



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ОБ'ЄДНАННЯ УКРХЛІБПРОМ  
АСОЦІАЦІЯ УКРКОНДПРОМ  
ASSO INTERNATIONAL  
ВСЕУКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ ПЕКАРІВ  
ІНСТИТУТ ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСІВ

**МАТЕРІАЛИ**  
**Міжнародної науково-  
практичної конференції**  
**«Інноваційні технології у**  
**хлібопекарському виробництві»**  
**та**  
**Міжнародної науково-  
практичної конференції**  
**«Здобутки та перспективи**  
**розвитку кондитерської галузі»**



Київ 2024

# МАТЕРІАЛИ

VIII Міжнародної науково-практичної  
конференції  
**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У  
ХЛБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

17 вересня 2024 р.

та

XI Міжнародної науково-практичної  
конференції  
**ЗДОБУТКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ  
РОЗВИТКУ КОНДИТЕРСЬКОЇ ГАЛУЗІ**

18 вересня 2024 р.

**Київ-2024**

УДК 664.6

Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі». – К.: НУХТ, 2024. – 174 с.

ISBN 978-966-612-337-7

Збірник включає в себе матеріали доповідей учасників міжнародних науково-практичних конференцій «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві», яка відбулася 17 вересня 2024 року та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі», яка відбулася 18 вересня 2024 року в м. Києві. Матеріали присвячено вирішенню актуальних питань хлібопекарської та кондитерської галузей, зокрема шляхам покращення якості хлібобулочних та кондитерських виробів, проблемам розширення асортименту, в тому числі і створенню нових виробів спеціального призначення.

Збірник призначений для фахівців хлібопекарської та кондитерської галузі, інженерно-технічних працівників, потенційних інвесторів, викладачів вищої школи, здобувачів вищих навчальних закладів та всіх, хто цікавиться актуальними проблемами хлібопекарської і кондитерської галузі.

Видається в авторській редакції

ISBN 987-966-612-337-7

© НУХТ, 2024

## ЗМІСТ

### ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

1	<i>Ковбаса В.М.</i> Ювілейні дати кафедри та університету	13
2	<i>Дробот В.І.</i> Хліб в умовах сьогодення	24
3	<i>Жигунов Д.О., Волошенко О.С., Ковтун А.В.</i> Перспективи використання тесту SRC на борошномельних заводах	26
4	<i>Науменко О.В., Богдан Г.С., Гетьман І.А., Чиж В.М.</i> Хлібопекарські закваски на основі композицій молочнокислих бактерій та дріжджів	28
5	<i>Волощук Г.І., Букишина Л.С., Пашова Н.В.</i> Використання нетрадиційної сировини у виробництві хліба із борошна житнього	32
6	<i>Ланська В.Д., Федорова Д.В.</i> Технологія безглютенового хліба з борошна сорго на рисовій заквасці зі стартовою культурою LV-1 Livendo™	34
7	<i>Богачов Ю.В., Білик О.А.</i> Дослідження властивостей м'якушки хліба отриманого двоетапним випіканням в процесі зберігання	39
8	<i>Бараболя О.В.</i> Якість хліба в залежності від якості борошна	41
9	<i>Боровікова Н.О., Шаніна О.М., Гавриш Т.В.</i> Дослідження мікрофлори безглютенового дріжджового рисового хліба в процесі зберігання	43
10	<i>Бурченко Л.М., Білик О.А.</i> Використання нетрадиційної сировини у виробництві хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності	45
11	<i>Горайнова Ю.А., Сорока Л.І., Куліков В.О., Куєвда М.В.</i> Про важливість практичної підготовки студентів ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського спеціальності 181 «Харчові технології» на прикладі ТОВ «Криворіжхліб ТД»	47
12	<i>Hryshenko A., Vohnyuyi V.</i> Research on the influence of spices on the quality of organic breadsticks (grissini)	49
13	<i>Дудко С.Д.</i> Кінетика теплового потоку на поверхні тістових заготовок хлібобулочних виробів під час випікання	50
14	<i>Ivanišová, E., Ušák, B., Harangozo, L</i> Medicinal plants as a functional component in the production of wafers	55
15	<i>Іжєвська О.П., Маслійчук О.Б.</i> Порошок насіння фініків та його перспективна роль для надання хлібобулочним виробам оздоровчого значення	56
16	<i>Іскра С.І., Бондаренко Ю.В.</i> Використання ізоляту сироваткового білка у виробництві пшенично-висівкового хліба	58
17	<i>Tsira Khutsidze, Giorgi Pkhakadze, Maria Silagadze, Eliza Pruidze</i> Technology of preparation of gluten-free fermented flour semi-finished products	60
18	<i>Кирнична У.І., Кравченко Х.Ю.</i> Сучасні підходи до виробництва безглютенового хліба	65
19	<i>Ковальова В.П., Ковальов М.О., Макаренко В.Г.</i> Оцінка хлібопекарської якості житнього борошна	66
20	<i>Корочкін Д.К., Махенько В.М.</i> Галети як складова сухих пайків для	69

	військовослужбовців з особливими вимогами до харчування	
21	<i>Лозова Т.М.</i> Новітні розробки у виробництві хліба для поліпшення його якості	71
22	<i>Makarova O.V., Khvostenko K.V., Kotuzaki O.M., Pavlovsky S.M.</i> The influence of the method of incorporating cereal blend components on the properties of semi-finished products in the production of hardtacks	73
23	<i>Максимчук І.В., Кравченко Х.Ю.</i> Використання борошна матчі, як нетрадиційної сировини при виробництві булочок	75
24	<i>Маслійчук О.Б., Іжевська О.П.</i> Розширення асортименту крафтових хлібобулочних виробів для HoReCa	76
25	<i>Медведева А.О., Антонюк І.Ю., Ніверчук Є.О.</i> Технологія кольорового хліба з натуральними барвниками	78
26	<i>Михонік Л.А., Черкас І.О.</i> Дослідження показників якості різних видів пшеничного цільнозернового борошна	80
27	<i>Островський А.А., Лялик А.Т.</i> Особливості використання дикорослої сировини для виробництва хлібобулочних виробів	83
28	<i>Пархомець І.В., Сильчук Т.А.</i> Амарантове борошно як перспективна сировина для виготовлення закваски спонтанного бродіння	84
29	<i>Петришин Н.З., Тесля О.Д., Рак В.П.</i> Сучасні тенденції в виробництві крафтового хліба	86
30	<i>Погорелов І.С., Михонік Л.А.</i> Дослідження впливу борошна зеленої та темної гречки на органолептичні та фізико-хімічні показники здобних сухарів	87
31	<i>Соїч Д.Ю., Фалендиш Н.О., Бобель І.М.</i> Оцінка якості органічних булочних виробів із використанням кокосового борошна	89
32	<i>Сокот О.Є., Бандура І.І.</i> Моделювання рецептур хлібобулочних виробів з підвищеним вмістом біоактивних полісахаридів грибів	91
33	<i>Філіппова О.Ю.</i> Удосконалення технології виробництва хліба з насінням Чіа та екстрактом ягід журавлини	94
34	<i>Хомич Г.П., Горобець О.М.</i> Удосконалення технологій хлібобулочних виробів з використанням порошкопоібних добавок з вичавок сокового виробництва	96
35	<i>A. Shevchenko</i> Digestibility of pumpkin by-products as a promising raw material in the technology of bakery products	99
36	<i>Яриловець А.М., Фалендиш Н.О., Федорова Т.О.</i> Перспективи використання бананового борошна у виробництві органічних булочних виробів	100

### 13. Кінетика теплового потоку на поверхні тістових заготованок хлібобулочних виробів під час випікання

Дудко С.Д.

*Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій*

За наявності значного радіаційного потоку теплоти в пекарній камері більшості конструкцій хлібопекарських печей температура середовища не є параметром, що дає вичерпну характеристику інтенсивності теплообміну. Температура є якісною характеристикою інтенсивності теплових процесів, а головним їх кількісним показником є густина теплового потоку (ТП) через поверхню теплообміну [1, 2, 3]. Розподіл ТП уздовж пекарної камери водночас є зручним засобом для виконання діагностики печі [4]. Крім того, існує міцна кореляція між величиною ТП і такими важливими характеристиками процесу випікання як величина упікання і колір скоринки [5].

Густина теплового потоку  $q$  визначається як кількість теплоти, що проходить через одиничну поверхню в одиницю часу. Для аналізу процесу випікання розрізняють такі складові сумарної густини ТП: кондуктивна, конвективна, радіаційна та масообмінна [4]. З іншого боку, при математичному описі прогрівання тістових заготованок, що випікаються, (ТЗВ) зручно розглядати підведений тепловий потік через поверхню як алгебраїчну суму потоків, що відповідають елементарним процесам, мають різну природу і рушійні сили. Тому на практиці часто оперують такими визначеннями як падаючий тепловий потік на поверхню ТЗВ (або підведений до поверхні, він же сумарний)  $\Sigma q$ , відбитий від поверхні  $q_v$ , сприйнятий (пропущений)  $q_{пр}$ , поглинутий  $q_{пг}$ . Між ними існують такі взаємозв'язки:  $\Sigma q = q_v + q_{пр}$ ;  $q_v = (1 - \epsilon) \Sigma q$  ( $\epsilon$  – випромінювальна здатність поверхні),  $q_{пр} = q_{пг} \pm q_{мо} + q_{фх}$ , де  $q_{пг} \sim c \Delta t$  ( $c \Delta t$  – зміна ентальпії тіста-хліба);  $q_{мо}$  – масообмінна складова теплового потоку, яка може змінювати знак залежно від напрямку вектора масопереносу;  $q_{фх}$  – частка теплового потоку, що витрачається на покриття фізико-хімічних процесів у тісті-хлібі. Для контактної поверхні ТЗВ, що отримує тепло кондукцією характерна відсутність відбитого ТП, тому  $\Sigma q = q_{пр}$ . Для хлібобулочних виробів величина  $q_{фх}$  незначна (в межах 1 %), зазвичай, нею нехтують. Для потреб конструювання печей і налагодження теплових режимів випікання найбільший інтерес становить сумарний підведений потік, оскільки саме його абсолютне значення і кінетика мають фігурувати в математичній моделі, яка пов'язує подачу тепла в пекарню камеру і його споживання у процесі випікання.

Термометрія як наука склалася давно (нараховує більш, як два століття). У той же час, теплотрія як окрема підгалузь розвинулася лише в останні 50 років. Найбільш придатним методом теплотрії для вивчення процесу випікання є метод перепаду температур. Він набув широкого застосування в харчовій науці значною мірою завдячуючи працям проф. В. Федорова, яким закладені наукові основи і розроблений цілий клас компактних тепломірів – пристроїв для вимірювання щільності ТП в різноманітних теплових процесах харчових технологій [4]. Принцип дії пристрою (датчика) полягає у

вимірюванні величини електрорушійної сили (ЕРС), яка є пропорційною перепаду температур  $\Delta t$  між багаточисельними (кілька тисяч) спаями мікротермопар. Спаї знаходяться біля протилежних граней плоского датчика і залиті епоксидною смолою. Для дослідження процесу випікання використовують датчики діаметром порядку 20 мм товщиною 1,5 – 2 мм, їх розміщують на досліджуваній поверхні перпендикулярно вектору теплового потоку.

Покази датчика як вимірювача ТП можливо розшифрувати відповідно до закону теплопровідності Фур'є згідно з виразом  $q = \lambda \Delta t / \delta$ , де  $\lambda$  – приведений (ефективний) коефіцієнт теплопровідності матеріалу датчика;  $\delta$  – товщина датчика. Однак при дослідженні теплових потоків, окрім величини ЕРС датчика, встановленого на поверхні теплообміну, необхідно брати до уваги відмінність умов теплообміну середовища з поверхнею ТЗВ, з одного боку, і середовища з датчиком, з іншого. Особливо це має значення в умовах фазових переходів води – конденсації й подальшого випаровування. Механізм конденсації на поверхні датчика і на поверхні ТЗВ можуть суттєво відрізнятися. В той час, як поверхня датчика є суцільною і твердою, поверхня ТЗВ є рухливою, її мікрорельєф може мати ніздрювату структуру, сформовану виходами пор. Деякі автори [6] говорять про наявність механізму сорбції пари поверхневими шарами тіста під час перебування ТЗВ у зоні гігротермічної обробки, а цей феномен стосовно датчика повністю відсутній. Також відомо, що тепловіддача при конденсації різниться (іноді в кілька разів) залежно від механізму: плівковий, чи крапельний, а щодо механізму конденсації на поверхні ТЗВ і датчика ТП інформація відсутня. Відмінні умови теплообміну можуть призвести до різних значень температури поверхонь ТЗВ і датчика, отже зафіксовані останнім значення ЕРС не відображатимуть дійсної картини теплового потоку. За межами зони гігротермічної обробки температура поверхонь датчика і ТЗВ також будуть різнитися, оскільки поверхня датчика швидко висихає, після чого її температура зростає. У той же час, поверхня ТЗВ залишається вологою більш тривалий проміжок часу внаслідок вологопровідності тіста-хліба, тому її температура стабілізується на рівні мокрого термометра. За цих обставин покази датчика також не відображатимуть дійсного значення теплового потоку на поверхні ТЗВ.

З огляду на пріоритет українських вчених у розвитку наукових основ та практичного застосування тепломасометрії для вивчення теплових потоків у пекарній камері печі зосередимося на аналізі даних, отриманих проф. О. Лісовенком. Розглянемо отримані ним експериментальні криві з позицій перебігу процесу випікання, з однієї сторони, і будови та фізичних принципів роботи датчика ТП, з іншої. Для більшої наочності сумістимо на одному рисунку (рис. 1) графіки ТП і температури контактної та вільної поверхонь ТЗВ при раціональному режимі випікання подового хліба з пшеничного борошна, наведені в книзі [7] відповідно на рис. 4.10 і 5.13, де уздовж осі абсцис відкладена відносна тривалість випікання  $\theta$ .

Спільною рисою кривих ТП через верхню і нижню поверхні при раціональному режимі випікання є їх спадний характер: від максимального

значення на початку до мінімального у кінці процесу випікання. Крива щільності ТП через нижню поверхню має характерну горизонтальну ділянку, що відповідає значенню приблизно  $5250 \text{ Вт/м}^2$ , а через верхню поверхню – має яскраво виражену западину в період закінчення парозволоження. Ця западина пояснюється відбором теплоти на випаровування конденсату з поверхні виробу; при продовженні зони гіротермічної обробки ця западина збільшується (інтерпретація автора [7]). Автор не вказує який саме ТП, (підведений, пропущений, поглинутий) зображений на графіку.

На наш погляд, наведене вище тлумачення експериментальних даних є недостатньо адекватним і не пояснює, зокрема, наявність локального максимуму приблизно на 9-й хв від початку випікання ( $\theta=0,3$ ), тобто далеко за етапом гіротермічного оброблення. Дані інших дослідників, зокрема [8], також не підтверджують наявність локальних екстремумів у кривій густини теплового потоку для масивних (в теплотехнічному сенсі) тіл у процесі випікання.

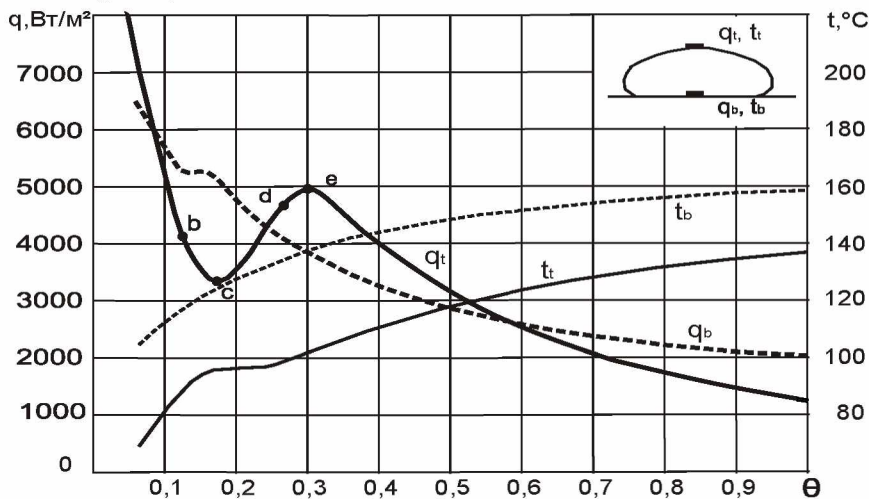


Рис. 1. - Криві раціонального режиму випікання хліба масою 1,0 кг з пшеничного борошна II гатунку поза зоною гіротермічного оброблення (за О. Лісовенком).

Нижче дана альтернативна інтерпретація показів датчиків ТП (криві  $q_t$  і  $q_b$ ).

Для контактної поверхні ТЗВ у момент її посадки на розігрітій до  $200^\circ\text{C}$  під печі, що є умовою раціонального режиму, має місце найбільший за весь час випікання градієнт температури. Між гранями нижнього датчика також має місце найбільший перепад температур (близько  $150\dots 170^\circ\text{C}$ ), тому він фіксує максимальне значення ЕРС, що відповідає максимуму підведеного і сприйнятого ТП – порядку  $10000 \text{ Вт/м}^2$ . Далі відбувається вирівнювання температурного поля датчика, тобто зменшення різниці температур між верхньою і нижньою його гранями, крива ТП різко прямує донизу. При досягненні температури близько  $100^\circ\text{C}$  в зоні контакту між верхньою гранню датчика і ТЗВ ( $\theta=0,125\dots 0,175$ ) починається інтенсивне випаровування вологи з тіста, температура його в зоні контакту з датчиком стабілізується доки не закінчиться видалення неміцно зв'язаної води. Оскільки за умовою режиму температура поду підтримується на рівні  $200^\circ\text{C}$  на цьому відрізку часу датчик фіксує майже постійний тепловий потік порядку  $5300\dots 5200 \text{ Вт/м}^2$ . У цей же час температура нижньої поверхні ТЗВ поза датчиком продовжує зростати в діапазоні від  $112^\circ\text{C}$  до  $120^\circ\text{C}$  (крива  $t_b$ ). Після видалення капілярної вологи з

місця контакту датчика і ТЗВ та поступового перетворення тіста у скоринку, що має меншу теплопровідність, температура над верхньою гранню датчика збільшується, перепад температур між гранями датчика зменшується, що від цього моменту і до кінця випікання фіксується як спадний тепловий потік.

Враховуючи зазначене вище, для контактної поверхні ТЗВ, на нашу думку, не існує фізичних причин для того, щоб сприйнятий ТП змінював загальний тренд плавного спадання. Горизонтальна ділянка на кривій теплового потоку при  $\theta=0,125\dots0,175$ , що, як зазначає О.Т. Лісовенко, пов'язана з випаровуванням води, дійсно може мати місце у разі, коли приріст підведеної теплоти компенсується витратою на випаровування. У цьому разі йтиметься не про пропущений, а про поглинутий ТП, тобто за мінусом масообмінної складової.

Теплообмін на відкритій поверхні ТЗВ є значно складнішим. На верхній і бічних частинах ТЗВ на початку випікання відразу починається конденсація технологічної водяної пари, що супроводжується виділенням прихованої теплоти. На відкриту поверхню ТЗВ також діє теплове випромінювання, внаслідок чого відбувається стрімке зростання її температури, так само, як і верхньої грані датчика ТП. Приблизно через 1,5 хв від початку процесу ( $\theta=0,047$ ) значення перепаду температур між верхньою і нижньою гранями датчика досягає максимальної величини за весь період випікання, датчик генерує максимум ЕРС, який відповідає тепловому потоку  $9600 \text{ Вт/м}^2$  (відповідна точка графіку – за межами рисунка 1). Далі перепад температур між протилежними поверхнями датчика зменшується завдяки переносу теплоти всередині датчика теплопровідністю, крива різко знижується. На ділянці bc падіння кривої загальмовується: в точці b починається і до точки c продовжується випаровування конденсату з вільної грані датчика, її температура стабілізується на рівні температури мокрого термометра, а поверхня ТЗВ у цей час досягає температури близько  $94^\circ\text{C}$ . Реально температура поверхні ТЗВ може бути і на кілька градусів вищою, оскільки робочий спай мікротермопар, якою вимірюють температуру поверхні, з метою його локальної фіксації зазвичай занурюють у тісто (хоча і на мінімальну глибину), і фактично він може фіксувати температуру не на поверхні, а на деякій глибині, де температура нижча.

В околі точки c ( $\theta=0,17\dots0,19$ ) відкрита грань датчика стає сухою і з цього моменту її температура починає збільшуватися, реагуючи на тепловий потік випромінюванням від верхньої стінки пекарної камери і конвекцією від гарячого пароповітряного середовища. Відтак, на графіку на ділянці cd фіксується зростання ЕРС. В цей час поверхня ТЗВ залишається вологою, її температура в кінці ділянки поволі зростає. У точці d ( $\theta=0,27$ ) температура верхньої грані датчика продовжує зростати, нижньої – зростає з уповільненням і в точці e ( $\theta=0,30$ ) стабілізується на рівні близько  $100^\circ\text{C}$  внаслідок заглиблення зони випаровування до рівня зануреної в тісто-хліб грані датчика. Перепад температур між поверхнями датчика досягає локального максимуму, що фіксується у вигляді горба на графіку. Поверхня ТЗВ у цей момент вже суха, її температура перевищує  $100^\circ\text{C}$ . Далі до кінця процесу випікання значення

температур верхньої і нижньої граней датчика поступово зближуються, що на графіку відображається зниженням кривої. На цьому відрізку процесу прогрівання ТЗВ відбувається за відсутності фазових перетворень на поверхні, отже є всі підстави вважати, що ТП пропорційний ЕРС, тобто датчик відображає реальну кінетику теплового потоку (як підведеного, так і пропущеного).

**Висновки.** Наведені в [7] графіки теплового потоку при раціональному режимі випікання подового хліба з пшеничного борошна можуть мати інше наукове пояснення, аніж дане автором, якщо розглядати їх з точки зору конструкції датчика і локальної обстановки довкола нього. На початку процесу вільна поверхня ТЗВ є вологою, причому до  $\theta \approx 0,15$  на ній відбувається конденсація пари з виділенням великої кількості прихованої теплоти, а далі до  $\theta \approx 0,30$  – випаровування, що супроводжується витратою частини пропущеної теплоти. За цих умов зміна ЕРС, що фіксується датчиком, не еквівалентна ТП (підведеному і пропущеному) на поверхні ТЗВ. Тому побудована на показах датчика ТП крива  $q(\theta)$  представляє собою, імовірно, кінетику ЕРС і не може служити надійним джерелом інформації щодо значення теплових потоків, принаймні, у зазначеному часовому діапазоні. На нашу думку, криві як підведеного, так і пропущеного ТП при раціональному режимі для вільної поверхні ТЗВ мають бути подібними до кривих для контактної поверхні, тобто гладкими, позбавленими як западини, так і горба. Що стосується поглинутого ТП, його значення можуть бути розраховані за наявності даних про кінетику масообміну.

Список використаної літератури:

Carvalho and Nogueira. Improvement of Energy Efficiency in Glass-Melting Furnaces, Cement Kilns and Baking Ovens. Applied Thermal Engineering. – Vol. 17. – No. 8-10. – 1997. – pp. 921-933.

Van Son, M. Flux future. Asia-Pacific Baker, 2001, August, pp. 16–22.

N. Therdthai, W. Zhou. Recent Advances in the Studies of Bread Baking Process and Their Impacts on the Bread Baking Technology / Food Sci. Technol. Res. –Vol. 9. – No. 3. – 2003. – pp. 219–226.

Федоров В.Г. Теплометрия в пищевой промышленности / В.Г. Федоров. – М.: Пищевая пром-сть. – 1974. – 174 с.

Fahloul D. Measurements and Predictive Modelling of Heat Fluxes in Continuous Baking Ovens / D. Fahloul, G. Trystram, I. McFarlane & A. Duquenoy // Journal of Food Engineering. – No. 26. – 1995. – pp. 469-479.

Сигал М.Н., Володарский А.В. Конвейерные хлебопекарные печи / М.Н. Сигал, А.В. Володарский. – М.: Пищевая пром-сть. – 1981. – 160 с.

Лисовенко А.Т. Процесс выпечки и тепловые режимы в современных хлебопекарных печах / А.Т. Лисовенко. – М.: Пищевая пром-сть. – 1976. – 214 с.

Baik O.D. Heat transfer coefficients on cakes in a tunnel type industrial oven. / O.D.Baik, S. Grabowski, M. Trigui, M. Marcotte, F.Castaigne // Journal of Food Science. – Vol. 64, No. 4. – 1999. – pp. 688 – 694.