

## ВИКОРИСТАННЯ НВЧ-НАГРІВУ ДЛЯ ВИПІКАННЯ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ

**Алла Леонідівна РОГОВА**

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи,  
Хмельницький національний університет  
<https://orcid.org/0000-0002-0345-4548>  
e-mail: [rogovaal.th@gmail.com](mailto:rogovaal.th@gmail.com)

**Лілія Олександрівна ГРИЗОВСЬКА**

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи,  
Хмельницький національний університет  
<https://orcid.org/0000-0002-2298-6793>  
e-mail: [lilihka791@ukr.net](mailto:lilihka791@ukr.net)

**Інна Володимирівна ЧОНИ**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій харчових виробництв і ресторанного господарства,  
Полтавський університет економіки і торгівлі  
<https://orcid.org/0000-0002-5156-4741>  
e-mail: [inna.choni@gmail.com](mailto:inna.choni@gmail.com)

У статті розглянуто можливість використання НВЧ-нагріву для випікання бісквітного напівфабрикату з метою скорочення тривалості даного процесу. Розроблено оптимальну кількість рідини, яку необхідно додати у рецептуру для отримання виробу високої якості. Оцінювали вплив висоти тіста перед випіканням, параметрів температури та потужності НВЧ-камери на фізико-хімічні (вологість, унік), структурно-механічні (щільність, гранична напруга зсуву) і органолептичні показники готового бісквіту. На основі проведених досліджень було отримано оптимальні параметри приготування бісквітних напівфабрикатів: кількість води – 5 % від маси сировини, початкова висота тіста – 10 мм, температура випікання – 1000С, тривалість 240 с та поступове підвищення потужності магнетрона від 300 до 600 Вт.

Ключові слова: НВЧ-апарат, бісквітний напівфабрикат, мікрохвильове нагрівання, випікання, структурно-механічні показники, органолептичні показники.

## THE USE OF MICROWAVE HEATING FOR BAKING SEMI-FINISHED BISCUITS

**Alla ROHOVA, Liliia HRYZOVSKA**

Khmelnytskyi National University

**Inna CHONI**

Poltava University of Economics and Trade

Most types of ready-made culinary products are subjected to various methods of heat treatment before being sold/ Thermal processes, as a rule, are very long and it is practically impossible to shorten them by traditional methods at the present time. Rolls with various fillings (chocolate, condensed milk, fruit jams), cakes and pastries have the greatest demand among biscuit products, due to the moderate quality, price and good products. In the food industry, special attention is paid to physical methods of influencing raw materials, semi-finished products and finished products, which can intensify heat exchange processes. A physical method capable of achieving these goals is heating in an electromagnetic field. Heating food products in an electromagnetic field differs from heating them due to thermal conductivity or convection. Heat arises in the heating objects themselves due to its interaction with the electromagnetic field. The use of microwave heating has significant advantages over traditional methods of thermal processing of food products. Cooking time is significantly reduced, the product is heated more evenly. Microwave devices are safe to use, easy to operate. The article considers the possibility of using microwave heating for baking a biscuit semi-finished product in order to reduce the duration of this process. The optimal amount of liquid, which must be added to the recipe to obtain a high-quality product, has been developed. The influence of the height of the dough before baking, the parameters of temperature and power of the microwave chamber on the physico-chemical (moisture, baking), structural-mechanical (density, ultimate shear stress) and organoleptic parameters of the finished biscuit was evaluated. On the basis of the conducted research, the optimal parameters for the preparation of semi-finished biscuits were obtained: the amount of water – 5% of the mass of raw materials, the initial height of the dough – 10 mm, the baking temperature – 1000C, the duration of 240 s and the gradual increase in the power of the magnetron from 300 to 600 W.

Key words: Microwave device, semi-finished biscuit, microwave heating, baking, structural and mechanical indicators, organoleptic indicators

Рогова А., Гризовська Л., Чоні І. (2023). Використання нвч-нагріву для випікання бісквітного напівфабрикату. *DEVELOPMENT SERVICE INDUSTRY MANAGEMENT*, (1), 61-67.  
[https://doi.org/10.31891/dsim-2023-1\(7\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2023-1(7))

Rohova A., Hryzovska L., Choni I. (2023). The use of microwave heating for baking semi-finished biscuits. *DEVELOPMENT SERVICE INDUSTRY MANAGEMENT*, (1), 61-67.  
[https://doi.org/10.31891/dsim-2023-1\(7\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2023-1(7))

---

## Постановка проблеми у загальному вигляді

### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

За останні роки ресторанне господарство стало розвиватися інтенсивними темпами. Сучасний ринок вимагає нових більш прогресивних технологій. Розвиток кулінарії потребує іншого, вдосконаленого асортименту виробів, який би приносив більше прибутку, з меншими витратами.

Бісквіт – це виріб, вартість якого здебільшого не залежить від іноземної сировини. Лише при виробництві шоколадних бісквітів використовують імпортоване какао. Відповідно, вартість цієї продукції прийнятна порівняно з іншими кондитерськими виробами і перебуває у середньому ціновому сегменті. На сьогодні технологи освоїли випуск великого асортименту виробів, що дає змогу задовольнити попит широких верств покупців. Найбільший попит серед бісквітних виробів мають рулети з різноманітними начинками (шоколад, згущене молоко, джеми), торти і тістечка, пояснюється це прийнятною якістю і помірною ціною.

Більшість видів готової кулінарної продукції перед випуском у реалізацію піддається різним способам теплової обробки. Термічні процеси, як правило, дуже тривалі та скоротити їх традиційними способами у теперішній час практично не можливо. Саме тому перспективним є удосконалення умов термообробки харчової сировини на базі використання комбінованих процесів, зокрема із застосуванням електрофізичних методів [1].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вперше надвисокочастотний діапазон частот (НВЧ) електромагнітних випромінювань почали використовувати в кінці 30-х років минулого століття в радарних установках для виявлення літаків і кораблів противника [2]. На сьогодні з використанням НВЧ енергії працюють різноманітні численні пристрої. Перевагою НВЧ нагріву є високий ККД перетворення НВЧ енергії у теплову в об'ємі тіл, які нагріваються. Теоретичне значення цього ККД близьке до 100 %. Теплові втрати у підвідних трактах зазвичай невеликі і стінки хвилеводів і робочих камер залишаються практично холодними. При НВЧ-нагріванні тепловиділення відбувається безпосередньо в об'ємі самого матеріалу, такий нагрів є більш ефективним і легко керованим.

Мікрохвильова система нагрівання використовує неіонізуюче мікрохвильове електромагнітне випромінювання, яке призводить до молекулярного руху іонів у харчовому продукті. Мікрохвильове нагрівання є об'ємним процесом нагріву; він генерує тепло рівномірно по всьому об'єму харчового матеріалу, що обробляється. Їжа, оброблена мікрохвильовою піччю, досягає рівномірної температури в усіх харчових продуктах, оскільки хвилі спостерігаються зоною з високим вмістом вологи, що призводить до вибіркового нагрівання [3].

Мікрохвильове нагрівання є результатом взаємодії між змінним електромагнітним полем і діелектричним матеріалом. У порівнянні зі звичайним нагріванням із використанням води або пари як середовища для нагрівання упакованих харчових продуктів, НВЧ-енергія має потенціал для забезпечення більш рівномірного та швидкого об'ємного нагрівання. Основні механізми мікрохвильового нагрівання харчових продуктів включають орієнтацію, поляризацію та міжфазний розподіл. Через свою дипольну природу вода, основна складова більшості харчових продуктів, є основним джерелом мікрохвильової взаємодії з харчовими матеріалами. Міжфазний розподіл виникає внаслідок накопичення заряду на поверхнях розділу компонентів у гетерогенних системах. У міжфазному розподілі будь-які заряджені частинки в харчових продуктах відчуватимуть силу, яка змінюється зі швидкістю мікрохвильової частоти. Прискорена частинка стикається з сусідніми частинками і в результаті цього зіткнення виділяється тепло [4].

Переваги НВЧ-нагріву: перед звичайною системою нагрівання полягають у високій швидкості нагріву, меншому часу обробки, більш рівномірному нагріванні, безпечному поводженні, простоті експлуатації, низьких витратах на обслуговування та енергоефективності, виключення пригорання виробів, поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці; відсутність холостого ходу і пов'язаних з ним витрат тепла; відсутність негативної дії на навколишнє середовище. Недоліки: неможливість отримати на поверхні підсмаженої скоринки [5].

Порівняно з традиційними тепловими установками, добова економія електроенергії при використанні НВЧ-опромінення складає 28,6 % її загальних витрат [6]. Це можна пояснити, зокрема, високим коефіцієнтом корисної дії НВЧ-генеруючих пристроїв. Висока якість готового продукту, значна ефективність інтенсифікації технологічних процесів, зменшення витрат сировини і електроенергії при термічній обробці продуктів із застосуванням НВЧ-нагріву вказує на перспективність використання НВЧ-енергії в харчовій промисловості. Сьогодні міжнародним стандартом передбачена частота коливання мікрохвиль у НВЧ-установках – 2450 МГц. Цій частоті відповідає довжина хвилі опромінення 12,25 см.

Процеси випікання борошняних виробів вивчалися групою дослідників Харківського інституту громадського харчування під керівництвом проф., д.т.н. Беляєва М.І., в результаті чого було встановлено, що на якість випечених виробів суттєвий вплив чинять температурні режими випікання [7]. У літературних джерелах зустрічаються суперечливі дані відносно оптимального температурного режиму процесу випікання та його тривалості. Вочевидь, це можна пояснити тим, що кожна з рекомендацій відноситься до певного виду теплового апарату, в якому здійснюється процес експериментального випікання.

Питаннями впливу НВЧ-нагріву на якість безпосередньо бісквітного напівфабрикату при випіканні почали займатися на початку 80-х років минулого століття вчені Селягін В.Е. та Степанович З.З. [8]. Ними досліджувалися параметри випікання (коливальна потужність, швидкість і тривалість нагріву) для отримання бісквіту висотою в 20 мм з тістової заготовки із початковою висотою 10 мм. Такий напівфабрикат використовується переважно для приготування рулетів. Випікання проводилося у НВЧ-апараті «Електроніка», одержані позитивні результати, але з розвитком технічного прогресу ці дослідження не удосконалювалися і втратили вагомість.

Структура бісквітного напівфабрикату значною мірою формується під час випікання, коли за високої температури відбувається перенесення тепла і активне випаровування вологи. Динаміка тепломасообмінних процесів має особливості, які полягають у швидкому прогріванні тістової заготовки за рахунок інтенсивного переміщення тепла з поверхневих шарів у центральні. Параметри випікання бісквітного тіста коливаються в певному інтервалі та залежать від маси, товщини і вологості заготовки, конструктивних особливостей пекарної камери, а також рецептурного складу цього виду тіста, яке відрізняється від інших високим вмістом білкових речовин. Враховуючи дані термічного аналізу процесу випікання бісквітного тіста, денатурація білків розпочинається раніше ніж клейстеризація крохмалю, що і обумовлює особливості цього процесу [9]. Важливим показником якості є і загальний стан пропікання, що зумовлює пористість, об'єм виробу і еластичність м'якуша. Температура пекарної камери істотно впливає на інтенсивність прогрівання тістової заготовки бісквіту і, відповідно, визначає тривалість випікання виробу. Якщо потрібно прискорити або уповільнити процес випікання бісквітних напівфабрикатів, можна підвищувати або знижувати температуру пекарної камери. Але слід враховувати, що за надто низьких температур можливе «осідання» тіста, а за надто високих при темному забарвленні поверхневих шарів виріб може не пропектися.

#### **Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття**

На сьогоднішній день бісквітні вироби користуються широким попитом у населення. Але у їх виробництві є суттєва проблема, яка пов'язана з досить тривалим процесом випікання, що складає 30...80 хв. у залежності від маси виробу. На цьому виробники зазнають чималих втрат. Одним із прогресивних способів теплового оброблення продуктів є впровадження електромагнітного поля надвисокої частоти. Його використання дозволяє скоротити процес випікання у 3...10 раз, покращити санітарно-гігієнічні умови для обслуговуючого персоналу внаслідок відсутності тепловиділень від печі. Тому розробка технології бісквітного напівфабрикату, який випікається в НВЧ - апараті, є актуальною.

#### **Формулювання цілей статті**

Мета роботи полягає у визначенні параметрів випікання бісквітного напівфабрикату в електромагнітному полі НВЧ, дослідженні фізико-хімічних, структурно-механічних і органолептичних показників якості. Об'єктом дослідження обрано технологію бісквітного напівфабрикату з використанням НВЧ нагріву. Під час визначення органолептичних і фізико-хімічних показників якості готових виробів використовували стандартні методи дослідження. Масову частку вологи в готових виробах встановлювали висушуванням до постійної маси, пористість – приладом Журавльова, щільність випечених зразків знаходили, як відношення їх маси до об'єму ( $\text{г/см}^3$ ).

#### **Виклад основного матеріалу**

Якісну бісквітну продукцію можна отримати при сприятливому поєднанні певних факторів: необхідної якості рецептурних компонентів, режимів і способів одержання дисперсних систем, замішування тіста, випікання напівфабрикатів. Серед різноманітних борошняних кондитерських виробів бісквіт є найбільш крихким і легким. При приготуванні бісквітного тіста яйця збивають із цукром до збільшення об'єму в 2,5-3 рази й замішують збиту масу з борошном. Значного збільшення об'єму досягають завдяки утворенню в масі великої кількості дрібних пухирців повітря в процесі збивання. Випечений бісквіт – це пориста, пишна, легка й зручна для обробки заготовка, що є основою для найрізноманітніших тортів, тістечок і печива із кремом, фруктами, варенням та й без начинок. Для бісквітного тіста використовують борошно вищих сортів з невеликим вмістом клейковини. Щоб одержати більш розсипчастий бісквіт до тіста додають картопляний крохмаль.

За контроль було взято рецептуру №5 бісквіт для рулету. Відповідно до вимог тривалість випікання при температурі 200...220 °C складає 25...30 хв.

За літературними даними [1, 5] встановлено, що використання НВЧ скорочує тривалість випікання у 3-5 разів, та існує необхідність установки води у камеру НВЧ у процесі випікання. При проведенні серії експериментів нами було вирішено додавати воду безпосередньо у рецептуру бісквітного напівфабрикату для кращого фіксування його структури. Тому на першому етапі дослідження встановлювали залежність якості готового виробу від концентрації води – 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % (від загальної маси сировини), яку додавали до тіста перед додаванням борошна. На основі рекомендацій до НВЧ-апарату були обрані наступні режими випікання:  $t = 160^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 240$  с,  $P = 600$  Вт. Тісто висотою 15 мм виливали у круглу форму. Результати

органолептичних показників наведено у таблиці 1. В якості контролю випікали бісквіт звичайним способом – у пекарський шафі (час випікання – 1200 с).

Таблиця 1

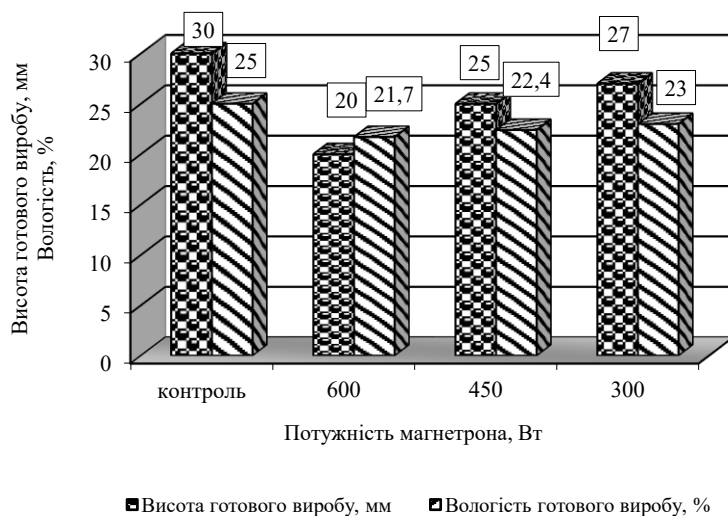
**Зміни фізичних та органолептичних показників бісквітного напівфабрикату в залежності від концентрації води**

Зразки	Вологість, %	Упік, %	Висота готового виробу, мм	Органолептичні показники
Контроль	25,0	20,0	30,0	Пропечений, пори дрібні рівномірні, скоринка світло-коричнева товщиною 2 мм
з водою	0 %	19,0	23,0	Бісквіт дуже сухий з ущільненнями, без скоринки
	5 %	27,0	28,0	Пропечений, пори дрібні тонкостінні, без скоринки
	10 %	27,5	26,0	Пропечений, але вологий у центрі виробу та по його краях, без скоринки
	15 %	28,0	24,0	Вологуватий, пори дрібні нерівномірно розподілені на поверхні виробу, без скоринки
	20 %	29,0	23,5	Непропечений з ущільненнями у нижній частині виробу, без скоринки

При збільшенні концентрації води зростає вологість виробу 19...29 %. Стандартна вологість бісквітного напівфабрикату знаходиться у межах 22...28 %. Висота підйому досягає максимуму при концентрації води 5 %. Цей же зразок є найкращим також за органолептичними показниками. Подальші дослідження проводились з даним виробом.

Враховуючі, що прогрів продукту в НВЧ-апараті відбувається по всьому об'єму, тобто вологовіддача (випаровування води з продукту) починається з його внутрішніх шарів, то загальним недоліком випечених напівфабрикатів є те, що чим більше було води в даному виробі, тим більше утворювалися пори, але короткий час нагріву не дозволяв зафіксувати структуру виробу і утворити еластичну плівку для утримання газоподібних речовин. Чим менше було вільної води у виробі, тим швидше видалялися водяні пари і повітря, які знаходилися в тісті, тим самим, висушували м'якуш.

На наступному етапі досліджень нами було зменшено тривалість випікання до 180 с та інтенсивність потужності магнетрона від 600 до 300 Вт для більш рівномірного випаровування води з продукту. Результати представлені на рисунку 1.



**Рис. 1. Залежність впливу потужності магнетрона на висоту і вологість готового бісквітного напівфабрикату при температурі в камері 200°C**

З рисунка 1 видно, що вологість готових виробів зменшується у порівнянні з контролем, вони мають низький підйом. Як вже було вище сказано, що прогрів виробу починається з внутрішніх шарів, таким чином у центрі продукту температура вологовіддачі швидкості випаровування досягає 200°C за 180 с, тим самим відбувається висушування структури м'якуша за такий нетривалий час.

Тому робимо висновок, що необхідно знизити температуру до 100 °C та залишити тривалість випікання 240 с. Результати представлені в таблиці 2.

Вироби, випечені в НВЧ апараті, мають більш низьку висоту підйому у порівнянні з контролем. Очевидно, це можна пояснити тим, що процес денатурації білка не відбувається в повному обсязі у результаті нетривалого впливу температури, в результаті чого відбувається просідання виробу. Тому доцільним буде

зменшити висоту тіста до 10...12 мм. Чим вища потужність магнетрона тим інтенсивніша проникність хвиль у структуру тіста.

Таблиця 2

**Зміни фізичних та органолептичних показників у залежності від потужності магнетрона при температурі в камері 100°C**

Зразки	Вологість, %	Упік, %	Висота готового виробу, мм	Органолептичні показники
Контроль	25,0	20,0	30,0	Пропечений, пори дрібні рівномірні, скоринка світло-коричнева товщиною 2 мм
600 Вт	23,6	16	25	Пропечений, пори дрібні, нерівномірно розподілені
450 Вт	23,9	17	27	Пропечений, пори дрібні, тонкостінні
300 Вт	28,3	16	27,5	Вологуватий, пори дрібні, нерівномірно розподілені на поверхні виробу

Слід зазначити, що при традиційному способі випікання на виріб впливає в основному конвективне тепло і лише з боку листа результуючий вплив чинить теплопровідність. Завдяки цьому виріб нагрівається з поверхневих шарів нерівномірно; нагрів середніх шарів відбувається за рахунок теплопровідності тіста, яка міняється в процесі нагрівання. Крім того, темп нагрівання поверхневих шарів значно перевищує темп нагрівання середніх шарів. У середніх шарах при нагріванні до температури денатурації білків утворюється деяка кількість пари. Сили тиску пари буває недостатньо для утримання сформованої поверхні і пара виходить з виробу через мікропори, утворюючи закал.

При НВЧ - нагріванні прогрів тіста починається з внутрішніх шарів проникненням діелектричних променів у внутрішню структуру, де відбувається денатурація білків, а також клейстеризації крохмалю і зв'язані з ними процеси пароутворення, які випереджають ці ж процеси у поверхневих шарах. Завдяки цьому пропікання починається з центру виробу, що робить виключення утворення закалу, але виріб залишається без традиційного кольору.

Виходячи з вищесказаного, слід варіювати інтенсивністю потужності в інтервалі від 300 до 600 Вт під час випікання та висоту тіста в інтервалі 10...12 мм з попередньо встановленими:  $t = 100^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 240$  с. Випікання бісквіту проводили зі збільшенням потужності магнетрона в наступній послідовності: 300 Вт – 60 с; 450 Вт – 60 с; 600 Вт – 120 с. Результати представлені на рисунку 2.

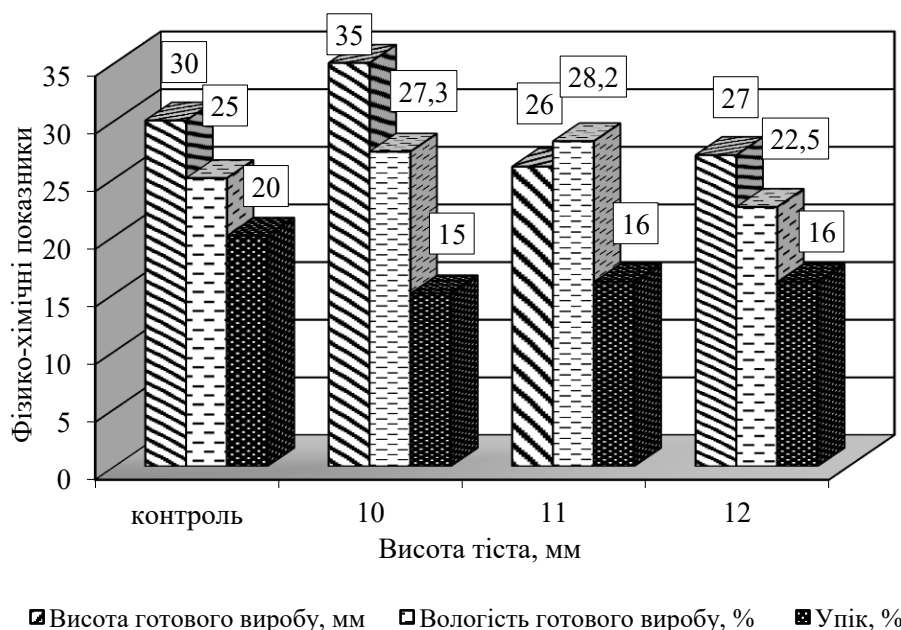


Рис. 2. Залежність фізичних величин від початкової висоти тіста у формі

З рисунка 2 видно, що підйом бісквіту найкращий при висоті тіста 10 мм – у 3,5 рази проти контрольного – у 2 рази, і має найменший упік – 15 % проти контрольного – 20 %.

Для бісквітного напівфабрикату характерні наступні структурно-механічні показники: пористість, щільність, гранична напруга зсуву, еластичність, пружність, пластичність. Результати структурно-механічних показників бісквітних напівфабрикатів представлено в таблиці 3.

Таблиця 3.

**Структурно-механічні показники бісквітних напівфабрикатів**

Зразки	Висота тіста, мм	Пористість, %	Щільність, кг/см <sup>3</sup>	Гранична напруга зсуву, Па
Контроль	15	70,0 ± 0,2	260,0 ± 0,1	390,0 ± 0,3
1	12	63,7 ± 0,2	257,0 ± 0,1	247,2 ± 0,4
2	11	72,2 ± 0,3	262,2 ± 0,2	312,8 ± 0,5
3	10	71,0 ± 0,2	259,0 ± 0,2	355,9 ± 0,3

З таблиці 3 видно, що пористість виробів з початковою висотою тіста 10 і 11 мм вища за контрольний на 1...2,2%, що зумовлює зниження граничної напруги зсуву на 34,1...77,2 Па.

Таким чином, оптимальною початковою висотою тіста є 10 мм при температурі випікання 100<sup>0</sup>С, тривалості 240 с та плавному підвищенні потужності магнетрона від 300 до 600 Вт.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Враховуючи, що у вік енергетичної кризи перспективи розвитку енергетики базуються на використанні природних енергетичних ресурсів за допомогою їх трансформації в енергію електричну, застосування НВЧ електропідведення під час приготування продукції можна вважати найбільш ефективним, бо дозволяє підвищити якість і вихід готової продукції, поліпшити санітарно-гігієнічні умови виробництва, покращити економічні показники підприємства.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень обґрунтовано і доведено доцільність випікання бісквітних напівфабрикатів в НВЧ апаратах. Переваги використання способу випікання в НВЧ-апараті перед традиційною технологією полягають у скороченні тривалості термічного оброблення – майже у 5 разів. Встановлено параметри випікання бісквіту: температура 100<sup>0</sup>С і поступове зростання потужності магнетрона 300...600 Вт, тривалість 240 с. Визначено, що кількість води у рецептурі не повинна перевищувати 5%, висота тіста перед випіканням повинна бути не більше 10 мм. Отриманий бісквітний напівфабрикат відповідає контролю – бісквіт основний - за фізико-хімічними і структурно-механічними показниками, має приємний смак і запах.

Подальші дослідження пов'язані із визначенням мікробіологічних показників бісквітного виробу у процесі зберігання.

**Література**

1. Microwave applications in the food industry: an overview of recent developments / P. Guzik, P. Kulawik, M. Zając // Critical Reviews In Food Science and Nutrition. - 2021. - 62(5). – P. 9-20.
2. Microwave Applications in Thermal Food Processing / M.S. Shaheen, K.F. El-Massry, A.H. El-Ghorab. - [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.intechopen.com/chapters/40744>.
3. Обґрунтування фізичної моделі взаємодії електромагнітного поля з харчовим продуктом довільної форми / О. В. Бабанова, І. Г. Бабанов, В. М. Михайлов, С. В. Прасол. //Наукові праці Національного університету харчових технологій. Т. 27, № 6. - Київ: НУХТ, - 2021. - С. 100-107.
4. Microwave Baking in Food Industry/ A. Review, R.S. Chavan, S.R. Chavan// International Journal of Dairy Science. - 2010, № 3. P. 113-127.
5. Microwave food processing / production line. [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.kerone.com/microwave-food-processing-production-line.php>.
6. Шаповаленко О.І. Новий продукт швидкого приготування з гречки / О.І. Шаповаленко, Т.І. Янюк, О.Ю. Супрун-Крестова, Ю.П. Фурманова // Одеська національна академія харчових технологій. Наукові праці, - 2020. - № 30, том 2. - С. 229-232.
7. Беляев М.И. Теоретические основы комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов: Монография./ М.И. Беляев, П.Л. Пахомов. Харьковский институт общественного питания. - Харьков, 1991. – 160с.
8. Селягин В.Е. Качество бисквитного полуфабриката СВЧ-выпечки. / В.Е. Селягин, З.З. Степанович// Хлебопекарная и кондитерская промышленность. - 1984. - №5. - С.38-40.
9. Покращення якості продукції з бісквітного тіста: Звіт про науково-дослідну роботу № 29-11-12 Д. / Кер. Ю.М. Хацкевич. - ХДУХТ. - 2012. - 84 с.

**References**

1. Microwave applications in the food industry: an overview of recent developments / P. Guzik, P. Kulawik, M. Zając // Critical Reviews In Food Science and Nutrition. - 2021. - 62(5). – P. 9-20.
2. Microwave Applications in Thermal Food Processing / M.S. Shaheen, K.F. El-Massry, A.H. El-Ghorab. - [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.intechopen.com/chapters/40744>.
3. Obgruntuvannya fizychnoi modeli vzaiemodii elektromagnitnoho polia z kharchovym produktom dovilnoi formy / O. V. Babanova, I. H. Babanov, V. M. Mykhailov, S. V. Prasol. //Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii. T. 27, № 6. - Kyiv: NUKhT, - 2021. - S. 100-107.

- 
4. Microwave Baking in Food Industry/ A. Review, R.S. Chavan, S.R. Chavan// International Journal of Dairy Science. - 2010, № 3. P. 113-127.
  5. Microwave food processing / production line. [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.kerone.com/microwave-food-processing-production-line.php>.
  6. Shapovalenko O.I. Novyi produkt shvydkoho pryhotuvannia z hrechky / O.I. Shapovalenko, T.I. Yaniuk, O.Iu. Suprun-Krestova, Yu.P. Furmanova // Odeska natsionalna akademiia kharchovykh tekhnolohii. Naukovi pratsi, - 2020. - № 30, tom 2. - S. 229-232.
  7. Belyaev M.I. Teoreticheskie osnovy kombinirovannykh sposobov teplovoj obrabotki pishevykh produktov: Monografiya./ M.I. Belyaev, P.L. Pahomov. Harkovskij institut obshestvennogo pitaniya. - Harkov, 1991. – 160s.
  8. Selyagin V.E. Kachestvo biskvitnogo polufabrikata SVCh-vypechki. / V.E. Selyagin, Z.Z. Stepanovich// Hlebopekarnaya i konditerskaya promyshlennost. - 1984. - №5. - S.38-40.
  9. Pokrashchennia yakosti produktii z biskvitnoho tista: Zvit pro naukovo-doslidnu robotu № 29-11-12 D. / Ker. Yu.M. Khatskevych. - KhDUKhT. - 2012. - 84 s.