Keywords: *winter wheat, sowing time, growth, productivity, agrocenosis density, infestation by diseases and pests.*

УДК664.743:633.11:641.53:683.958

DOI 10.31395/2415-8240-2020-96-1-52-71

ВИХІД КРУПИ ПЛЮЩЕНОЇ ІЗ ПШЕНИЦІ ПОЛБИ ЗАЛЕЖНО ВІД ТРИВАЛОСТІ ОПРОМІНЕННЯ ЕМП НВЧ І ВОДОТЕПЛОВОГО ОБРОБЛЕННЯ

Н. М. ОСОКІНА, *доктор сільськогосподарських наук*

В. В. ЛЮБИЧ, *доктор сільськогосподарських наук*

В. В. НОВІКОВ, *кандидат технічних наук*

І. А. ЛЕЩЕНКО, *аспірант*

Уманський національний університет садівництва

Визначено вплив тривалості опромінення електромагнітним полем надвисокої частоти і проведення водотеплового оброблення під час плющення лущеного зерна пшениці полби (сорт Голіковська). Експериментальними дослідженнями встановлено, що при застосуванні цілої крупи № 1 вихід крупи плющеної вищого сорту був у 1,7–2 раза менший порівняно з нелущеним зерном. Проведення зволожування має незначний вплив на вихід крупи плющеної. Оптимальним періодом для виробництва крупи плющеної вищого сорту є опромінення ЕМП НВЧ упродовж 80–100 с, зволоженого на 0,5–1,0 % зерна.

Ключові слова: *пшениця полба, ціла крупа, зерно, плющення, мікрохвильова піч.*

Постановка проблеми. Нині збільшується зацікавленість щодо використання електромагнітного поля надвисокої частоти (ЕМП НВЧ/НВЧ-

поле) у технології зернопродуктів. Відомо [1], що короткострокове опромінення зерна пшениці ЕМП НВЧ сприяє покращенню технологічних властивостей. Збільшується вихід сирої клейковини, а її якість покращується. За перевищення значення температури понад 65–75 ºС відбуваються незворотні біохімічні процеси, унаслідок яких унеможливлюється відмивання клейковини [2]. Механізм, за допомогою якого термічне оброблення змінює технологічні властивості, до кінця не вивчено. Відомо, що в процесі термічного оброблення відбувається денатурація білка та частково декстринізація крохмалю [3, 4]. Також, НВЧ-поле негативно впливає на мікрофлору, яка перебуває на поверхні зернівок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо технологію підготовки зерна перед плющенням за допомоги інфрачервоного (ІЧ) випромінювання [5]. Недоліком є необхідність оброблення тонкого шару зерна й одностороннє нагрівання зернівок. Впровадження технології електромагнітного поля надвисокої частоти в якості елемента нагріву зерна нівелює недоліки ІЧ-випромінювання. Електромагнітне поле НВЧ викликає коливання зв’язаних електричних зарядів (диполів) у зернівці, що сприяє його нагріванню. В основному в якості диполів виступає вода, яка знаходиться в капілярах зернівки. Нагрівання води зумовлює інтенсивний перехід у газоподібний стан, який потребує більшого об’єму. Внаслідок цього відбувається підвищення внутрішнього тиску, під дією якого зернівки збільшуються в розмірах. Внутрішня структура зерна стає пухкішою.

Розповсюдження здорового стилю харчування серед населення багатьох країн зумовлює збільшення попиту на продукти з високою біологічною цінністю. Водночас життя людей не дозволяє затрачувати значний обсяг часу на приготування нативних круп. Результатом є розширення ринку продуктів швидкого приготування. Плющенні крупи мають коротший термін варіння порівняно з цілим зерном. Розроблення режимів виробництва плющених круп із зерна пшениці полби забезпечить населення продуктами швидкого приготування з високою харчовою цінністю. Пшениця полба відома як

високобілкова зернова культура (може сягати понад 20 %), а також вона багата мінеральними речовинами, ліпідами і вітамінами [6]. Відомо, що полба має відмінні круп'яні властивості. Кулінарна якість круп із зерна пшениці полби знаходяться на високому рівні: розсипчаста консистенція цілих і подрібнених круп; горіховий аромат; жовтий або кремовий колір. Завдяки набування ніжності та легкості розжовування оболонок зернівки після теплового оброблення, зерно можна використовувати цілим без проведення лущення.

Методика досліджень. Експериментальну частину роботи проводили у лабораторії «Оцінювання якості зерна та зернопродуктів» кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва. У дослідженнях використано зерно пшениці полби (*Triticum dicoccum*) сорту Голіковська. Агротехнологія пшениці полби була загальноприйнята для Правобережного Лісостепу України. Зерно мало борошнистий ендосперм, вміст білка становив 11,7 %. Технологічна схема отримання круп'яних продуктів у лабораторних умовах була сформована відповідно «Правил організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах» [7]. Згідно до мети було розроблена схема дослідження (рис. 1).

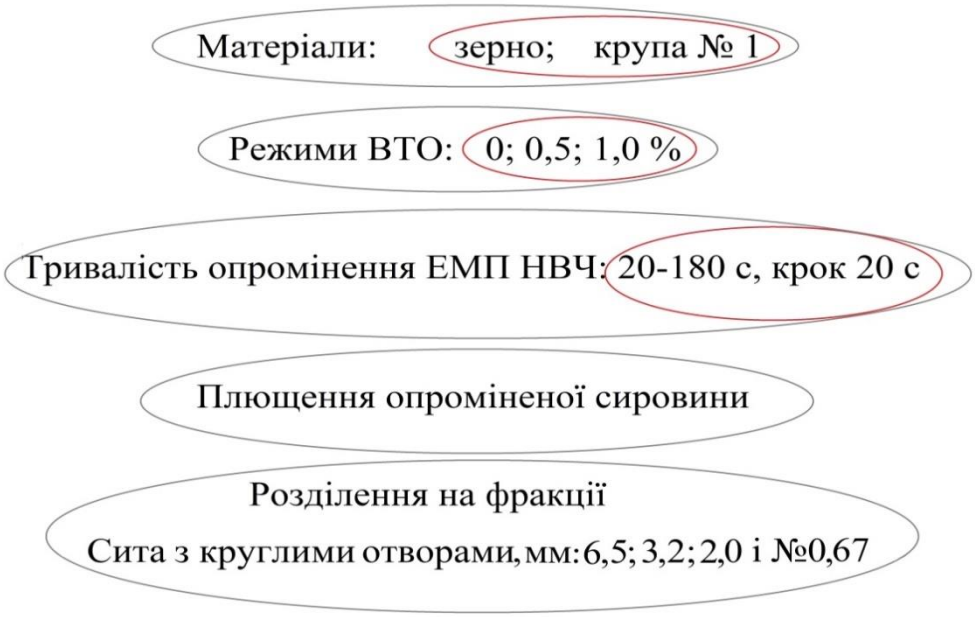

Рис. 1. Схема проведення дослідження

План повного факторного експерименту містив усі можливі комбінації чинників, що повторювалися на кожному рівні однакову кількість разів. Крупу № 1 із зерна пшениці полби одержували внаслідок лущення зерна протягом 180 с, що відповідало індексу лущення в 17 %. Лущення проводили у лабораторному лущильнику УШЗ-1 (колова швидкість 3000 об/хв). Маса зразка для лущення становила 150 г. Водотеплове оброблення (ВТО) – зволожування зерна проводили крапельним методом. Відволожували у герметичних циліндрах. Кількість води, необхідну для зволожування зерна, розраховували за формулою:

$$В = З \cdot \left(\frac{100-А}{100-Б}\right) - 1, \quad (1)$$

де В – кількість води для зволожування зерна, г;

З – маса зволожуваного зерна, г;

А – початкова вологість, %;

Б – кінцева вологість зерна, %.

Опромінення сировини електромагнітним полем надвисокочастотним випромінювання проводили в мікрохвильовій печі (НВЧ-піч) потужністю 1000 Вт. Маса зразка становила 100 г. Після оброблення в мікрохвильовій печі сировину плющили, не допускаючи охолодження зерна. Плющення проводили на вальцьовій плющилці марки ВПК–200, при зазорі між валками 1 мм. Валки нарізні, частота обертання 450 об/хв.

Продукти плющення охолоджували при кімнатній температурі. Їх сепарували на лабораторному розсіві РЛУ-1, застосовуючи сита з круглими отворами 6,5, 3,2 і 2,0 мм і сито № 0,67. У результаті отримували круп'яні продукти – прохід сита з круглими отворами 6,5 мм і схід сита 3,2 мм – крупа плющена вищого сорту; прохід 3,2 мм і схід 2,0 мм – крупа плющена першого сорту; прохід 2,0 мм і схід № 0,67 – (крупа) дрібка; прохід сита № 0,67 – мучка кормова. Вихід плющеної крупи та інших фракцій наведено у відсотках (%±0,1) до зерна перед обробленням у мікрохвильовій печі.

Кулінарне оцінювання проводили згідно патенту № 104152 «Спосіб

кулінарної оцінки круп'яних продуктів із зерна тритикале і пшениці». Методика дозволяє точніше ідентифікувати кулінарну якість із підвищеним вмістом клітковини.

Дослідження мали три аналітичні повторення. Математичне оброблення експериментальних матеріалів здійснювали за допомоги програм «Microsoft Excel 10» і «STATISTICA 10». Якість експерименту оцінювали значенням коефіцієнта варіації вибірок (V), що формували із даних аналітичних повторень. Варіація вважається слабкою (неістотною) якщо V<10 %; середньою від 11 до 25 %; сильною V>25 %. Експеримент вважали достовірним за неістотного варіювання даних аналітичних повторювань.

Залежності між факторами знаходили методом дисперсійного та регресійного аналізу. Щільність зв'язку між показниками оцінювали коефіцієнтом кореляції за шкалою R. E. Chaddock: 0,1–0,3 – незначний зв'язок; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1,00 – функціональний. Ступінь впливу чинників встановлювали згідно Partial eta-squared (η^2), як одним із способів статистичного оброблення даних. Рівень впливу оцінювали за таким розподіленням: 0,01–0,06 – низький; 0,06–0,14 – середній; понад 0,14 – високий вплив. Для визначення частки впливу чинника застосовували діаграму Паретто.

Результати дослідження. Встановлення зв'язків між зволожуванням зерна та тривалістю дії електромагнітного поля НВЧ опромінювання здійснювали за допомогою аналізу центрального композиційного плану, кроки та рівні якого наведено у табл. 1.

Табл. 1. Кроки і рівні варіювання

Чинник	Нижній рівень	Верхній рівень	Середнє значення
Зволожування зерна, %	0	1,5	0,75
Тривалість дії НВЧ опромінювання	20	180	80

За допомогою методів дисперсійного аналізу встановлено достовірний вплив тривалості оброблення зерна в НВЧ-печі, лущення зерна і проведення ВТО на загальний вихід круп після лущення (рис. 2, 3).

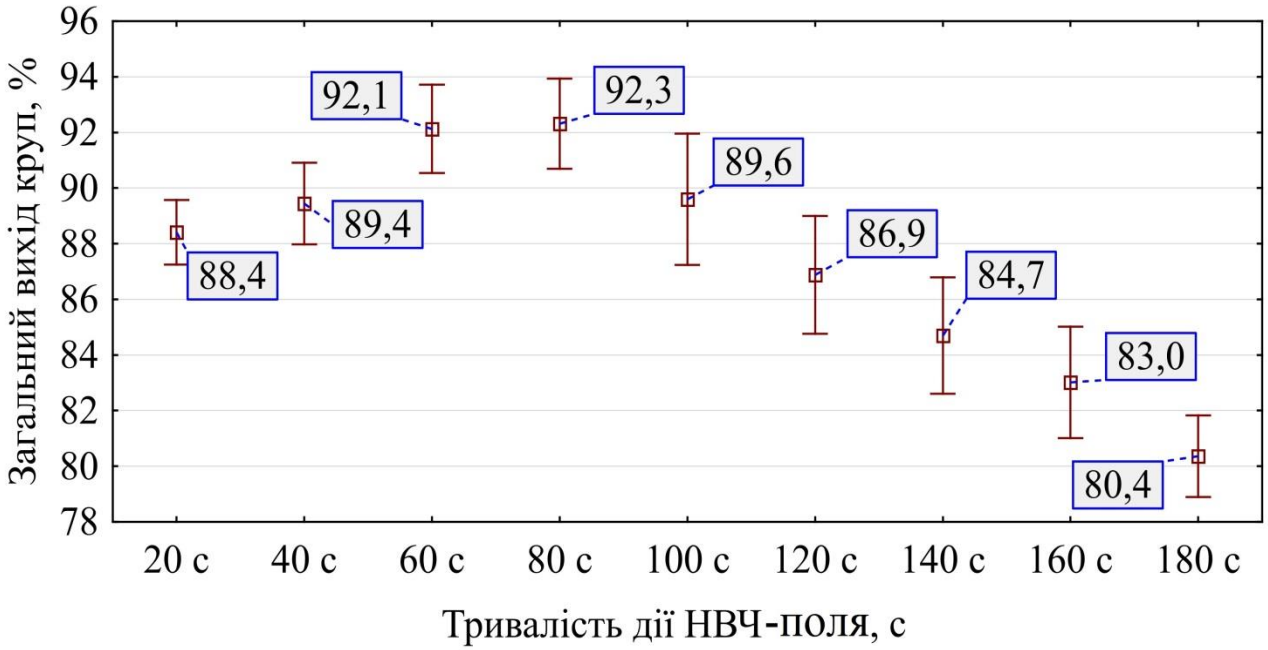

Рис. 2. Результати дисперсійного аналізу залежності між тривалістю опромінення зерна ЕМП НВЧ і загальним виходом круп (вертикальні смуги позначають 0,95 довірчий інтервал)

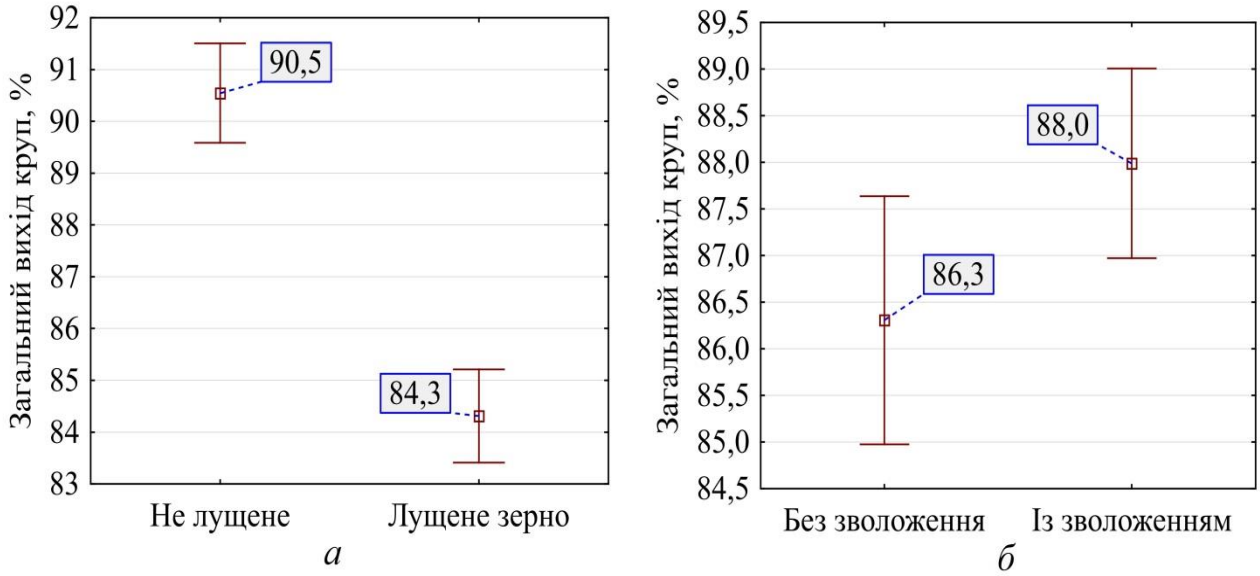

Рис. 3. Результати дисперсійного аналізу залежності між використанням лущення зерна, ВТО і загальним виходом круп (вертикальні смуги позначають 0,95 довірчий інтервал):

а – використання зерна і крупи №1; б – застосовування ВТО

Вибірки цифрових даних виходу всіх фракцій було оброблено за допомогою надбудови Descriptive statististics (STATISTICA 10). Варіювання результатів аналітичних повторювань було неістотним (V<10 %), тому для подальшого аналізу використовувалися середні значення вибірок.

Загальний вихід круп після плющення зерна без застосування водотеплового оброблення змінювався від 82,9 до 95,0 % залежно від тривалості оброблення в ЕМП НВЧ (табл. 2).

Зволожування зерна на 0,5 % збільшує загальний вихід круп до 85,1–96,5 % або лише на 2–3 % порівняно з варіантом без зволожування. При зволожуванні зерна пшениці полби на 1,0 % вихід крупи становив 83,0–95,1 %, що майже не змінювалось порівняно з варіантами без зволожування.

Вихід крупи плющеної змінювався в більшому діапазоні залежно від тривалості опромінювання ЕМП НВЧ. У варіантах без зволожування зерна найвищий вихід крупи плющеної вищого сорту був за опромінювання впродовж 80 с – 72,9 %. Вихід крупи плющеної першого сорту становив при цьому 17,2 %, дрібки – 4,9, мучки – 4,9 %. З підвищенням тривалості опромінювання цей показник знижувався до 39,7 % або на 46 %. Зниження виходу крупи плющеної вищого сорту відбувається завдяки підвищенню виходу крупи плющеної першого сорту, дрібки і мучки.

Застосування зволожування зерна пшениці полби на 0,5 % істотно підвищувало вихід крупи плющеної вищого сорту. Так, за опромінення в мікрохвильовій печі впродовж 80 с він становив 74,4 %. Проте найвищим був за опромінювання впродовж 100 с – 79,5 . Вихід крупи плющеної, дрібки і мучки змінювався обернено пропорційно до виходу крупи плющеної вищого сорту. Очевидно, що зволожування зерна сприяє меншій його крихкості. Застосування зволожування зерна на 1,0 % істотно не підвищувало вихід крупи вищого сорту. Оптимальним є опромінювання зерна впродовж 80–120 с з його відволожуванням на 0,5–1,0 %.

Табл. 2. Вихід круп'яних продуктів із зерна пшениці полби, одержаних після оброблення в ЕМП НВЧ, %

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Без зволожування					
20	14,8±0,7	50,6±2,1	25,0±1,1	90,4±0,4	9,6±0,4
40	36,6±1,8	39,9±0,8	14,8±0,6	91,4±0,5	8,6±0,5
60	54,9±1,6	32,2±1,6	6,6±0,3	93,7±0,3	6,3±0,3
80	72,9±1,1	17,2±0,7	4,9±0,3	95,1±0,2	4,9±0,2
100	60,3±0,5	21,3±0,6	8,8±0,4	90,3±0,5	9,7±0,5
120	57,3±1,1	22,6±1,0	9,5±0,5	89,4±0,5	10,6±0,5
140	53,9±2,1	25,2±1,1	8,2±0,4	87,3±0,7	12,7±0,7
160	44,4±1,6	25,7±0,5	13,3±0,6	83,4±0,7	16,6±0,7
180	39,7±2,0	31,7±1,1	11,5±0,5	83,0±0,5	17,0±0,5
Зволожування зерна на 0,5 %					
20	17,4±0,2	48,7±1,3	23,4±0,7	89,5±0,8	10,5±0,8
40	43,5±2,2	34,3±1,5	13,6±0,6	91,5±0,4	8,5±0,4
60	64,8±1,7	25,8±1,2	5,8±0,3	96,4±0,2	3,6±0,2
80	74,4±0,9	17,1±0,9	4,2±0,2	95,7±0,2	4,3±0,2
100	79,5±0,8	13,0±0,6	4,0±0,2	96,4±0,2	3,6±0,2
120	71,2±1,3	17,2±0,7	4,6±0,2	93,0±0,4	7,0±0,4
140	63,4±1,6	20,8±0,9	5,4±0,3	89,6±0,5	10,4±0,5
160	59,4±1,6	20,9±0,9	9,3±0,4	89,6±0,4	10,4±0,4
180	48,2±2,3	28,5±1,2	8,4±0,4	85,1±0,8	14,9±0,8
Зволожування зерна на 1,0 %					
20	29,3±1,1	44,5±1,8	17,5±0,5	91,3±0,4	8,7±0,4
40	44,8±1,9	38,0±1,1	10,6±0,6	93,4±0,3	6,6±0,3
60	62,8±1,5	27,8±1,2	4,5±0,3	95,1±0,3	4,9±0,3
80	75,4±1,0	12,0±0,5	7,6±0,3	95,0±0,3	5,0±0,3
100	76,8±1,2	14,1±0,8	3,7±0,2	94,6±0,3	5,4±0,3
120	67,5±1,6	17,7±0,9	4,8±0,2	90,0±0,5	10,0±0,5
140	61,4±1,6	20,0±1,0	7,8±0,3	89,2±0,4	10,8±0,4
160	49,4±2,2	25,2±1,2	11,1±0,5	85,7±0,6	14,3±0,6
180	44,4±2,3	25,9±1,1	9,3±0,4	79,6±0,9	17,0±0,9

Примітка. V<10 %; η^2 (тривалості дії ЕМП НВЧ і проведення ВТО) >0,14.

Вихід крупи вищого і першого сорту можна описати за допомогою таких

множинних лінійних моделей:

Схід 3,2 мм = -7,8737+1,35x+23,768y-0,0062xx-0,0519xy-8,7519yy (2)

Схід 2,0 мм = 65,9353-10,0469x-0,8083y+4,1889xx+0,0082xy+0,0035yy, (3)

де x – режим ВТО, %;

y – тривалість опромінення зерна в мікрохвильовій печі, с.

Залежності 2 і 3 можна зобразити графічно (рис. 4).

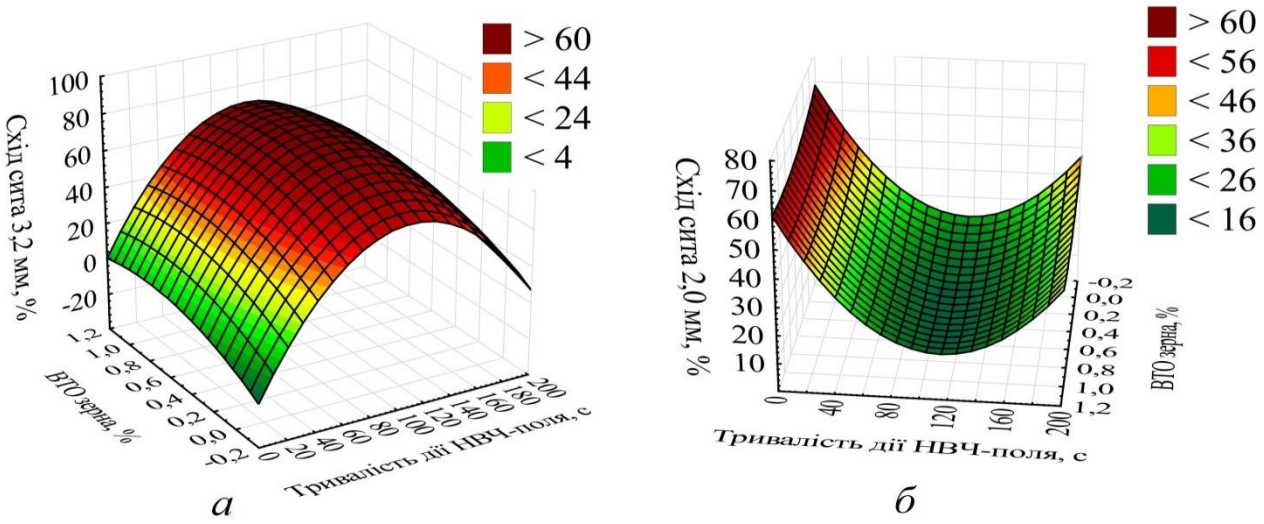

Рис. 4. Вихід круп плющення із зерна пшениці полби, залежно від тривалості НВЧ-опромінення та проведення ВТО, %:

а – крупа вищого сорту; б – крупа першого сорту

За результатами проведення статистичного оброблення можна стверджувати про значний вплив тривалості опромінення НВЧ полем на вихід круп і мучки. Ймовірність впливу зволожування зерна на відповідний процес була низькою, що підтверджується діаграмою Паретто (рис. 5)

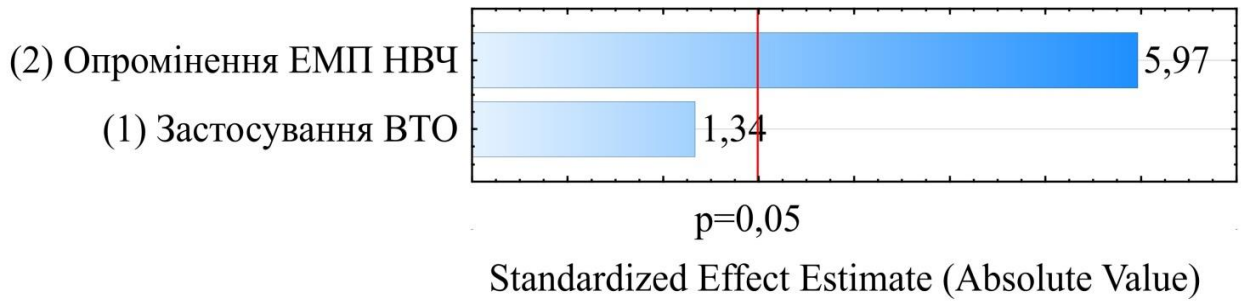

Рис. 5. Діаграма Паретто, що показує вплив тривалості опромінення ЕМП НВЧ і ВТО на вихід крупи плющеної вищого сорту із зерна полби

Між тривалістю опромінення зерна в ЕМП НВЧ і загальним виходом круп встановлено істотний обернений кореляційний зв'язок (r = -0,6603±0,1). Він описується рівнянням регресії y = 96,0522-0,0551x, де y – загальний вихід круп, %; x – тривалість дії НВЧ-поля, с (рис. 6).

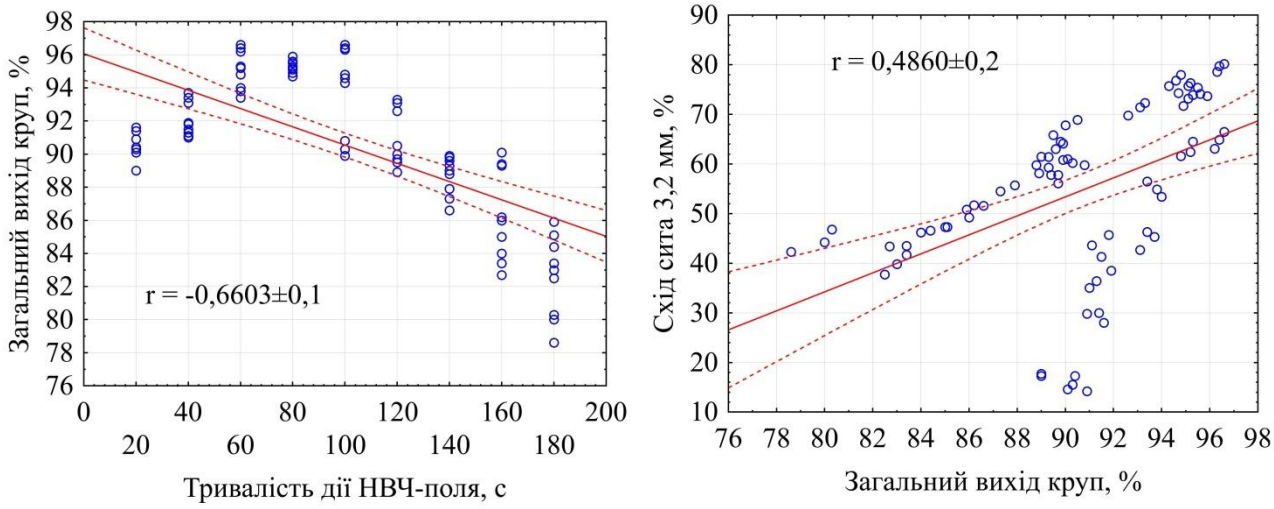

Рис. 6. Кореляційна залежність між тривалістю опромінення зерна полби ЕМП НВЧ, загальним виходом круп і виходом крупи плющеної вищого сорту ($p<0,05$)

Між загальним виходом круп і виходом плющеної крупи вищого сорту встановлено істотний прямий кореляційний зв'язок (r = 0,486±0,2). Він описується наступним рівнянням регресії y = -118,9097+1,914x, де y – вихід крупи плющеної вищого сорту; x – загальний вихід круп, %.

Використання крупи № 1 в якості сировини для виготовлення плющених круп зменшує загальний вихід на 6,4 % порівняно із використанням зерна. Зменшення виходу крупи супроводжуються підвищенням одержання дрібки, крупи плющеної першого сорту і мучки. Причиною зменшення виходу круп потрібно шукати у зміні відношення між анатомічними складовими зернівок. Основною різницею в анатомічному складі між зерном і крупою № 1 є зменшений вміст оболонок. Очевидно, плівки зернівки виконують роль каркасу

для утримування часточок плющеного ендосперму.

Найбільший вплив на вихід плющених круп зумовлювало використання різної сировини (p<0,05) – зерна і крупи № 1. Збільшення тривалості опромінювання сировини ЕМП НВЧ також має значний вплив. Використання ВТО мав найменший вплив на загальний вихід круп. Вказані гіпотези підтверджуються діаграмою Паретто (рис. 7).

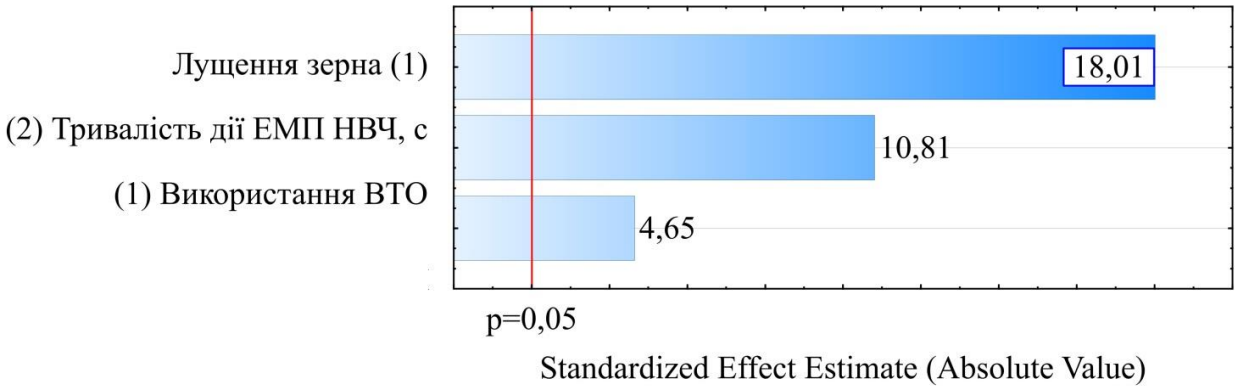

Рис. 7. Діаграма Паретто, що показує вплив лущення зерна, опромінення зерна ЕМП НВЧ і ВТО на загальний вихід круп

Залежно від режимів водотеплового оброблення загальний вихід круп змінювався в незначному діапазоні. Так, вихід круп після плющення крупи № 1 без застосування ВТО змінювався від 77,5 до 88,4 % залежно від тривалості оброблення в мікрохвильовій печі (табл. 3). Зволожування зерна на 0,5 % збільшує загальний вихід круп до 78,3–90,1 % або лише на 1–2 пункти порівняно з варіантом без зволожування. При зволожуванні крупи № 1 на 1,0 % загальний вихід круп становив 77,5–90,9 %, що майже не змінювалось порівняно з варіантами без зволожування.

Вихід крупи плющеної змінювався в більшому діапазоні залежно від тривалості оброблення в мікрохвильовій печі. У варіантах без зволожування зерна найвищий вихід крупи плющеної вищого сорту був за опромінювання впродовж 80 с –32,5 %. Це в 2,2 раза менше виходу крупи порівняно аналогічним режимом оброблення зерна. Вихід крупи плющеної першого сорту становив при цьому 31,3%, дрібки – 23,3, мучки – 12,8 %. З підвищенням тривалості опромінювання цей показник знижувався до 10,8 % або в тричі.

Табл. 3. Вихід круп'яних продуктів із крупи № 1 пшениці полби, одержаних після оброблення в ЕМП НВЧ, %

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Без зволожування					
20	0,7±0,1	41,3±1,1	43,3±1,3	85,3±0,6	14,7±0,6
40	3,7±0,2	51,0±2,0	30,4±1,2	85,2±0,7	14,8±0,7
60	28,0±1,2	34,5±1,6	25,9±1,0	88,4±0,6	11,6±0,6
80	32,5±1,5	31,3±2,2	23,3±1,2	87,2±0,5	12,8±0,5
100	29,4±1,3	29,2±1,2	25,8±1,1	84,4±0,8	15,6±0,8
120	22,9±0,9	29,6±1,5	29,4±0,9	81,9±0,8	18,1±0,8
140	17,8±0,9	35,7±1,9	27,4±1,1	80,8±0,3	19,2±0,3
160	12,5±0,5	29,4±1,4	37,0±1,3	78,9±1,0	21,1±1,0
180	10,8±0,5	29,6±1,3	37,2±1,7	77,5±1,1	22,5±1,1
Зволожування зерна на 0,5 %					
20	1,3±0,1	50,7±1,9	33,9±1,4	85,9±0,5	14,1±0,5
40	5,8±0,3	43,1±1,8	38,4±1,7	87,3±0,2	12,7±0,2
60	28,7±1,4	36,0±1,9	24,7±0,9	89,3±0,6	10,7±0,6
80	38,9±1,7	30,8±1,6	20,4±0,5	90,1±0,5	9,9±0,5
100	29,0±1,8	36,7±0,8	20,7±0,6	86,4±0,7	13,6±0,7
120	26,5±1,1	34,9±1,6	22,2±0,9	83,6±0,4	16,4±0,4
140	18,5±0,8	25,9±1,0	35,9±1,5	80,3±1,4	19,7±1,4
160	13,1±0,5	28,7±0,5	36,5±0,7	78,3±0,9	21,7±0,9
180	12,1±0,5	36,3±1,7	31,0±1,3	79,4±0,9	20,6±0,9
Зволожування зерна на 1,0 %					
20	2,2±0,1	52,1±1,4	33,8±1,0	88,0±0,4	12,0±0,4
40	8,3±0,2	52,8±1,3	26,9±1,4	87,9±0,4	12,1±0,4
60	29,0±1,1	35,6±0,5	25,2±1,2	89,8±0,4	10,2±0,4
80	45,6±2,2	27,7±1,2	17,6±1,1	90,9±0,4	9,1±0,4
100	31,5±1,1	27,4±0,8	26,6±1,2	85,5±0,7	14,5±0,7
120	28,3±1,2	32,8±1,7	22,3±1,0	83,4±0,5	16,6±0,5
140	22,9±0,9	24,6±1,3	33,5±0,6	81,0±0,3	19,0±0,3
160	14,4±0,6	35,1±1,6	32,7±1,4	82,2±0,4	17,8±0,4
180	13,1±0,5	34,0±1,8	30,4±0,8	77,5±0,5	22,5±0,5

Примітка. V<10 %; I^2 (тривалості дії ЕМП НВЧ і проведення ВТО) >0,14.

Зниження виходу крупи плющеної вищого сорту відбулося завдяки

підвищенню виходу дрібки, крупи плющеної першого сорту і мучки. Застосування зволожування крупи № 1 з пшениці полби на 0,5 % значно підвищувало вихід крупи плющеної вищого сорту. Так, за ЕМП НВЧ упродовж 80 с він становив 38,9 %, що на 16 % більше варіанту без зволожування. Найвищий вихід крупи плющеної вищого сорту був за зволожування на 1,0 % і опромінювання впродовж 80 с – 45,6 %. Вихід крупи плющеної першого сорту становив при цьому 27,7%, дрібки – 17,6, мучки – 9,1 %. Очевидно, що зволожування зерна сприяє меншій його крихкості. Слід відмітити про більший вплив водотеплового оброблення при використані крупи № 1 порівняно з зерном. Причиною цього є швидше проникнення вологи у внутрішні шари ендосперму. Це сприяє прискоренню біохімічних процесів під час опромінення ЕМП НВЧ. Оптимальним є опромінювання зерна впродовж 80–100 с з його зволожуванням на 1,0 %. Вихід крупи вищого і першого сорту можна описати за допомогою таких множинних лінійних моделей:

$$\text{Схід 3,2 мм} = -16{,}7517+0{,}8848x+3{,}1741y-0{,}0043xx-0{,}0033xy+1{,}2815yy \quad (4)$$

$$\text{Схід 2б0 мм} = 56{,}3552+6{,}5796x-0{,}4379y-2{,}8xx-0{,}0262xy+0{,}0017yy, \quad (5)$$

де x – режим ВТО, %;

y – тривалість опромінення крупи № 1 в мікрохвильовій печі, с.

Залежності 4 і 5 можна зобразити графічно (рис. 8)

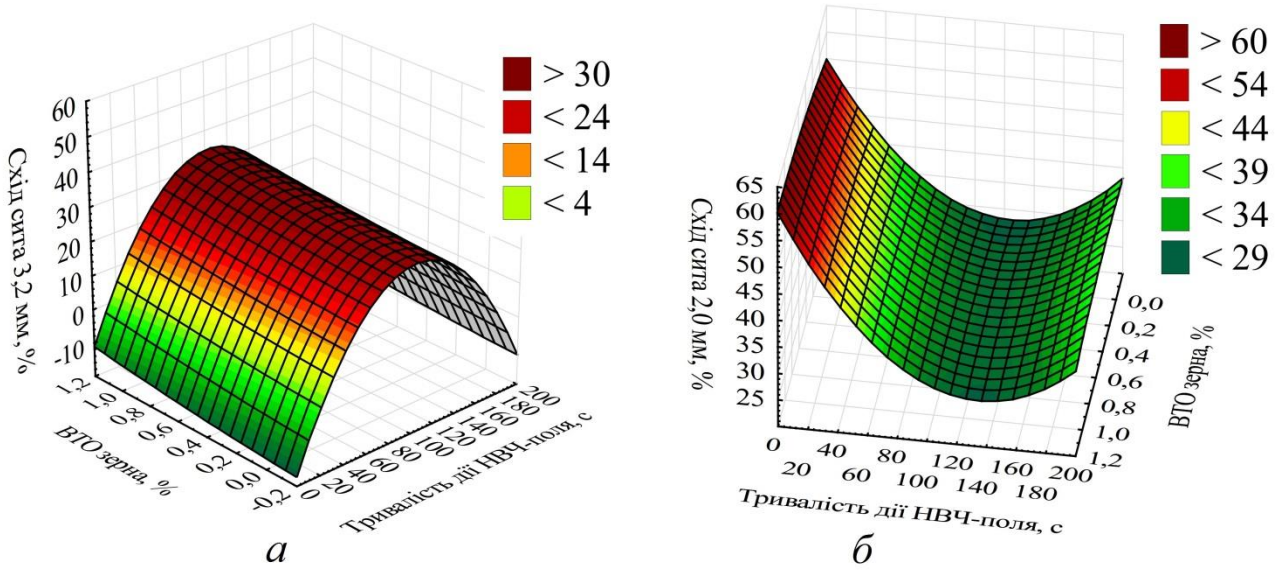

Рис. 8. Вихід круп плющення із цілої крупи № 1 пшениці полби, залежно від тривалості НВЧ-опромінення та проведення ВТО, %:

а – крупа вищого сорту; б – крупа першого сорту

За результатами проведення статистичного оброблення можна стверджувати про значущий вплив тривалості опромінення НВЧ полем і проведення ВТО на вихід круп і мучки, що підтверджується діаграмою Паретто (рис. 9)

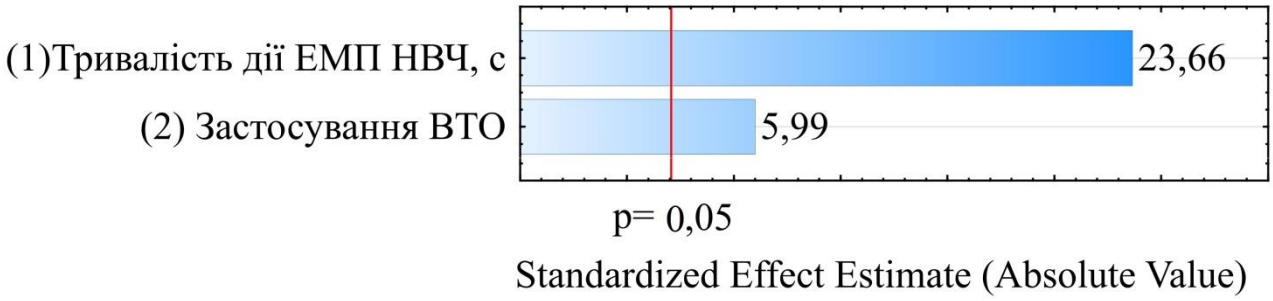

Рис. 9. Діаграма Паретто, що показує вплив опромінення ЕМП НВЧ і проведення ВТО на вихід крупи плющеної вищого сорту із крупи № 1

Між тривалістю опромінення зерна в ЕМП НВЧ і загальним виходом круп встановлено високий обернений кореляційний зв'язок (r = -0,8228±0,2). Він описується рівнянням регресії y = 90,7676-0,0646x, де y – загальний вихід круп, %; x – тривалість опромінення ЕМП НВЧ, с (рис. 10).

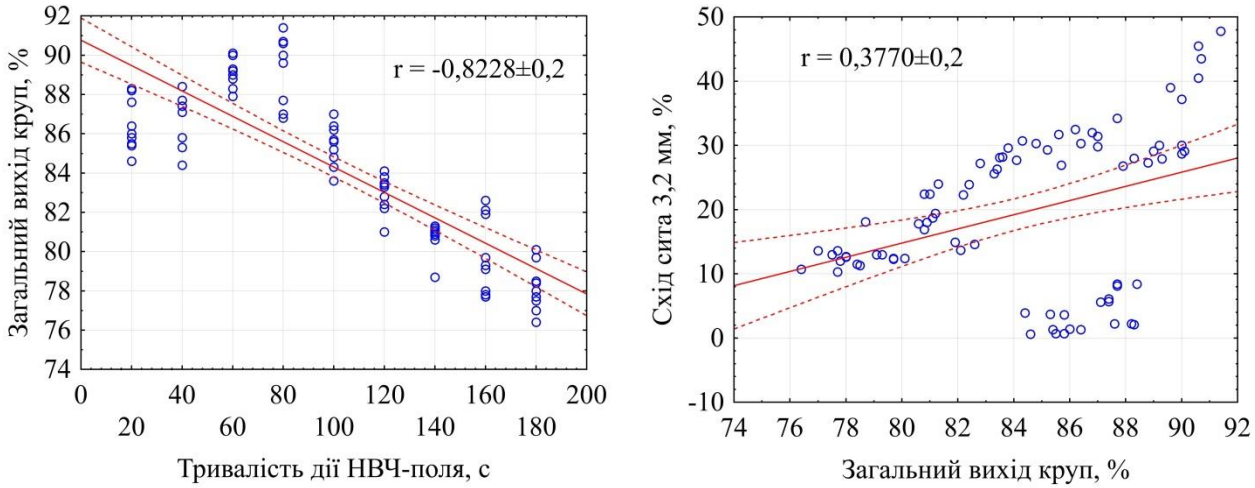

Рис. 10. Кореляційна залежність між тривалістю опромінення ЕМП крупи № 1 НВЧ, загальним виходом круп і виходом крупи плющеної вищого сорту ($p<0,05$)

Між загальним виходом круп і виходом плющеної крупи вищого сорту встановлено помірний прямий кореляційний зв'язок (r = 0,377±0,2). Він описується наступним рівнянням регресії y = -73,7086+1,1059x, де y – вихід крупи плющеної вищого сорту; x – загальний вихід круп, %.

Для круп'яних продуктів спокусою серед покупців є кулінарні властивості. Була проведена кулінарна оцінка крупи плющеної вищого сорту. Оцінювання здійснювали у крупів одержаних із зерна та крупи № 1 без проведення ВТО. Відомо [8], що на запах, колір і консистенцію під час розжовування значно впливає вміст оболонок (рис. 11).

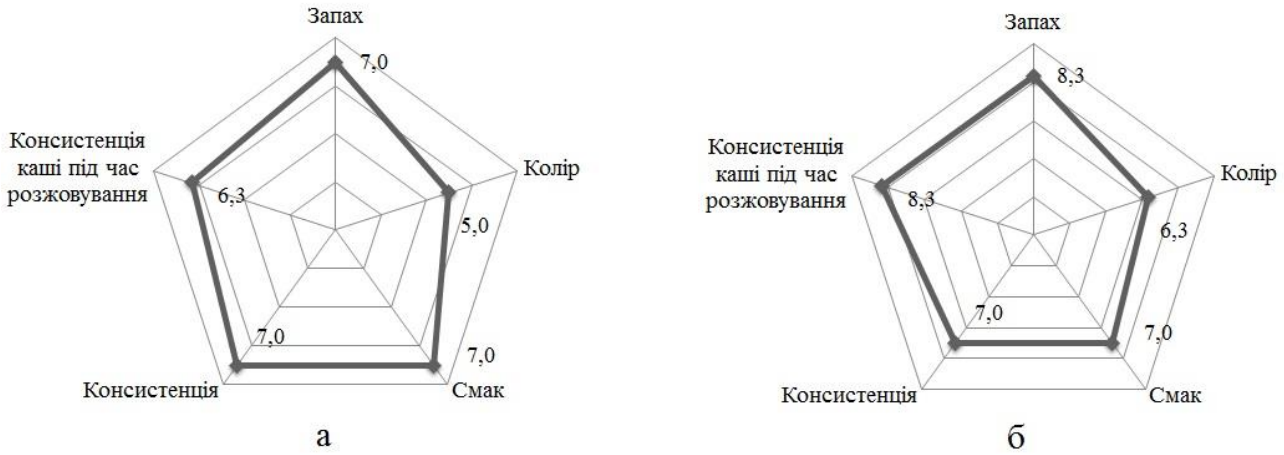

Рис. 11. Кулінарну якість крупи плющеної вищого сорту залежно від типу сировини, бала: а – зерно, б – крупа № 1

Зміна тривалості дії НВЧ-випромінювання і проведення ВТО не впливали на загальну кулінарну оцінку. Для узагальнення органолептичних показників якості можна застосувати визначення загальної кулінарної оцінки.

Вважається, що загальна кулінарна оцінка з показником 8,0–9,0 бала — дуже висока, 6,6–8,0 — висока, 5,4–6,6 — середня, 4,0–5,4 — низька, < 4,0 бала — дуже низька [9].

Отже, крупа плющена вищого сорту, отримана із зерна пшениці полби мала середню кулінарну оцінку. Високу кулінарну якість мала крупа плющена

вищого сорту, одержана із крупи № 1 пшениці полби. Кулінарна якість змінювалася лише від вибраної сировини, тому доцільно вибирати режими виробництва, які забезпечать найбільший вихід конкретної крупи, а тип сировини залежно від попиту населення.

Висновки. Найбільший вплив на вихід крупи плющеної зумовлює лущення зерна. Збільшення тривалості опромінення ЕМП НВЧ впливає менше, проте також має значний вплив. Застосування ВТО має найменший вплив на вихід круп, проте достовірний. Вихід крупи плющеної вищого сорту із нелущеного зерна вищий в 1,7–2 раза порівняно з використанням цілої крупи № 1.

Кулінарна якість крупи плющеної вищого сорту найбільше залежить від тривалості лущення. Параметри водотеплового оброблення і тривалість опромінення ЕМП НВЧ не впливають на органолептичні показники. Високий показник кулінарної оцінки (7,4 бала) має крупа плющена вищого сорту із крупи № 1 пшениці полби. Перероблення зерна забезпечує крупу із середньою кулінарною якістю.

Для одержання найвищого виходу крупи плющеної вищого сорту тривалість опромінення ЕМП НВЧ незалежно від сировини (зерно/крупа № 1) становить 80–100 с при зволожуванні на 0,5–1,0 %. Загальний вихід круп за цих режимів становить 85,5–96,5 %.

Література

1. Qu C., Wang H., Liu S., Wang,F., Liu C. Effects of microwave heating of wheat on its functional properties and accelerated storage. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. V. 54(11). P. 3699–3706.

2. Diraman H. Effect of Microwaves on Technological and Rheological Properties of Suni-Bug (Eurygaster spp) Damaged and Undamaged Wheat Flour. *Food Science and Technology Research*. 2010. V. 16(4). P. 313–318.

3. Neill G., Al-Muhtaseb A. H., Magee T. R. A. Optimisation of time/temperature treatment, for heat treated soft wheat flour. *Journal of Food*

Engineering. 2012. V. 113(3). P. 422–426.

4. Lamacchia C., Landriscina L., D'Agnello P. Changes in wheat kernel proteins induced by microwave treatment. *Food Chemistry*. 2016. V. 197. P. 634–640.

5. Куропаткина О. В., Андреева А. А., Кирдяшкин В. В. Интенсивная инфракрасная обработка при производстве пшеничных хлопьев, готовых к употреблению. *Пищевая промышленность*. 2014. №. 6. С. 38–40.

6. Čurná V., Lacko-Bartošová M. Chemical Composition and Nutritional Value of Emmer Wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a Review. *Journal of Central European Agriculture*. 2017. V. 18(1). P. 117–134.

7. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах [Крошко Г. Д., Левченко В. І., Назаренко Л. Н. та ін.]. Київ: Віпол, 1998. 163 с.

8. Любич В. В., Полянецька І. О. Якість цілої крупи із зерна спельти залежно від індексу лущіння та водно-теплової обробки. *Вісник Уманського НУС.* 2015. № 1. С. 34–39.

9. Любич В. В. Круп'яні властивості зерна пшениці м'якої озимої залежно від сорту. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2019. № 2. С. 71–79.

References

1. Qu, C., Wang, H., Liu, S., Wang, F., Liu, C. (2017). Effects of microwave heating of wheat on its functional properties and accelerated storage. *Journal of Food Science and Technology*, vol 54(11), pp. 3699–3706.

2. Diraman, H. (2010). Effect of Microwaves on Technological and Rheological Properties of Suni-Bug (Eurygaster spp) Damaged and Undamaged Wheat Flour. *Food Science and Technology Research*, vol. 16(4), pp. 313–318.

3. Neill, G., Al-Muhtaseb, A. H., Magee, T. R. A. (2012). Optimisation of time/temperature treatment, for heat treated soft wheat flour. *Journal of Food Engineering*, vol. 113(3), pp. 422–426.

4. Lamacchia, C., Landriscina, L., D'Agnello, P. (2016). Changes in wheat kernel

proteins induced by microwave treatment. *Food Chemistry*, vol. 197, pp. 634–640.

5. Kuropatkina O. V., Andreeva A. A., Kirdyashkin V. V. (2014). Development of Production Technology of Wheat Flakes Ready to Consume with IR Radiation Usage. *Food industry*, vol. 6, pp. 38–40.

6. Čurná V., Lacko-Bartošová M. (2017). Chemical Composition and Nutritional Value of Emmer Wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a Review. *Journal of Central European Agriculture*. V. 18(1). P. 117–134.

7. Kroshko, G., Levchenko, V., Nazarenko, L. et al. (1998). The rules of organization and management process in cereal plants. Kiev: Vipol., 163 p. (in Ukrainian).

8. Liubych, V. V., Polyanetska, I. O. (2015). Quality of cereals grain of spellt wheat depending on the index its unhusking and water-heat processing. *Bulletin of Uman NUH*, no. 1, pp. 34–39. (in Ukrainian).

9. Liubych V. V. (2019). Cereal properties of grain of bread wheat depending on the variety. *Bulletin of the Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko*, no. 2, pp. 94–101. (in Ukrainian).

Аннотация

Осокина Н. М., Любыч В. В. , Новиков В. В., Лещенко И. А.

Выход крупы плющеной из пшеницы полбы в зависимости от продолжительности облучения ЭМП СВЧ и водотепловой обработки

В статье приведены результаты исследований изменений выхода круп плющеных от воздействия длительности облучения электромагнитным полем сверхвысокой частоты, проведение водотепловой обработки и использование различного сырья. В качестве сырья использовано зерно и целая крупа № 1 из пшеницы полбы Голиковская.

Установлено достоверное влияние на общий выход крупы плющеной продолжительности обработки зерна в СВЧ-печи, использование зерна/крупы № 1 и проведения ВТО. Выход крупы плющеной высшего сорта из зерна выше в

1,7–2 раза в сравнении с использованием целой крупы № 1. Снижение выхода крупы плющеной высшего сорта происходит за счет повышения получения крупы плющеной первого сорта, крупы “крупинки” и мучки.

Для получения оптимального выхода крупы плющеной высшего сорта является срок облучения электромагнитным полем СВЧ независимо от сырья (зерно/крупа № 1) 80–100 с при увлажнении на 0,5–1,0 %. Выход крупы плющеной высшего сорта при оптимальных режимах составляет 74,4–79,5 % из зерна, 31,5–45,6 % — из крупы № 1. Общий выход круп при оптимальных режимах составляет 85,5–96,5 %.

Кулинарное качество крупы плющеной высшего сорта зависит от содержания анатомических составляющих зерновки (оболочек). Параметры водотепловой обработки и продолжительность облучения ЭМП СВЧ не влияют на органолептические показатели. Высокий показатель кулинарной оценки (7,4 балла) имела крупа плющеная высшего сорта полученная с целой крупы № 1 пшеницы полбы. При использовании зерна обеспечивается среднее кулинарное качество крупы.

Ключевые слова: *пшеница полба, целая крупа, зерно, плющение, микроволновая печь*

Annotation

Osokina N. M., Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A.

Yield of spelt wheat rolled grits depending on exposure time to microwave EMF (electromagnetic field of high-frequency current) and water treatment

The article summarizes studies results of the changes in the yield of rolled grits from the effect of exposure duration to an electromagnetic field of an ultra-high frequency, conducting water treatment and the use of various initial materials. As initial materials, grain and whole grits No. 1 of spelt wheat variety Holikovska were used.

A significant effect of grain processing time in a microwave oven, the use of grain/grits No. 1 and water treatment on the overall yield of rolled grits were established. The yield of rolled grits of the highest grade from grain is 1,7–2 times higher in comparison with the use of whole grits No. 1. The decrease in yield of rolled grits of the highest grade is due to an increase in the production of rolled grits of the first grade, single 'grains' of grits and flour.

To obtain the best rolled grits yield, the exposure period to the microwave electromagnetic field, regardless of the raw materials (grain/grits No. 1), is 80–100 s, with moistening of 0,5–1,0 % is important. The yield of rolled grits of the highest grade under optimal conditions is 74,4–79,5 % of the initial materials — grain, 31,5–45,6 % of the initial materials — whole grits No. 1. The total grits yield in these modes is 85,5–96,5 %.

The culinary quality of rolled grits of the highest grade depends on the content of anatomical components of the kernel (shells). The parameters of water treatment and the exposure duration to microwave EMF do not affect to the organoleptic characteristics. The high culinary evaluation (7,4 points) was obtained by rolled grits of the highest grade obtained from spelt wheat whole grits No. 1. When using initial materials – grain, the average culinary quality of grits is ensured.

Keywords: *spelt wheat, whole grits, grain, rolling, microwave.*