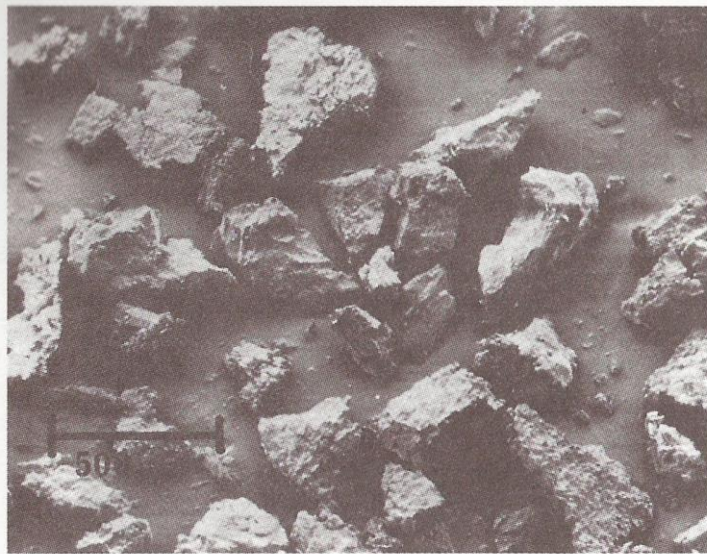
(valori riferiti a un contenuto d'acqua del 12%)



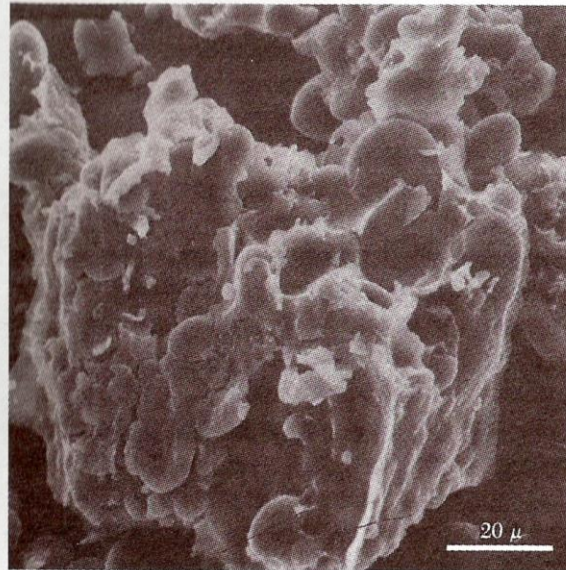
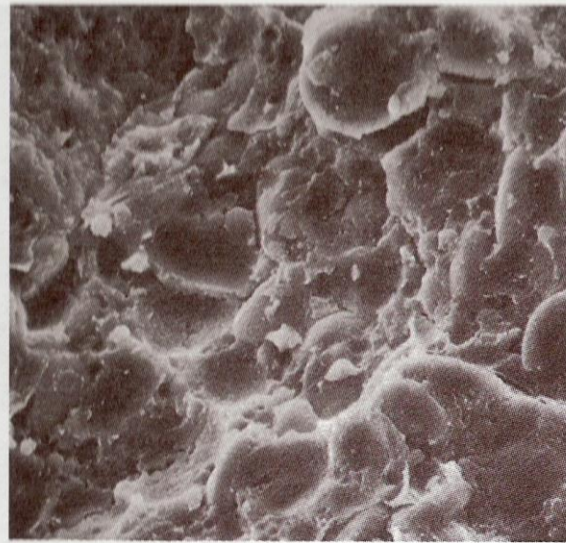
La cariosside del grano prima della macinazione. La sua lunghezza naturale è di circa 6 millimetri. Il germe è sulla destra, e l'endosperma si estende verso sinistra; entrambi sono circondati dalla crusca (p. 265). (Micrografia elettronica a scansione: Ann Hirsch.)



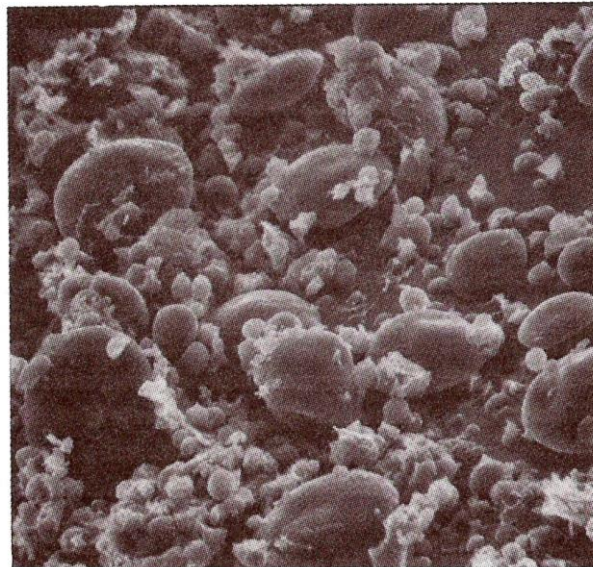
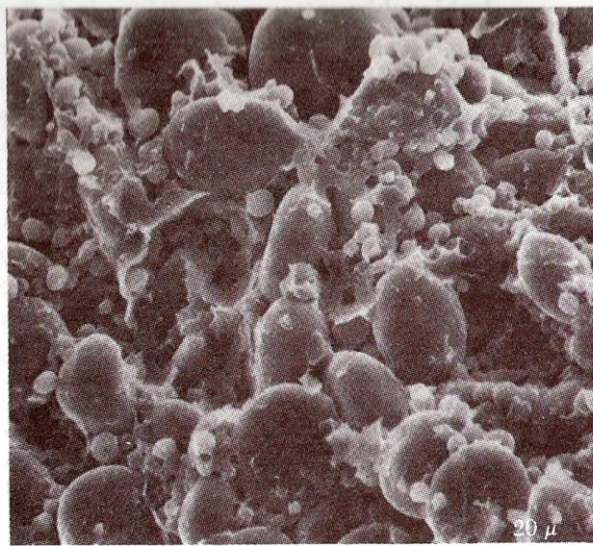
La prima operazione della macinazione consiste nel far passare il grano fra due rulli scanalati, uno dei quali ruota più velocemente dell'altro. Questo tipo di azione separa il germe e la crusca dall'endosperma, che viene poi macinato ulteriormente per produrre la farina.



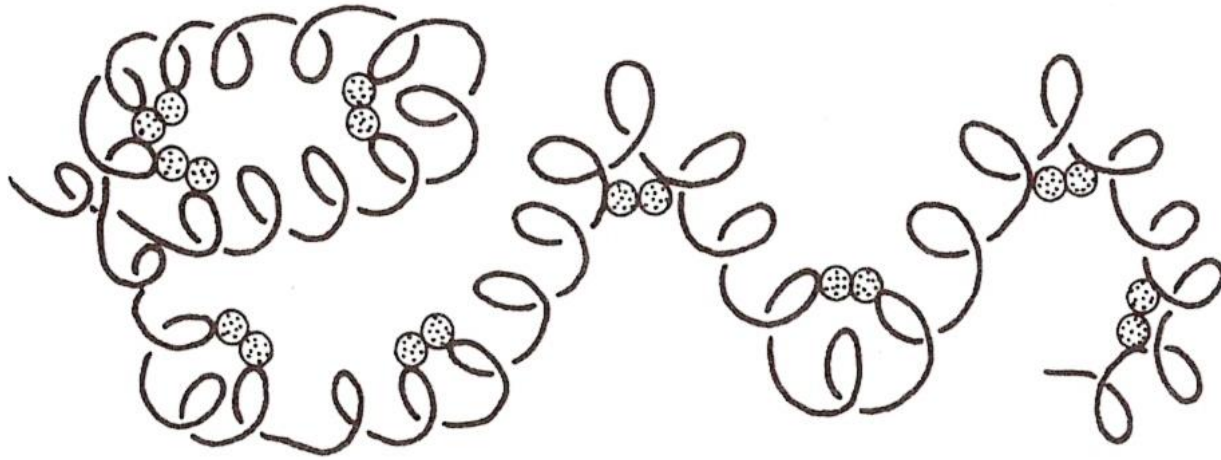
Semola di grano duro (*Triticum durum*) vista al microscopio elettronico a scansione. I frammenti di endosperma sono lunghi circa mezzo millimetro e consistono di una matrice di proteina dura e densa che racchiude granuli di amido. L'assenza di granuli di amido liberi dà luogo a un impasto rigido che si presta bene per la produzione di paste alimentari. (Da Dexter et al., *Cer. Chem.* 55 (1978): 23-30. Illustrazioni fornite da B.L. Dronzek, Dept. of Plant Science, University of Manitoba, Winnipeg.)



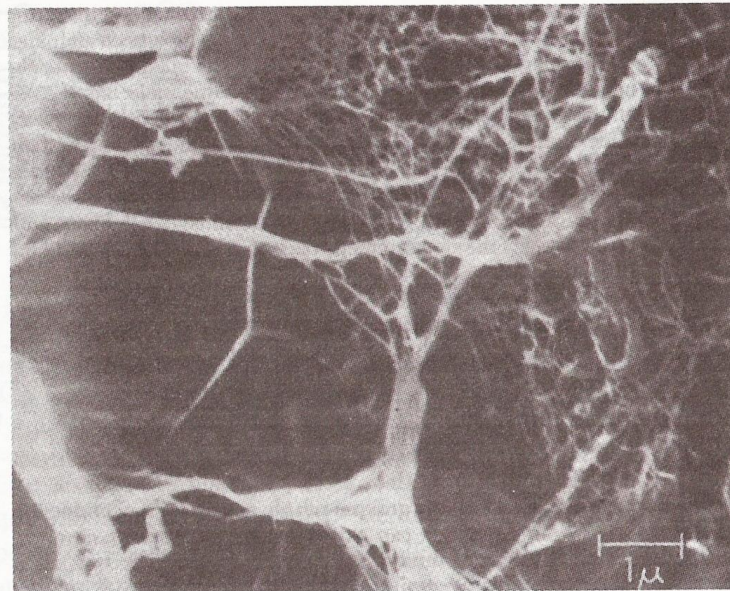
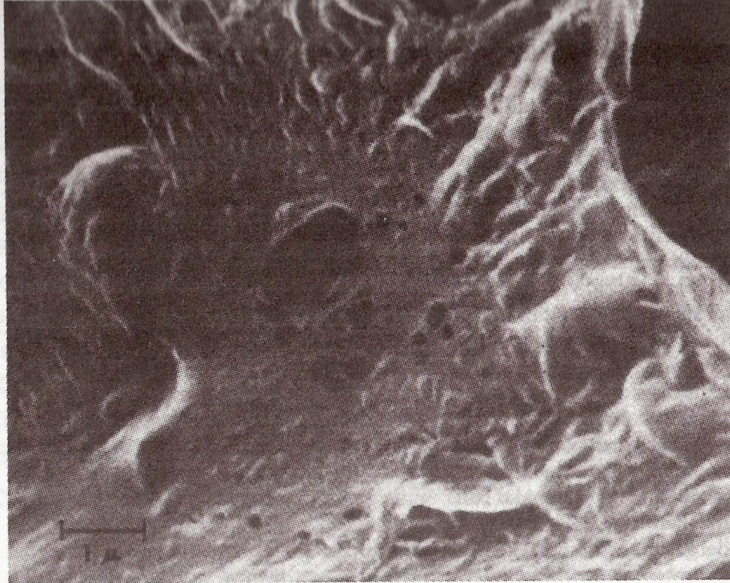
Endosperma di grano duro comune (*in alto*) e la farina da esso ottenuta (*in basso*). La matrice proteica è abbastanza solida e resistente da formare frammenti massicci durante la macinazione, ma in confronto alla semola di durum vi sono molti più granuli di amido, alcuni intatti e altri danneggiati, che sporgono dai frammenti o si trovano liberi nella farina. Questo tipo di farina produce un glutine resistente ed è preferito per fare il pane. (Da Hoseney e Seib, *Bakers Dig.* 47 (1973): 26-28.)



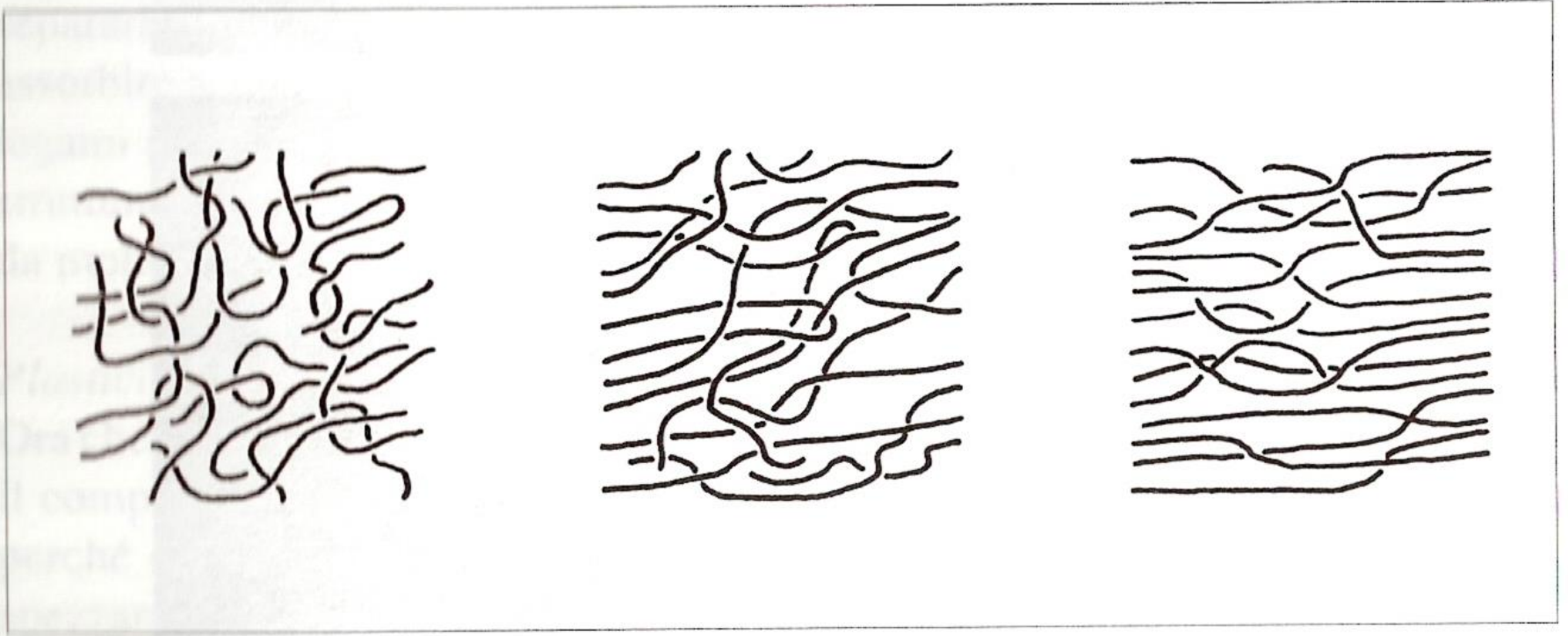
Endosperma di grano tenero (*in alto*) e la farina da esso ottenuta (*in basso*). La proteina contenuta in questo tipo di grano si trova in sezioni deboli e sottili interrotte da granuli di amido e bolle d'aria. Quando è macinata produce particelle molto piccole, fra le quali i granuli di amido hanno le dimensioni maggiori. La farina di grano tenero dà un glutine debole e viene preferita per la preparazione dei dolci. (Da Hosenev e Seib, *Bakers Dig.* 47 (1973): 26-28.)



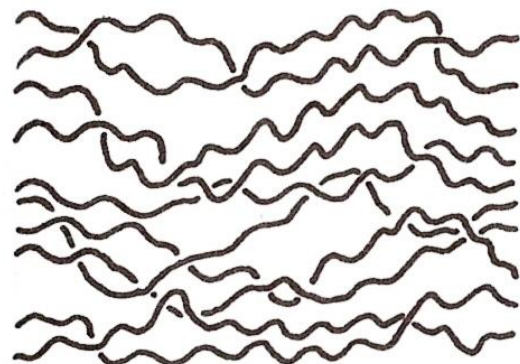
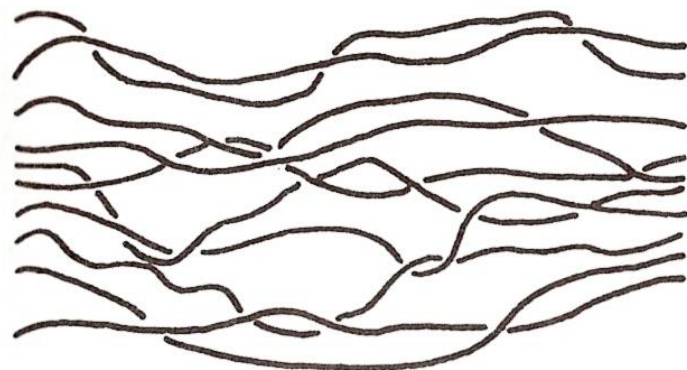
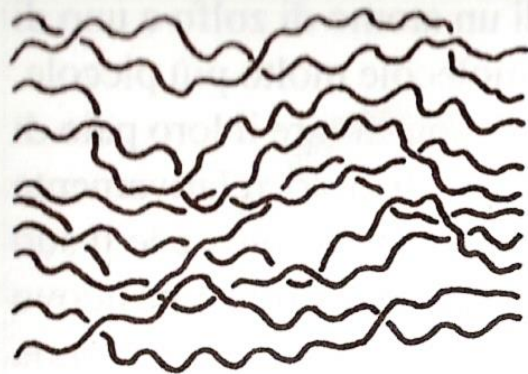
Modello schematico di una molecola di glutine. Si tratta di una catena di amminoacidi molto lunga e avvolta a spirale, con alcuni dei suoi gruppi laterali che si attraggono a vicenda. Questi legami fra diverse spire della catena risultano nella formazione di pieghe e attorcigliamenti.



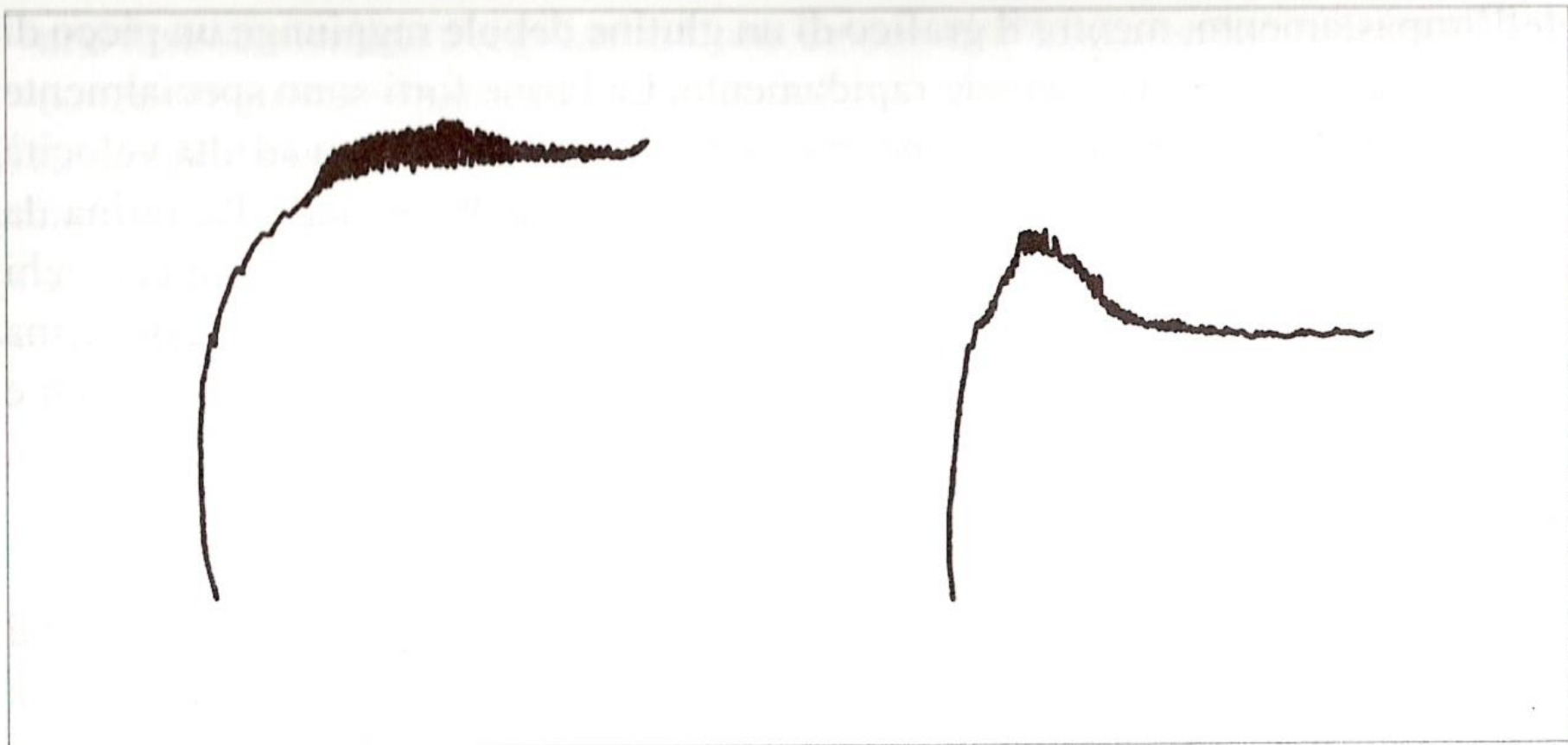
Due momenti della formazione del glutine. Quando l'acqua comincia a mescolarsi con la farina le proteine del glutine sono disposte in modo disordinato in un liquido viscoso (*in alto*). Quando il liquido viene mescolato si trasforma rapidamente in un intrico di fibre (*in basso*) mano a mano che le proteine si distendono e si riuniscono a formare fasci allungati (Da Bernardin e Kasarda, *Cer. Chem.* 50,1973: 735-45.)



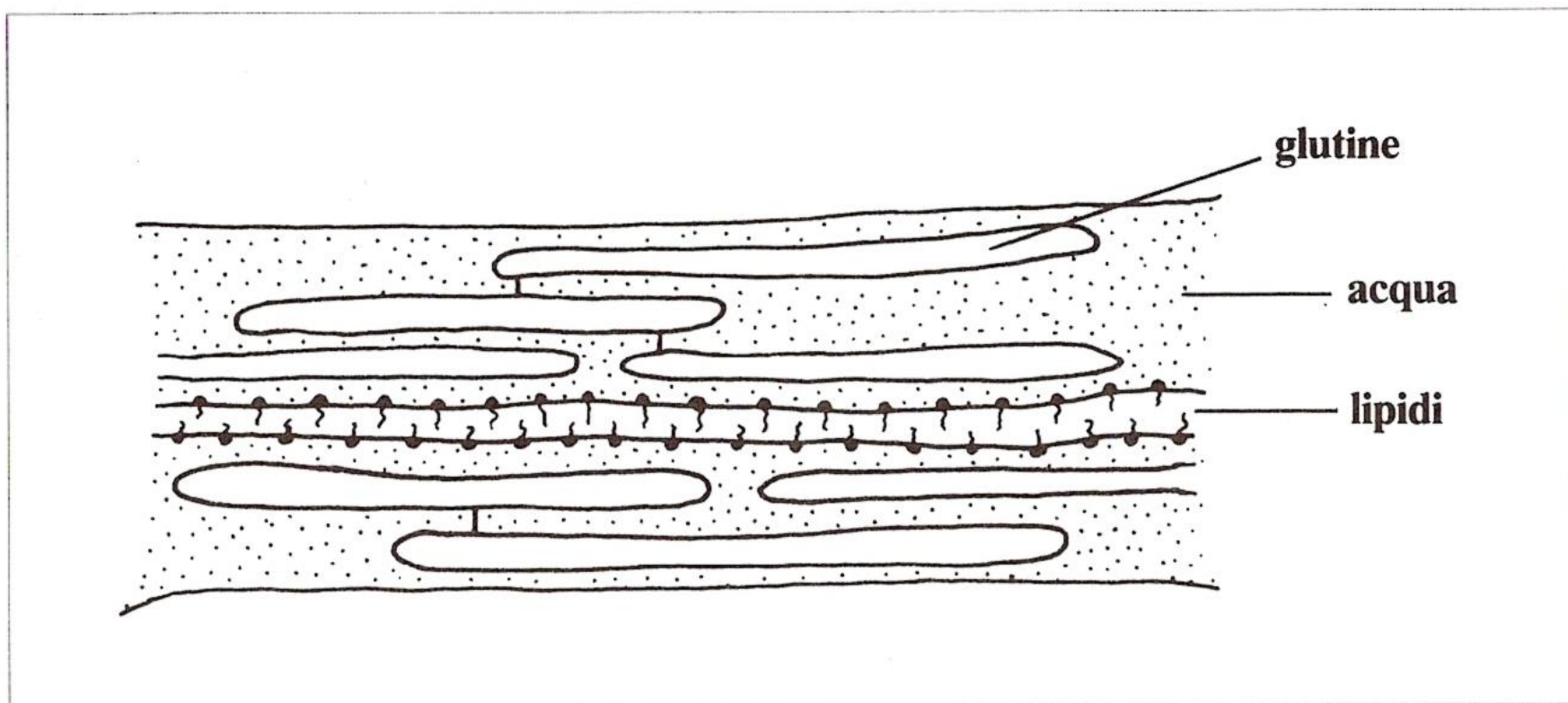
L'azione dell'impastare incoraggia il processo di distensione e di orientamento delle lunghe molecole del glutine, che all'inizio sono disposte in modo disordinato (*a sinistra*). Alla fine si formano fogli di molecole di glutine associate fra loro (*a destra*) e la pasta assume una consistenza liscia e omogenea.



La pasta del pane è elastica perché le molecole di glutine, pur essendo allineate nella stessa direzione, conservano molte pieghe (*in alto*). Quando una massa di glutine viene tirata i legami delle pieghe si spezzano, le proteine si allungano e la massa si distende (*al centro*). Quando si smette di tirare i legami tornano a formarsi e la pasta ritorna alla sua forma originale.



I farinogrammi sono rappresentazioni grafiche della forza della pasta. La punta scrivente va tanto più in alto quanto più la pasta resiste al movimento del braccio dell'impastatrice. Una farina forte produce una pasta che diventa molto rigida, e rimane tale anche se impastata a lungo (*a sinistra*). Una farina debole dà una pasta che non diventa altrettanto rigida, e che si disgrega se viene impastata dopo che si è formata (*a destra*).



Questo modello della struttura della pasta è un tentativo di spiegare l'osservazione che i lipidi della farina sono necessari per la giusta espansione della pasta durante la panificazione. Gli strati di oli del grano lubrificano i fogli di glutine, permettendo a questi ultimi di scivolare l'uno sull'altro e quindi di fare spazio per l'espansione delle bolle nel forno. (Adattato da Grosskreutz, *Cer. Chem.* 38 (1961); 336-49.)

Cottura della pasta in forno

AVVIENE IN TRE FASI

1. Inizia quando si inforna e termina quando l'interno della pasta ha raggiunto circa 60 °C e le cellule di lievito sono morte.
Rappresenta circa un quarto del tempo di cottura.

Cottura della pasta in forno

2. La seconda fase rappresenta circa la metà del tempo di cottura. Il centro della pasta raggiunge la massima temperatura appena al di sotto del punto di ebollizione dell' acqua. Il glutine e l' amido si trasformano, ottenendo il prodotto finale aerato e consistente.

Trasformazioni del glutine e dell' amido nella seconda fase

- Questi cambiamenti hanno luogo quasi contemporaneamente (l' amido gelatinizza a circa 60° C e le proteine coagulano a 70° C) e sono un classico esempio di collaborazione. I granuli di amido si comportano come una specie di rinforzo del glutine; forniscono a questo una superficie solida a cui aderire e tendono ad allinearsi lungo le pareti delle bolle di gas. Dato che sono particelle separate, sono in grado di cambiare posizione a mano a mano che le bolle cambiano forma.

Trasformazioni del glutine e dell' amido nella seconda fase

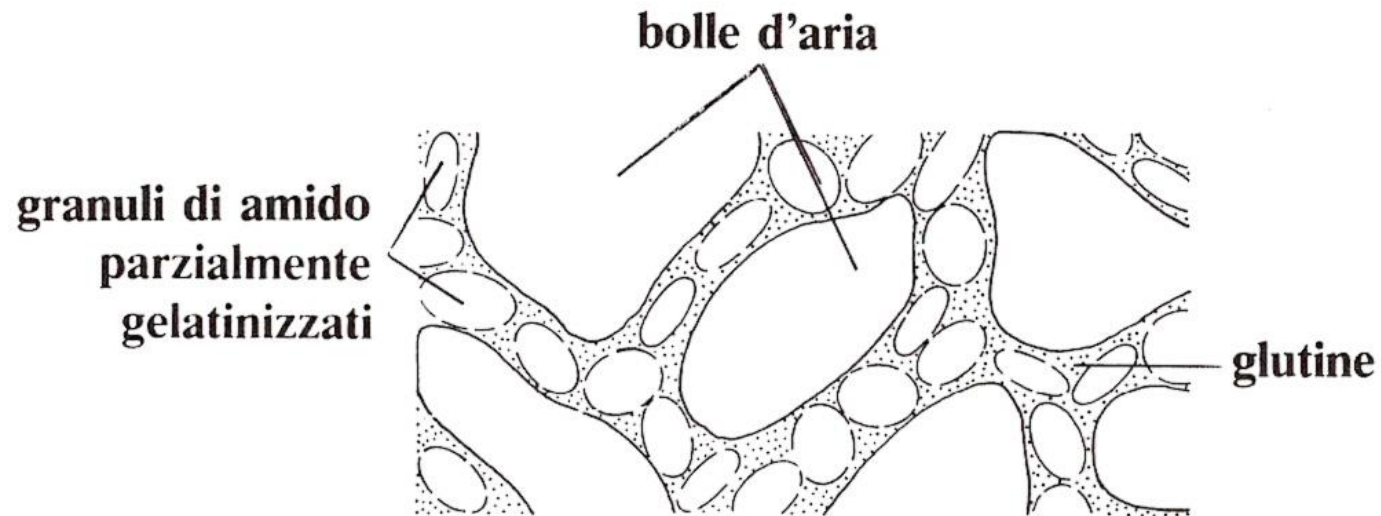
- Poiché l' amido assorbe più acqua quando la temperatura aumenta, questo libera il glutine dall' acqua che perde mentre le proteine coagulano. Le lunghe catene delle proteine si allineano l' una all' altra formando legami rigidi e in tal modo spingono fuori le molecole d' acqua che occupano gli interstizi. I granuli di amido possono trattenere una grande quantità di acqua (fino a circa 10 volte il loro peso), mentre il glutine libera soltanto una piccola parte di acqua, pertanto l' amido della pasta cotta è sempre gelatinizzato soltanto in parte.

Trasformazioni del glutine e dell' amido nella seconda fase

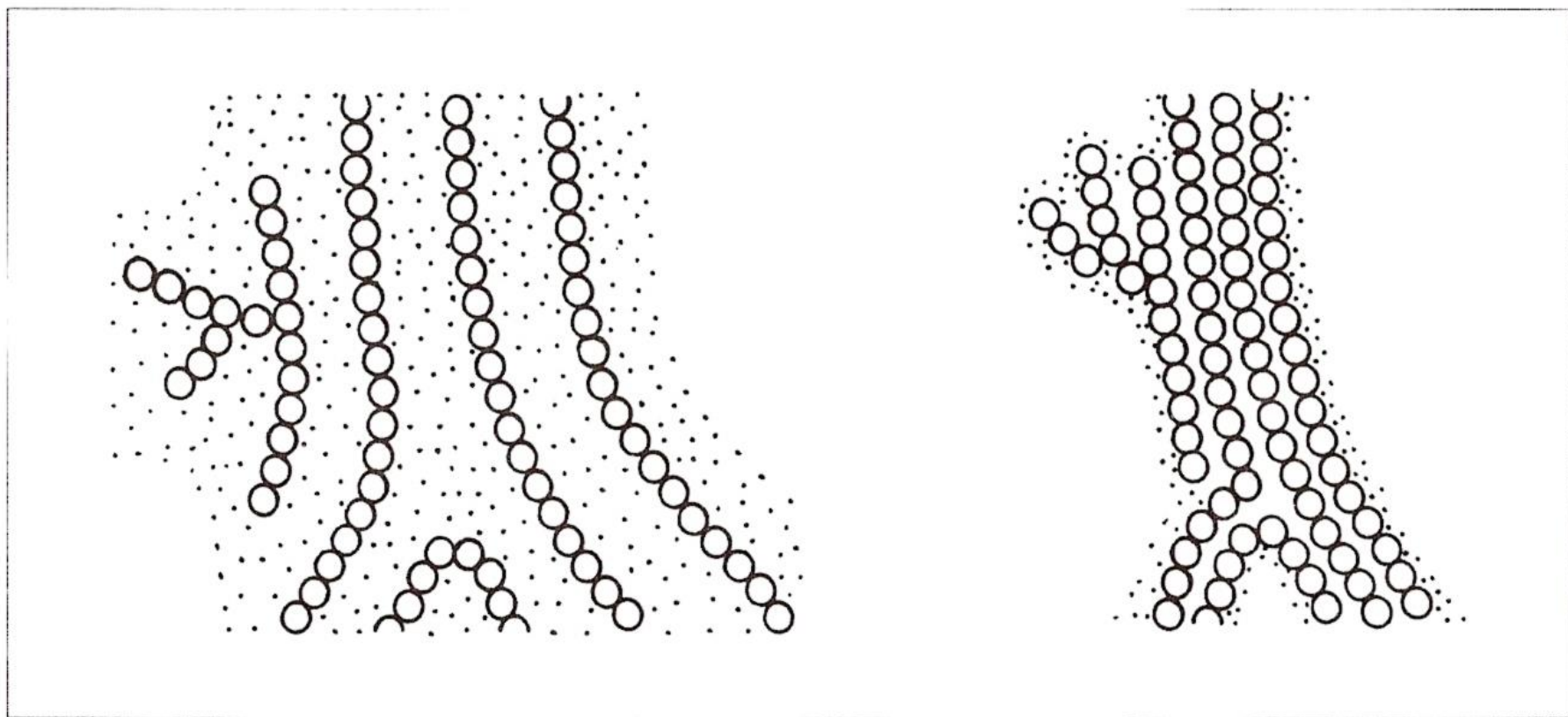
- Durante la gelatinizzazione le molecole lineari di amilosio migrano fuori dal granulo e formano strutture con l' acqua intorno al granulo. Questa perdita d' amido disgrega le regioni cristalline del granulo e le molecole di amilopectina così liberate vengono circondate dall' acqua. Il granulo si espande e diventa più soffice. L' amido parzialmente gelatinizzato diventa più consistente, non durante la cottura come il glutine, ma più tardi quando la pizza si raffredda.

Cottura della pasta in forno

3. Nell' ultimo quarto del tempo di cottura, cioè la terza fase, si completano i cambiamenti fisici e chimici iniziati nella seconda fase e iniziano le reazioni di caramellizzazione che danno luogo alla doratura, migliorando sia il colore sia il sapore della pizza.



Schema della struttura del pane. I granuli di amido contribuiscono a rinforzare le pareti di glutine che circondano le bolle d'aria.



La ricristallizzazione dell'amido dopo la cottura. Le molecole di amido (lunghe catene di unità di glucosio) ritornano lentamente a formare una massa compatta (a *destra*) espellendo l'acqua che le separa l'una dall'altra e dando al pane una consistenza asciutta e friabile.