

ВПЛИВ ФОРМИ ЕЛЕКТРОДІВ І РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ДРІЖДЖОВОГО ТІСТА

В.О. Захаренко, С.В. Сорокіна, Г.Б. Хайдова, С.О. Колієнко

Запропоновано принципово новий метод визначення характеристик пористої структури тіста, заснований на вимірюванні сили змінного електричного струму. Проведено порівняння різних видів електродів: у вигляді плоских пластин та металевих голків діаметром 0,6 см і завдовжки 5 см, виготовлених з однорідного сплаву. Результати обчислення електричних вимірів параметрів тіста показують, що для різних електродів одержано близькі значення розпушуваності. Проведено дослідження впливу цукру, солі й жиру на провідність дріжджового тіста. Комплексне введення інгредієнтів у тісто сприяє деякому зниженню провідності тіста порівняно зі зразком із сіллю.

Ключові слова: тісто, розпушуваність, електропровідність тіста.

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ЭЛЕКТРОДОВ И РЕЦЕПТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА

В.А. Захаренко, С.В. Сорокина, Г.Б. Хайдова, С.А. Коленко

Предложен принципиально новый метод определения характеристик пористой структуры теста, основанный на измерении силы переменного электрического тока. Проведено сравнение разных видов электродов: в виде плоских пластин и металлических игл диаметром 0,6 см и длиной 5 см, изготовленных из однородного сплава. Результаты вычисления электрических измерений параметров теста показывают, что для разных электродов получены близкие значения разрыхлённости. Проведено исследование влияния сахара, соли и жира на проводимость дрожжевого теста. Комплексное введение ингредиентов в тесто способствует некоторому снижению проводимости теста по сравнению с образцом с солью.

Ключевые слова: тесто, разрыхлённость, электропроводность теста.

EFFECT OF THE SHAPE OF ELECTRODES AND RECIPE COMPONENTS ON ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE YEASTED DOUGH

V. Zakharenko, S. Sorokina G. Haidova, S. Kolienko

The looseness of dough is an important technological indicator of its quality. The existing methods for its determining are diverse according to their basic principles and research criteria, but mostly they are based on mechanical displacement of gas from dough. However, the applied efforts for gas displacement can be different, which does not allow to compare the obtained results.

The paper considers a proposal of a fundamentally new method for determining the characteristics of a porous structure of dough, which is based on measuring the strength of the alternating electric current passed through the sample of dough. To use this method for the determination of the porous structure of dough, different types of electrodes were compared: in the form of flat plates and metal needles 0.6 cm in diameter and 5 cm in length, made of a homogeneous alloy. The obtained results of calculating electric measurements of dough indicate that close values of looseness are obtained for different electrodes.

In addition, the influence of various recipe components – sugar, salt and fat, both separately and in a complex – on the conductivity of yeast dough is presented in this work. It is found that complex introduction of the ingredients into dough conduces to a slight decrease in dough conductivity as compared to the sample with salt.

The results of the study showed insignificant influence of the shape of electrodes and a significant effect of the recipe components on electrical conductivity of both yeast and yeast-free dough. In connection with the obtained data, when evaluating the looseness of the dough prepared according to different technological prescriptions by the proposed method, it is recommended to construct a calibration curve of dough conductivity for different recipes.

Keywords: *dough, looseness of dough, electric conductivity of dough.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Розпушуваність (газоутримуюча здатність) дріжджового тіста, що бродить, є одним із найважливіших технологічних показників його якості. Наявні методи її визначення дають результати, які складно співставляти, зважаючи на велику різноманітність їх основних принципів і критеріїв, що використовуються для цієї мети [1–4].

Більшість лабораторних методів визначення розпушуваності тіста засновані на оцінюванні ступеня зміни маси тіла під час бродіння; цими методами передбачається механічне витіснення газу з тіста (обминання) і визначення його кількості шляхом вимірювання зменшення маси зразка. Проте механічним віджиманням неможливо видалити весь газ, що міститься в тісті, а результати, отримані цим

методом, залежать від застосування зусилля стиснення, тому дані різних авторів істотно різняться.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях [4–6] запропоновано принципово новий метод визначення характеристик пористої структури тіста, заснований на вимірюванні сили змінного електричного струму, що пропускається крізь зразок. Електричні вимірювання такого типу мають високу точність, методика їх проведення та відповідна вимірювальна апаратура добре відомі зі спеціальної літератури. У цій роботі особлива увага приділяється впливу форми електродів на електропровідність дріжджового тіста, а отже, і на її розпушувальність.

З метою знаходження розрахункової формули для визначення розпушеності тіста за величиною струму використовували наступні передумови.

Питома електропровідність тіста обумовлена рідкою фазою, яка не зв'язана адсорбційно з речовинами твердої фази. Оскільки в тісті після замішування є, окрім рідкої фази, ще і газоподібна (повітря захоплюється й утримується тістом під час замішування), це дозволяє стверджувати, що в тісті спочатку є мікрокапіляри, частина з яких заповнена вологою, а частина – повітрям. Тобто, якщо скористатися «капілярною моделлю» [2], то можна отримати таку формулу для розрахунку розпушеності тіста [4; 6]: $P_n = 1 - (I/I_{max})$.

У праці [2] показано, що в завданнях із перебігу рідини або газу через порувате середовище в рамках фізичної «капілярної моделі», можливо врахувати непостійність перетину реальних капілярів у поруватому середовищі та факт їх з'єднання в напрямі, перпендикулярному до течії. Наявність «кишень» (тупикових пор), які можуть бути в продуктах, не впливає на проникність. Таким чином, запропонований метод визначення розпушеності дріжджового тіста дозволяє контролювати цей процес протягом усього часу бродіння.

Мета статті – дослідити вплив форми електродів і рецептурних компонентів на вимірювання пористої структури тіста за допомогою визначення його електропровідності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Спочатку нами для дослідження електропровідності дріжджового тіста під час його бродіння використовувалися плоскі пластини ($6 \times 8 \text{ см}^2$) зі сплаву срібла з міддю. Пластини поміщали в середовище із діелектрика (пластмаса або дерево) перетином (3×6) см^2 і висотою 8 см, туди ж поміщали і тісто. З огляду на те, що на виробництві використовувати електроди у вигляді плоских пластин не зовсім зручно, проводили випробування електродів іншої форми – у вигляді металевих голок діаметром 0,6 см

і завдовжки 5 см, виготовлених з однорідного сплаву. Для розміщення голчастих електродів у тісті в середовище робили два технологічних отвори, у які й вводили голчасті електроди. До електродів підводили однакову напругу – 12 В змінного струму промислової частоти (для безпеки на виробництві). При цьому показання усіх електродів знімалися одночасно. Експериментальні результати залежності сили струму від часу в процесі бродіння тіста для різних типів електродів наведені на рис. 1.

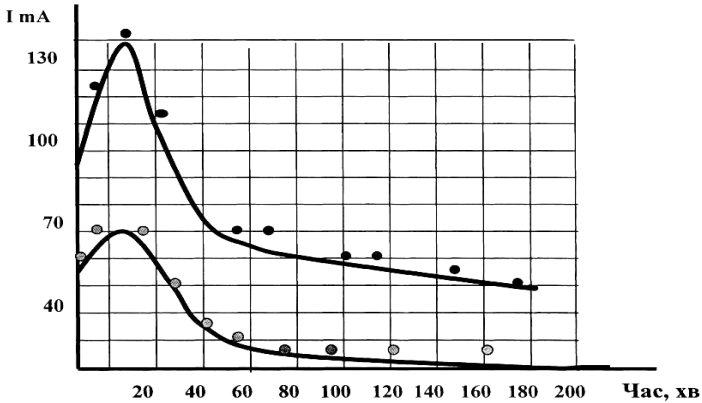


Рис. 1. Кінетика сили струму в процесі бродіння дріжджового тіста:
 ● – плоскі електроди; ○ – голчасті електроди

Із даних рис. 1 видно, що практично хід залежності сили струму від часу $I=f(\tau)$ бродіння в обох випадках майже однаковий; це підтверджується також обчисленням коефіцієнта парної кореляції: він дорівнює 0,99. Для плоских електродів характерне те, що під час бродіння тіста активний шар залишається в межах електродів, тобто площа активного шару $S_o(I-II)$ залишається незмінною, а зменшення сили струму пов'язане зі збільшенням пористості тіста і перекриттям провідних каналів тіста діоксидом вуглецю. У разі ж голчастих електродів на зменшення сили струму впливають два чинники; окрім перекриття провідних каналів діоксидом вуглецю ще і зменшення активного перетину тіста під час бродіння за рахунок його відходу з простору між електродами. Тому чутливість голчастих електродів вища, якщо спочатку їхня площа буде однаковою, але, практично, оскільки площа голчастих електродів значно менша, ніж пластинчастих, то, як показує рис. 1, у разі використання голчастих електродів сила струму в 1,5 рази менша.

Результати обчислення розпушеності тіста за формулою подано в таблиці. Із даних таблиці випливає, що для різних електродів одержані близькі значення розпушеності, незважаючи на те, що в другому варіанті, коли використовувалися голчасті електроди, абсолютні значення сили струму значно менші.

Таблиця

Кінетика розпушеності під час бродіння дріжджового тіста для плоских та голчастих електродів

Вид електродів	Час бродіння тіста, хв						
	40	50	60	70	80	90	100
$R_{пл}$	0,17	0,31	0,39	0,43	0,47	0,50	0,51
$R_{гол}$	0,17	0,33	0,41	0,45	0,48	0,50	0,52

Для практичних вимірювань розпушеності у виробничих умовах зручніше користуватися голчастими електродами або у вигляді невеликих прямокутних пластин, виготовлених з інертних до електролітичної поляризації матеріалів (бажано титан, платина). Такі електроди можна безпосередньо занурювати в тісто і вимірювати його розпушеність на будь-якій стадії бродіння.

Попереднє значення максимальної провідності тіста I_0 визначається зняттям калібрувальної залежності $I=f(\tau)$ у виробничій лабораторії. Оскільки I_0 залежить від рецептури випічки, то цю процедуру немає необхідності проводити часто.

Ураховуючи те, що провідність за змінним струмом визначається не тільки активним опором, але й реактивним (індуктивним і ємністю), які залежать від геометрії середовища з тістом, то необхідно було оцінити внесок реактивного опору в провідність тіста. Для цього проводили вимірювання струму під час бродіння тіста на різних частотах: 200; 500; 1000 Гц, які задавалися звуковим генератором ЗГ-3.

Результати вимірювання сили струму в динаміці бродіння тіста за різних частот наведено на рис. 1, з якого видно, що криві зміни провідності за всіх заданих варіантів частот мають подібний характер, тобто розташовуються на одній кривій. Це свідчить, що реактивна складова опору не чинить помітного впливу на провідність тіста і що характер кривої на рис. 1 повністю визначається активним опором тіста.

Раніше зазначалось, що для розробки методу визначення розпушеності дріжджового напівфабрикату нами використовувалися

зразки безопарного дріжджового тіста, приготованого за рецептурою пробної випічки, що не містить цукру і жиру. Проте в реальних умовах тістovedення ці інгредієнти зазвичай використовуються. Тому для нас було важливим дослідити вплив цукру, соли і жиру на провідність дріжджового тіста.

У серії дослідів використовували зразки дріжджового тіста, приготовані з внесенням цукру, соли і жиру як роздільно, так і в комплексі. Для нівеляції впливу діоксиду вуглецю, що виділяється під час бродіння тіста, на зміну сили струму, що проходить крізь зразок, паралельно велися дослідження провідності дріжджового тіста, для приготування якого використовувалися ці ж компоненти в таких самих кількостях. Як контрольні зразки використовували: для бездріжджового тіста – тісто з муки і води; для дріжджового – тісто з муки, води і дріжджів.

Результати експериментів подано на рис. 2, із яких видно, що протягом експерименту крива провідності дріжджового і бездріжджового тіста сильно різняться. Як видно з рисунка 2б, провідність контрольного зразка бездріжджового тіста (крива 1) протягом експерименту змінюється незначно, зростаючи від 14 до 20 мА. Внесення до бездріжджового тіста соли (крива 2) спричиняє різке збільшення провідності зразка. Її початкова величина вища за аналогічний контрольний показник у 3,5 рази і становить 50 мА. Під час відлежування тіста сила струму, що проходить крізь зразок тіста протягом 45 хв, зростає до 90 мА, потім стабілізується.

У разі додавання в тісто цукру або жиру (криві 3, 4) початкове значення сили струму дещо менше. Із часом провідність цих зразків тіста також майже не змінюється. Як видно з рис. 2, комплексне введення інгредієнтів спричиняє деяке зниження провідності тіста порівняно зі зразком із сіллю впродовж усього експерименту в середньому на 10 мА (крива 5). На нашу думку, відмінність в абсолютних значеннях сили струму в дослідних зразках пояснюється таким чином.

Із фізичної точки зору, досліджувані інгредієнти підрозділяються на електроліти, які проводять електричний струм (сіть) і неелектроліти, що не є провідниками (цукор, жир). Отже, внесення соли в систему сприятиме зростанню сили струму, а цукру і жиру – її зниженню, якщо молекули цукру і жиру позбавляють рухливості (блокують) іони натрію і хлору, що і спостерігалось в ході експерименту. У дріжджовому тісті ці компоненти впливають на провідність зразка тіста аналогічно. Значення величин сили струму відразу після замішування для всіх зразків дріжджового тіста дещо

більше, ніж у зразків бездріжджового тіста.

Імовірно, на величину провідності дріжджового тіста впливають дріжджі, що мають певний заряд. Помітно змінюється також характер кривих провідності дріжджового тіста порівняно з бездріжджовим. Причини цього явища були розглянуті нами під час обґрунтування фізичних основ запропонованого методу розпушуваності.

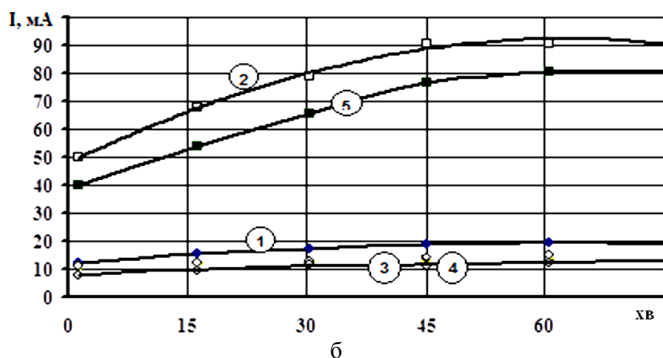
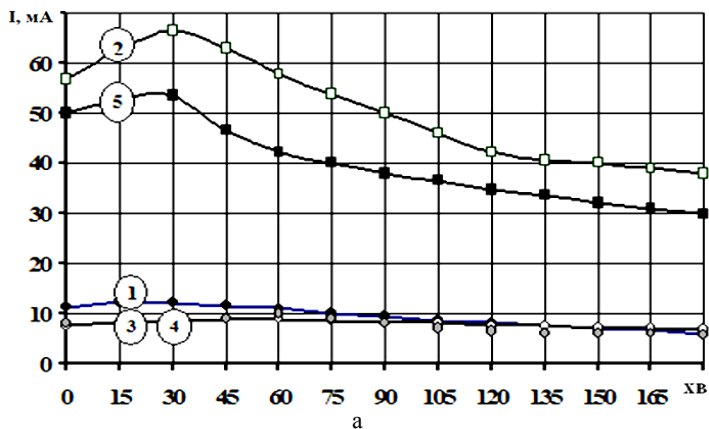


Рис. 2. Кінетика сили струму, що проходить крізь дріжджове (а) та бездріжджове (б) тісто: 1 – контроль; 2 – із домішками солі; 3 – із домішками цукру; 4 – із домішками маргарину; 5 – із домішками солі, цукру і маргарину одночасно

Висновки. Результати експериментів свідчать, що форми електродів не чинять істотного впливу на вимірювання електропровідності тіста, на відміну від рецептурних компонентів. Результати обчислення електричних вимірів тіста електродами у вигляді плоских пластин і металевих голок дають близькі значення. Рецептурні компоненти істотно впливають на провідність як дріжджового, так і бездріжджового тіста, що сильно ускладнює запропонування уніфікованої картини зміни сили струму під час бродіння дріжджового тіста, приготованого за різними рецептурами. З огляду на зазначене нами рекомендується в ході оцінювання розпушеності напівфабрикату за розробленим способом будувати калібрувальну криву провідності для кожної технологічної схеми (рецептури) виробництва дріжджових виробів індивідуально.

Список джерел інформації / References

1. А.с. 1414376 СССР, А 21 D 2/00. Способ определения газоудерживающей способности теста / Т. Б. Кривонос, В. Н. Таланов, Л. И. Пучкова. – Заявл. 03.02.86 ; опубл. 07.08.88, Бюл. № 29.
Krivonos, T.B., Talanov, V.N., Puchkova, L.I. (1988), *Way of definition of gas-retaining ability of the test* [*Sposob opredeleniya gazouderzhivayushchei sposobnosti testa*], copyright certificate 1414376 USSR.
2. Черных В. Я. Определение разрыхленности бродящего теста / В. Я. Черных, Л. И. Пучкова. – М. : Пищ. пром-сть, 1984. – 14 с.
Chernykh, V.Ya., Puchkova, L.I. (1984), *Definition of a razrykhlennost of the wandering test* [*Opredelenie razrykhlennosti brodyashchego testa*], Food industry, Moscow, 14 p.
3. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман. – М. : Пищ. пром-сть, 1984. – С. 73–76.
Auerman, L.Ya. (1984), *Technology of baking production* [*Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva*], Food industry, Moscow, pp. 73-74.
4. Пат. 41628 А Україна А 21 D 8/02. Спосіб визначення розпушеності дріжджового тіста / Захаренко В. О., Козлова С. Г., Лисюк Г. М., Самохвалова О. В. – № 2000116564 ; заявл. 21.11.2000 ; опубл. 17.09.2001, Бюл. № 8.
Zakharenko, V.O., Kozlova, S.H., Lysyuk, H.M., Samokhvalova, O.V. (2001), *Way of definition of dissoluteness of yeast dough* [*Sposib vyznachennya rozpushenosti drizhdzhovoho tista*], Ukraine. Pat. 41628.
5. Использование электрических свойств теста для определения его разрыхленности / В. А. Захаренко, С. Г. Козлова, Г. М. Лисюк, О. В. Самохвалова // Прогрес. техніка та технологія харч. вироб. рестор. госп. і торгівлі : зб. наук. праць у 2 ч. – Х. : ХДУХТ, 2000. – Ч. 2. – С. 206–208.
Zakharenko, V.A., Kozlova, S.G., Lysyuk, H.M., Samokhvalova, O.V. (2000), "Use of electric properties of the test for definition of his razrykhlennost",

Advanced equipment and technology of food production of restaurant industry and trade: Collected papers ["Ispol'zovanie elektricheskikh svoistv testa dlya opredeleniya ego raznykhlennosti", *Progresywni tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vyrobnystv restorannogo gospodarstva i torgivli: Sb. nauk. pr.*], KhDATOKh, Kharkiv, Vol. 2, pp. 206-208.

6. Новий спосіб оцінки розпушеності дріжджового напівфабрикату / В. О. Захаренко, С. Г. Козлова, Г. М. Лисюк, О. В. Самохвалова // Обладнання та технології харчових виробництв : зб. наук. праць. – Донецьк : ДонДУЕТ, 2001. – Вип. 6. – С. 222-227.

Zakharenko, V.A., Kozlova, S.G., Lysyuk, H.M., Samokhvalova, O.V. (2000), "New way of an assessment of dissoluteness of a barmy semi-finished product", *Equipment and technologies of food productions: Collected papers* ["Novyy sposib otsinky rozpushenosti drizhdzhevoho napivfabrykatu", *Obladnannya ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnystv: Sb. nauk. pr.*], DonDUET, Donetsk, No. 6, pp. 222-227.

Захаренко Віталій Олександрович, д-р техн. наук, проф., кафедра товарознавства в митній справі, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-00, 0974654693; e-mail: 19721980@ukr.net.

Захаренко Віталій Олександрович, д-р техн. наук, проф., кафедра товарознавства в таможенном деле, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-00, 0974654693; e-mail: 19721980@ukr.net.

Zakharenko Vitaly, Dr. of technical sciences, Professor, Department of merchandizing on custom business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-00, 0974654693; e-mail: 19721980@ukr.net.

Сорокіна Світлана Вікторівна, канд. техн. наук, доц., кафедра товарознавства в митній справі, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-60; e-mail: 19721980@ukr.net.

Сорокина Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доц., кафедра товарознавства в таможенном деле, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-60; e-mail: 19721980@ukr.net.

Sorokina Svetlana, PhD in Technical Sciences Department of merchandizing on custom business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-60; e-mail: 19721980@ukr.net.

Хайдова Гулжахан Бердимамедівна, магістрант, факультет товарознавства і торговельного підприємництва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: 19721980@ukr.net.

Хайдова Гулжахан Бердимамедовна, магістрант, факультет товароведення і торгового підприємництва, Харківський державний університет питання і торгівлі. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: 19721980@ukr.net.

Haidova Gyljahan, student-magistr, faculty of merchandizing and trade business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: 19721980@ukr.net.

Колієнко Сергій Олександрович, студ. факультет товарознавства і торговельного підприємництва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: 19721980@ukr.net.

Колієнко Сергей Александрович, студ. факультет товароведения и торгового предпринимательства, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: 19721980@ukr.net.

Kolienko Sergey, student, faculty of merchandizing and trade business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: 19721980@ukr.net.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.О. Потаповим.
Отримано 15.05.2017. ХДУХТ, Харків.*

УДК 634.51, 663.86.054.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ БІЛКОВІСНОГО НАПОЮ З ЯДЕР ВОЛОСЬКОГО ГОРІХА

Ю.Ю. Савчук, С.І. Усатюк

Розробка білковісних рослинних напоїв – перспективний напрям розвитку харчової галузі. Стаття присвячена дослідженню жирнокислотного складу білковісного напою з ядер волоського горіха з метою встановлення біологічної цінності ліпідів напою та порівняння з ліпідами волоського горіха. Визначено вміст окремих жирних кислот у напої з ядер волоського горіха та встановлено їх жирнокислотний скор.

Ключові слова: білковісний напій, ліпіди, волоський горіх, жирнокислотний склад.