

PREMISELE TEORETICE ALE MODELĂRII MATEMATICE A PROCESULUI DE COACERE A PÂINII

David Adriana-Paula*, N. Burnete**

**Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Clu-Napoca, dayadavid2003@yahoo.com*

***Universitatea Tehnică, Cluj-Napoca*

Abstract: *The industrial practice in bread making is to bake bread in an oven that is controlled at a constant temperature. Due to the oven structure, the bread effectively experiences four major temperature zones. On the other hand, temperature in each zone is the dominating factor on the baking mechanisms including gelatinisation, enzymatic reaction and browning reaction, therefore the final bread quality. This research aims to establish an optimal temperature profile for white-sandwich bread to achieve the best product quality. Experiments were conducted by a multi-level partial factorial design, where dough was baked in a process with 4 equally divided zones. Mathematical models were established to describe the effects of tin temperature and baking time in bread quality attributes*

Keywords: bread, optimal temperature, white-sandwich bread;

INTRODUCERE

În procesul tehnologic de obținere al pâinii, aluatul este trasformat în produs finit cu caracteristici specifice: culoare aurie până la brun-aurie, formă, volum și aromă specifică, produs ușor digerabil, obținut sub influența temperaturilor ridicate din timpul procesului de coacere. Pentru obținerea unor produse cu indici de calitate corespunzători, procesul tehnologic trebuie controlat și urmărit de la materia primă până la produsul finit. În cadrul procesului de coacere o mare importanță pentru calitatea produsului finit o are ritmul de creștere a temperaturii, cantitatea de căldură din timpul procesului, umiditatea și timpul de coacere. În timpul procesului de coacere a aluatului procese cele mai evidente care au loc sunt: creșterea în volum, formarea cojii, inactivarea/distrugerea drojdiei și a enzimelor, coagularea proteinei, gelificarea parțială a amidonului și reacția Maillard. (Pylar, 1988).

Operația de cocere a aluatului poate fi împărțită în trei faze.

MATERIAL ȘI METODĂ

-Prima fază se referă la $\frac{1}{4}$ din timpul de coacere. Pe parcursul acestei faze are loc creșterea de temperatură a cărei ritm este în medie de $4 - 7 \text{ }^\circ\text{C} / \text{minut}$ până la $60 \text{ }^\circ\text{C}$ în miez, în temperatura atinsă în coajă este de $100 - 120 \text{ }^\circ\text{C}$, datorită creșterii de temperatură are loc o accelerare a procesului enzimatic și a ritmului de dezvoltare a drojdiilor, ca urmare fermentarea este intensificată, cantitatea de dioxid de carbon degajată este mare și creșterea în volum a produselor de panificație – paiserie este de aproximativ $\frac{1}{3}$ din volumul inițial. Mai

mult, la suprafață are loc formarea cojii datorită deshidratării și faptului că au loc reacțiile de caramelizare a zaharurilor și reacției Mayllard.

-În faza a II – a au loc creșteri de temperatură în miez cu 5,4 °C / minut până la 98,4 – 99 °C, după care rămâne constantă. La această temperatură transformări ca: evaporarea apei, coagularea proteinelor și gelificarea amidonului ating intensitatea maximă. Aluatul devine pâine cu structură specifică, afântă a miezului și coaja care este o crustă de culoare brun – aurie a cărei temperatură crește până la 150 °C.

- În faza a III – a coacerii se mențin temperaturile din faza a II – a a coacerii. În această fază se definitivează caracteristicile specifice a pâinii, se intensifică reacțiile Mayllard, drojdiile sunt complet distruse, se definitivează culoarea cojii și are loc volatilizarea substanțelor organice care indică formarea tuturor caracteristicilor organoleptice și fizico-chimice ale produsului finit. (Swortfiguer, 1968).

În industrie se utilizează cuptoare care indiferent de modul de funcționare au o temperatură prestabilită pentru fiecare etapă de coacere. În cazul cuptorului de pâine utilizat trece prin patru zone de temperatură sau patru etape de coacere cu temperatură specifică. Temperatura din fiecare zonă sau etapă este stabilită astfel încât procesul de coacere să fie optim, transformările care au loc fiind: gelatinizarea amidonului, favorizarea proceselor enzimatice, caramelizarea zaharurilor pentru formarea culorii și reacția Mayllard pentru formarea substanțelor de aromă, având ca efect obținerea unor produse de calitate superioară. Acest capitol are ca scop obținerea unui model matematic pentru descrierea evoluției temperaturii în timpul procesului de coacere a pâinii și a produselor de panificație patiserie, și a modului în care această evoluție influențează principalele caracteristici calitative ale produsului finit cum ar fi: culoarea cojii, temperatura în centrul termic al produsului și pierderile în greutate la coacere. În cazul optimizării temperaturii rezultatele urmărite sunt reducerea pierderilor în greutate și obținerea produselor cu indici de calitate superiori.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Pentru realizarea modelului matematic am utilizat un număr de 35 experimente parțiale. În realizarea modelului am utilizat cinci variabile: pierderea în greutate, culoare cojii superioare, culoarea laterală a cojii, culoarea cojii înspre vatră, aspectul exterior al produsului copt și temperatura cojii. Timpul de coacere a pâinii a fost împărțit egal pe cele patru zone ale cuptorului sau a celor patru etape de coacere.

Aluatul a fost preparat în cuva malaxorului. Au fost preparate șase bucați de aluat după următoarea rețetă: 59,5 % făină, 1,8 % drojdie, 1,2 % sare, 1,2 % grăsime și 36,3 % apă. Bucățile de aluat au fost modelate, puse în formă și coapte în cuptor în condițiile de mediu stabilie (temperatura 220 – 250 °C, umiditate 75 – 85 %).

Temperatura a fost monitorizată astfel: temperatura cuptorului la partea superioară, temperatura la nivelul vetrei și temperatura pâinii în centrul geometric (care teoretic ar trebui să fie și centru termic al produsului).



Fig. 2. Pozițiile de monitorizare a temperaturii în pâine la coacere: 1 coaja superioară, 2 coaja laterală, 3 temperatura în centrul termic al pâinii.

Pierderile din timpul procesului de coacere au fost calculate prin determinarea diferențelor apărute între greutatea inițială a bucaților de aluat și greutatea pâinii coape.

Aspectul exterior al pâinii este un atribut important al produselor de panificație și patiserie, atribut care influențează în mod direct preferințele consumatorilor. Culoarea este determinată de compoziția chimică a aluatului, umiditatea din mediul de coacere și temperatura mediului care influențează direct reacția Mayllard și caramelizarea zaharurilor. Culoarea crustei poate fi determinată prin compararea cu o scală etalon sau cu ajutorul colorimetrului CR- 310 (fig. 3). Pentru a nu exista diferențe între cele două moduri de determinare echivalarea pentru limitele acceptate sunt prezentată în tabelul 1.

Tabelul 1

Valorile obținute la determinarea culorii cojii

Parametrul	Puncte acordate la compararea cu scala etalon [puncte]	Valoarea determinată cu colorimetrul CR 310
Coaja superioară	50 – 60	50 – 60
Coaja laterala	60 – 72	60 - 72
Coaja inferioară (spre vatră)	54 – 62	54 - 62
Aspect exterior (media indicilor anteriori)	53 – 65	53 - 65

Valoarea este cu atat mai mica cu cat culoarea este mai închisă.

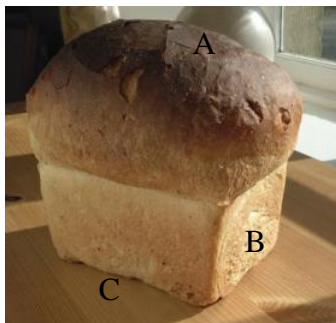


Fig. 3. Pozițiile pentru măsurarea culorii cojii: A – coaja superioară, B – coaja laterală, C – coaja inferioară. Media culorii cojii=(A+B+C)/3.

Condițiile de coacere și temperaturile specifice

În timpul fiecărui experiment în cuptor au fost monitorizate temperaturile la partea superioară, laterală, în centrul termic și la nivelul vetrei cuptorului.

Reprezentarea schematică a evoluției temperaturilor se poate vedea în fig 4.

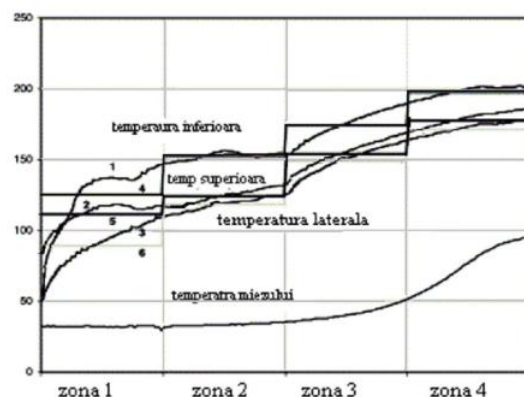


Fig. 4. Profilul temperaturilor: (1) temperatura inferioară, (2) temperatura superioară, (3) temperatura laterală, (4) media temperaturilor inferioare, (5) media temperaturilor superioare, (6) media temperaturilor laterale, (7) temperatura miezului.

Schemele au fost obținute la monitorizarea cu ajutorul senzorilor de temperatură în interiorul cuptorului. Odată cu stabilirea temperaturii a fost stabilită și viteza de circulație a aerului pentru a facilita transferul termic și distribuția cât mai uniformă a umidității în interiorul cuptorului și în zonele de coacere. Am obținut un număr de 45 de seturi de date prin reglarea temperaturii, vitezei de circulație a aerului și a timpului de coacere. La final am determinat temperatura medie măsurată în fiecare zonă iar valorile obținute au fost utilizate pentru modelarea procesului de coacere a pâinii.

În tabelul 2 sunt prezentate câteva valori ale temperaturii, vitezei de circulație a aerului în diferite zone ale cuptorului la diferite determinări.

Se poate observa că temperatura laterală este, de fiecare dată, mai mică decât temperatura inferioară și superioară a cuptorului, lucru explicat datorită formei cuptorului și spațiului liber mic dintre bucățile de aluat, fapt ce afectează circulația aerului fierbinte, și în consecință se crează o zonă mai rece. Temperatura este mai mare la vatră în cazul cuptorului cu încălzire sub vatră, datorită distanței mai mici dintre sursa de caldură și formă și la partea superioară în cazul utilizării cuptoarelor cu încălzire superioară sau a utilizării ventilatoarelor pentru a facilita circulația aerului. În zona dintre temperaturile superioare și inferioare nu au fost diferențe semnificative, lucru explicat prin faptul că s-a făcut o preîncălzire a cuporului înainte de introducerea bucăților de aluat în cuptor.

Diferitele profile de temperatură au generat diferite temperaturi la nivelul cojii, temperaturi care au avut drept rezultat diferite pierderi în greutate și au influențat modul de desfășurare al unor reacții termice cum ar fi caramelizarea zaharurilor, gelatinizarea amidonului și reacțiile enzimaice, cu efect direct asupra indicilor de calitate ai pâinii.

Tabelul 2.**Exemple de profile de temperatură și viteză de circulație a aerului**

Exemple	Zona	Timp de coacere [min]	Temperatură setată [°C]	Viteza de circulație a aerului [m/s]	Media temperaturii [°C], S/M/I
I	1	6	180	0	105/80/101
	2	6	180	0	123/113/136
	3	6	180	0	151/141/164
	4	6	180	0	164/155/174
II	2	6,5	195	0,8/0,4	143/115/142
	3	6,5	195	0,8/0,4	160/149/172
	4	6,5	195	0,8/0,4	170/158/179
	5	6,5	195	0,8/0,4	175/163/182
III	1	6,0	210	1,8/1,6	147/130/154
	2	6,0	180	0	156/143/168
	3	6,0	210	1,8/1,6	162/154/172
	4	6,0	180	0	176/168/187
IV	1	7	210	1,8/1,6	168/137/165
	2	7	210	1,8/1,6	187/170/188
	3	7	210	1,8/1,6	194/177/192
	4	7	210	1,8/1,6	199/183/196
V	1	7	180	0	125/96/109
	2	7	210	1,8/1,6	152/148/158
	3	7	210	1,8/1,6	162/155/163
	4	7	180	0	170/161/168

BIBLIOGRAFIE

1. Pylar, 1988. E.J. Pylar Baking science & technology, Vol. II (3rd ed.), Sosland Publishing Company, Merriam (1988).
2. Swortfiguer, 1968. M.J. Swortfiguer , Dough absorption and moisture retention in bread. Baker Digest 42 4 (1968), pp. 42–44.