

УДК 664.6.7:621.927:006.083

DOI: 10.15673/swonaft.v88i2.3032

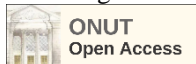
АНАЛІЗ СТАБІЛЬНОСТІ КІЛЬКІСНО-ЯКІСНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОМЕЛІВ НА МЛИНІ НЕВИСОКОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

Жигунов Д.О., проф., д-р техн. наук, Солоницька І.В., доц., канд. техн. наук,
Волошенко О.С., доц., канд. техн. наук, Ковтун А.В., аспірант
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Copyright © 2024 by author and the journal «Scientific Works»

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Анотація. У статті наведено аналіз стабільності кількісно-якісних результатів помелів за розширеною системою оцінки показників якості. Проаналізовано якість 20 помельних партій зерна пшениці та 40 зразків борошна, з яких 20 – борошно вищого сорту та 20 – борошно першого сорту.

Встановлено, що найбільша мінливість якості у досліджуваних зразках характерна саме для показника число падіння (ЧП), який змінювався у межах 240-370 с – у зерні, 309-477 с – у борошні вищого сорту та 300-456 с – у борошні першого сорту. Стабілізація та контроль показника ЧП дозволить отримувати борошно зі стабільними характеристиками альфа-амілолітичної активності.

Вміст та індекс деформації клейковини є «традиційними» вітчизняними показниками оцінки хлібопекарської якості борошна. Однак, в реаліях сьогодення цих показників для комплексної оцінки хлібопекарських властивостей сортового борошна недостатньо. Тому все частіше хлібопекарі приділяють увагу показнику енергії деформації або «сила борошна» (W). Показники альвеографічного дослідження борошномели всього світу використовують для аналізу та оптимізації якості борошна відповідно до специфікацій замовника. В Україні показник «сила борошна» входить лише у перелік некласоутворювальних показників якості зерна пшениці м'якої згідно з ДСТУ 3768:2019, стандарт ГСТУ 46.004-99 не обмежує якість борошна за цим показником, одним з головних сортоутворюючих показників є вміст клейковини.

В результаті порівняння показників хлібопекарської якості борошна, які визначаються за вітчизняними методами (вміст клейковини та ІДК) та за зарубіжними методами (енергія деформації W та коефіцієнт конфігурації P/L) у сортовому борошні зроблено висновок, що прямого взаємозв'язку між вмістом клейковини і показником енергії деформації W, індексом деформації клейковини ІДК і показником P/L не спостерігається. З отриманих результатів видно, що традиційних показників для оцінки хлібопекарського потенціалу борошна недостатньо. Сучасна якість борошна в конкурентних умовах вимагає від виробника забезпечення необхідної «сили борошна» для конкретних груп хлібобулочних виробів.

Ключові слова: помельна партія, зерно пшениці, сортове борошно, якість борошна, стабільність, хлібопекарські властивості, контроль якості, хлібобулочні вироби.

Основною сировиною для виробництва хлібобулочних, кондитерських та макаронних виробів є пшеничне борошно, яке отримують у результаті помелу зерна. На борошномельних підприємствах застосовують два способи помелу, які визначають вихід та якість борошна: односортний, шляхом регулювання загального виходу борошна, та багатосортний, при якому отримують борошно вищого, першого та другого сортів. Саме цей спосіб помелу розповсюджений в Україні. Впровадження інноваційних технологій переробки зерна дозволяють отримувати загальний вихід борошна до 80 %, при цьому 58-65 % становить частка пшеничного борошна вищого сорту.

З огляду на посилення конкуренції та зростаючі вимоги покупців питання дотримання і покращення якості борошна є дуже актуальним. І щоб забезпечити нашу країну високоякісною продукцією та зайняти лідируючі позиції на ринку зернових продуктів, необхідно більш детально розібратися з проблемами, які пов'язані з показниками борошна [1].

Пшеничне борошно, яке виробляється на будь-якому борошномельному підприємстві, повинно відповідати вимогам стандарту ДСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови». Стандарт передбачає ряд показників, основними серед яких є: крупність помелу, вміст клейковини, індекс деформації клейковини, білість, число падіння. Однак навіть при відповідності показників якості

стандарту, хлібопекарські (споживчі) властивості різних партій пшеничного сортового борошна можуть різко відрізнятися. Насамперед це пов'язано з відмінністю технологічних властивостей зерна пшениці по різних регіонах України. Тому вирішальним фактором формування якості борошна є якість зерна [2,3].

Різна якість партій зерна ускладнює і знижує ефективність помелу, вимагає коригування режимів роботи технологічних систем, призводить до виготовлення борошна з різними показниками якості. Для підтримки стабільності технологічного процесу переробки зерна протягом певного часу та отримання борошна з заданими хлібопекарськими властивостями на млинах проводять формування помельних партій [4,5]. Формують партії або на елеваторах, або безпосередньо у підготовчих відділеннях борошномельних заводів [6]. Правильне виконання цієї важливої підготовчої операції дозволяє не тільки отримувати борошно зі стабільними показниками, а й раціонально та ефективно використовувати сировину [7].

Метою складання оптимального рецепту помельної партії в сучасних умовах є встановлення функціональної залежності між властивостями зерна різних класів і властивостями борошна різного цільового призначення. Розраховуючи рецепт помельної партії (відсоток підсортування, масу кожного компонента, якісну характеристику помельної партії), виходять з продуктивності борошномельного заводу, типу помелу, наявності зерна, його якості та якості готової продукції. Компоненти підбирають таким чином, щоб забезпечити високі борошномельні властивості зерна та задані функціонально-технологічні властивості борошна.

Хлібопекарські властивості борошна залежать від стану білково-протеїназного і вуглеводно-амілазного комплексів борошна. Ступінь і швидкість зміни цих комплексів зумовлюють процеси змішування тіста і якість кінцевого продукту – хліба.

Вміст та індекс деформації клейковини є показниками, які чинять вагомий вплив на хлібопекарську якість борошна. Відомо, що від вмісту клейковини та її в'язко-еластичних властивостей залежить здатність борошна давати при випічці пишний хліб з пружним, еластичним і пористим м'якушем. Вміст та індекс деформації клейковини є «традиційними» вітчизняними показниками оцінки хлібопекарської якості борошна. Однак, в реаліях сьогодення цих показників для комплексної оцінки хлібопекарських властивостей сортового борошна недостатньо. Тому все частіше хлібопекарі приділяють увагу показнику енергії деформації або «сила борошна» – W [8,9]. Окрім цього, показник W є одним з основних показників, що характеризують цільове призначення борошна та саме його хлібопекарі зазначають у специфікаціях на борошно різних типів, як за кордоном, так і у нашій країні. Це показник, який характеризує поведінку тіста при замішуванні, його в'язкість, пружність, еластичність, водопоглинаючу (ВПЗ) та газоутримуючу здатність борошна [10].

Метою представленої роботи була оцінка стабільності кількісно-якісних показників помелів на млині продуктивністю 70 тон на добу.

Завдання дослідження:

- провести оцінку стабільності показників якості помельних партій зерна, що переробляється на ТОВ «БАЗА МТЗ-АПК»;
- провести аналіз стабільності кількісно-якісних результатів помелів за розширеною системою оцінки показників якості;
- порівняти показники хлібопекарської якості борошна, які визначаються за вітчизняними та зарубіжними методами.

Методи та методика досліджень: вміст клейковини та ІДК у зерні та борошні визначали шляхом ручного відмивання за ГОСТ 13586.1-68 та ГОСТ 27839-88 відповідно, вміст білка – на ІЧ-аналізаторі FPI SupNIR 2700 за ISO 12099-2017, натуру – за допомогою пурки згідно з ДСТУ ГОСТ 10840:2019, склоподібність зерна визначали на діафаноскопі за ГОСТ 10987-76, число падіння у зерні та борошні – за ДСТУ ISO 3093:2019, білість борошна – шляхом вимірювання коефіцієнта відбиття від поверхні борошна за ДСТУ ГОСТ 26361:2019. Альвеографічне дослідження проводили за ISO 27971:2023 «Common wheat (*Triticum aestivum* L.) Determination of alveograph properties of dough at constant hydration from commercial or test flours and test milling methodology». При цьому визначали наступні параметри: P – пружність тіста або його здатність протистояти деформації, мм; L – розтяжність тіста або максимальний об'єм повітря, який може утримувати пухир тіста, мм; W – загальну енергію деформації (10^4 Дж) або так звану хлібопекарну силу борошна (од.); P/L – коефіцієнт конфігурації альвеограми.

На борошномельному заводі ТОВ «БАЗА МТЗ-АПК» формування помельної партії відбувається до направлення зерна у зерноочисне відділення шляхом змішування зерна з 10 бункерів для неочищеного зерна: 4-х бункерів ємністю по 48 т та 6-ти бункерів ємністю по 42 т. Особлива увага на цьому етапі приділена забезпеченню в помельній партії заданої кількості і якості клейковини, що необхідно для вироблення борошна з встановленими за цією ознакою характеристиками (табл. 1).

Високий показник натуре характеризує високу якість зерна та забезпечує вихід борошна, за базисними кондиціями натура пшениці при сортових помелах складає 775 г/л [4]. Натура зерна помельних партій коливалась в межах 750-795 г/л при середньому значенні показника 778 г/л.

Для виробництва борошна з високими хлібопекарськими властивостями у переробку необхідно направляти партії зерна з вмістом клейковини не менше 21-22 %. Досліджуваний показник змінювався в межах 19,7-22,8 %, що забезпечує отримання стандартної продукції. Як було показано у [1], найкращі хлібопекарські властивості притаманні зерну з індексом деформації клейковини у межах 70-90 од.. У досліджених зразках зерна індекс деформації клейковини був стабільним та склав в середньому 75 од.

Таблиця 1 – Показники якості помельних партій зерна у 2023 рр.

Номер зразка/ шифр	Вміст білка, %	Вміст клейковини, %	Індекс деформації клейковини, од.	Число падіння, с	Склоподібність, %	Натура, г/л
1/22073	12,3	21,0	75	349	45	750
2/22139	13,0	21,6	75	370	50	775
3/22134	13,0	21,8	75	337	52	780
4/22147	13,7	22,0	75	247	55	795
5/22151	13,1	21,2	75	314	56	780
6/22155	13,4	21,6	75	322	55	770
7/22159	13,5	22,0	75	337	58	770
8/22172	14,0	22,0	75	250	56	770
9/22176	13,7	21,6	75	240	52	775
10/22184	13,5	21,2	75	273	54	780
11/22232	13,6	21,0	75	317	52	785
12/22236	13,3	22,0	75	318	51	790
13/22240	13,8	22,8	75	339	57	770
14/22244	13,8	21,6	70	307	53	775
15/22277	13,0	21,9	75	342	49	775
16/22281	13,2	21,2	70	280	53	770
17/23058	12,8	22,4	75	297	54	785
18/23168	12,5	22,2	75	313	50	780
19/23172	13,0	22,0	80	295	51	780
20/23177	12,4	21,0	75	273	52	795
Мін	12,3	19,7	70	240	45	750
Макс	14,0	22,8	80	370	58	795
Середнє	12,8	21,6	75	306	52	778

Склоподібність зерна або консистенція ендосперму характеризує білково-крохмальний комплекс [11]. Показник склоподібності у досліджених партіях зерна був стабільним та становив 45-58 %.

Стабільність даних показників, які насамперед залежать від агрокліматичних умов вирощування, пов'язана з тим, що постачальники зерна знаходяться приблизно в одному географічному регіоні.

Найбільша мінливість якості у досліджуваних зразках характерна саме для показника число падіння (ЧП), який змінювався у межах 240-370 с. ЧП – показник автолітичної активності амілолітичних ферментів у зерні, від якої залежить інтенсивність біохімічних процесів під час замісу тіста та його випіканні [12,13]. Оптимальне число падіння в зерні хлібопекарської пшениці становить 200-300 с [1]. Стабілізація та контроль показника ЧП дозволить отримувати борошно зі стабільними характеристиками альфа-амілолітичної активності.

На борошномельному заводі ТОВ «БАЗА МТЗ-АПК» передбачено двосортний помел зерна пшениці з загальним виходом борошна 75 %, у т.ч. борошно вищого сорту – 60 %, першого сорту – 15 %. У табл. 2, 3 наведено показники якості готової продукції у досліджуваний період: зразки 1-20 – борошно вищого сорту, зразки 21-40 – борошно першого сорту.

Білість – це один із головних показників якості борошна, який характеризує ступінь вилучення периферійних частин зерна при помелі. Відповідно, чим вищий сорт борошна, тим вище значення показника «Білість». За вимогами ГСТУ 46.004-99 білість борошна вищого сорту повинна бути не менше

54 од, першого сорту – не менше 36 од. У досліджуваних зразках борошна білість була стабільною та становила 56-60 од., 38-42 од. у вищому і першому сорті відповідно.

До простих методів, якими можна охарактеризувати хлібопекарські властивості зерна і борошна на більшості борошномельних заводів, відносяться: вміст білка, вміст та індекс деформації клейковини, число падіння [1].

Як і у помельних партіях зерна, найбільш мінливим показником якості у борошні був показник «Число падіння», який змінювався від 309 до 477 с у борошні вищого сорту та від 300 до 456 с у борошні першого сорту. За нормами вітчизняного стандарту для сортового борошна нормується тільки мінімальна межа показника ЧП на рівні не менше 160 с, тобто усі зразки борошна відповідали вимогам ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови». Однак, низьке значення ЧП (до 200 с) у борошні з високою активністю амілолітичних ферментів призведе до погіршення хлібопекарських властивостей – липкості м'якуша, підвищення його вологості, зниження об'ємного виходу хліба. Та навпаки, при низькій активності ферментів та високому ЧП у борошні (понад 350 с) хліб буде забитим, малого об'єму з блідою кіркою і сухим м'якушем.

Таблиця 2 – Деякі показники якості борошна індустриального помелу (вищий сорт)

Номер зразка/ шифр	Показники якості					Показники альвеографічного дослідження			
	білість, од.	вміст білка, %	вміст клейковини, %	ІДК, од.	ЧП, с	P, мм	L, мм	P/L	W, 10 ⁻⁴ Дж
1/22075	57	10,9	24,0	60	392	46	112	0,41	148
2/22140	56	11,2	24,4	65	399	54	136	0,40	210
3/22135	56	11,7	24,4	65	404	61	114	0,54	203
4/22148	57	11,7	24,6	60	309	62	120	0,52	230
5/22152	57	11,3	24,4	65	372	99	55	1,80	214
6/22156	56	11,4	25,2	65	383	78	91	0,86	237
7/22160	56	11,4	24,0	60	392	83	82	1,01	212
8/22173	58	11,7	24,4	67	347	70	108	0,65	231
9/22177	57	11,7	24,2	60	362	78	85	0,92	218
10/22188	57	11,9	24,8	60	379	72	111	0,65	236
11/22233	58	12,0	24,2	60	438	71	109	0,65	232
12/22237	58	11,6	24,6	60	477	68	103	0,66	227
13/22241	57	12,1	24,6	60	421	91	88	1,03	261
14/22245	60	12,0	24,8	65	398	82	102	0,83	249
15/22278	57	11,7	24,2	60	392	72	108	0,67	225
16/22282	57	11,8	24,8	70	399	66	127	0,52	222
17/23059	57	11,7	24,8	65	371	86	54	1,59	164
18/23169	57	11,3	24,0	60	371	78	55	1,42	150
19/23173	58	12,2	25,0	65	385	86	74	1,16	214
20/23178	58	11,4	24,0	60	367	85	64	1,33	192
Мін	56	10,9	24,0	60	309	46	54	0,40	148
Макс	60	12,2	25,2	70	477	99	136	1,80	261
Середнє	57	11,6	24,5	63	388	74	95	0,88	214

Згідно з ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови» вміст клейковини у борошні вищого сорту повинен бути не менше 24,0 % та не менше 25 % у борошні першого сорту, індекс деформації не нижче II групи якості, вміст білка – не обмежується.

Досліджувані зразки характеризуються відносно стабільними показниками якості: вміст білка у борошні вищого сорту 10,9-12,2 %, у борошні першого сорту 11,8-13,2 %; вміст клейковини 24,0-25,2 % та 25,0-25,6 %; індекс деформації клейковини 60-70 та 70-80 од. відповідно.

Показники альвеографічного дослідження борошномели всього світу використовують для аналізу та оптимізації якості борошна відповідно до специфікацій замовника [14,15]. В Україні показник «сила борошна» входить лише у перелік некласоутворювальних показників якості зерна пшениці м'якої згідно з ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови», стандарт ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні

умови» не обмежує якість борошна за цим показником, одним з головних сортоутворюючих показників є вміст клейковини.

Враховуючи показники альвеографічного дослідження, а саме енергію деформації W , сортове пшеничне борошно умовно поділяють на три групи: сильне борошно ($W > 250 \cdot 10^{-4}$ Дж), середнє ($W = 180 - 220 \cdot 10^{-4}$ Дж) та слабке ($W < 180 \cdot 10^{-4}$ Дж). За коефіцієнтом конфігурації P/L встановлюють цільове призначення продукції, при цьому співвідношення P/L в діапазоні 0,8-1,2 є оптимальним для хлібопекарського борошна, борошно з співвідношенням P/L в межах 1,2-1,5 рекомендується для листових виробів, відношення P/L понад 1,5 характеризує борошно як дуже сильне, P/L менше 0,8 характерно для слабого борошна.

Таблиця 3 – Деякі показники якості борошна індустріального помелу (перший сорт)

Номер зразка/ шифр	Показники якості					Показники альвеографічного дослідження			
	білість, од.	вміст білка, %	вміст клейковини, %	ІДК, од.	ЧП, с	P, мм	L, мм	P/L	W, 10^{-4} Дж
21/22076	39	11,8	25,0	70	363	56	90	0,62	128
22/22141	39	12,4	25,2	70	456	59	117	0,50	170
23/22136	40	12,6	25,2	70	391	63	104	0,61	169
24/22149	40	12,2	25,6	70	300	80	86	0,93	210
25/22153	40	12,1	25,0	70	321	111	52	2,13	214
26/22157	40	11,9	25,6	70	342	104	68	1,53	232
27/22161	39	12,1	25,4	70	381	96	60	1,60	188
28/22174	40	12,4	25,4	70	385	88	80	1,10	222
29/22178	40	13,0	25,4	70	309	97	75	1,29	237
30/22189	40	13,1	25,2	70	361	80	76	1,05	172
31/22234	39	13,2	25,2	70	434	74	85	0,87	168
32/22238	40	12,8	25,2	70	449	90	72	1,25	200
33/22242	40	13,1	25,6	75	444	110	64	1,72	231
34/22246	40	13,0	25,4	70	389	112	50	2,24	189
35/22279	41	12,9	25,0	70	361	89	58	1,53	152
36/22283	39	12,8	25,4	70	382	85	69	1,23	167
37/23060	42	12,2	25,4	75	390	102	52	1,96	181
38/23170	40	12,5	25,2	75	387	91	52	1,75	147
39/23174	38	12,9	25,4	75	354	103	53	1,94	182
40/23179	40	12,2	25,0	80	360	87	50	1,74	143
Мін	38	11,8	25,0	70	300	46	54	0,50	128
Макс	42	13,2	25,6	80	456	99	136	2,24	237
Середнє	40	12,6	25,3	72	378	89	71	1,38	185

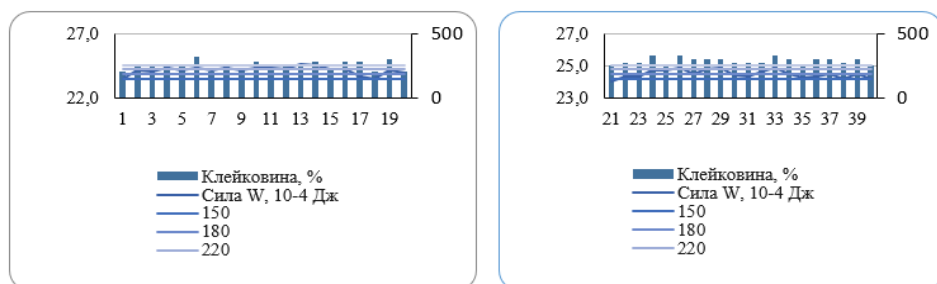


Рис. 1 – Залежність вмісту клейковини (%) та енергії деформації борошна (W , 10^{-4} Дж) у борошні вищого сорту (А) та у борошні першого сорту (Б)

Порівняння показників хлібопекарської якості борошна, які визначаються за вітчизняними методами (вміст клейковини та ІДК) та за зарубіжними методами (енергія деформації W та коефіцієнт конфігурації P/L) у борошні наведено на рис. 1, 2.

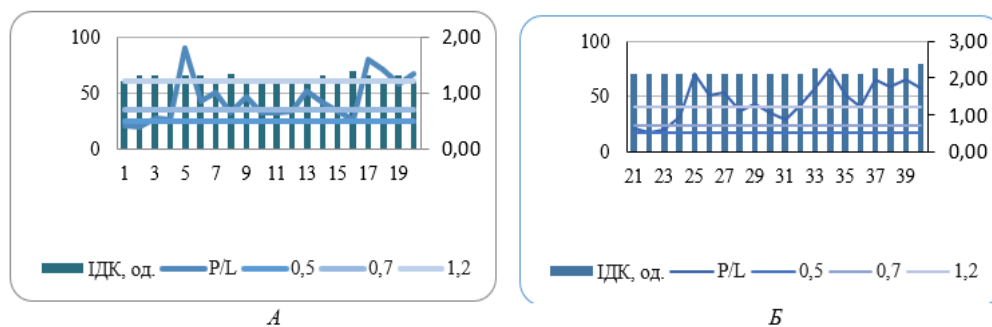


Рис. 2 – Залежність індексу деформації клейковини (од. ІДК) та відношення P/L у борошні вищого сорту(А) та у борошні першого сорту (Б)

Найменший вміст клейковини було відмічено у зразках 1, 7, 18, 20, 21, 25, 35, 40. При цьому енергія деформації W у цих зразках становила 148, 212, 150, 193, 128, 214, 152, $143 \cdot 10^{-4}$ Дж відповідно. Високим вмістом клейковини характеризувалися зразки 6, 10, 14, 16, 17, 19, 24, 26 та 33. При цьому показник W у вказаних зразках був 237, 236, 249, 222, 164, 214, 210, 232 та $231 \cdot 10^{-4}$ Дж відповідно. Індекс деформації клейковини був стабільним та склав 60-70 од. для зразків борошна вищого сорту, 70-80 од. для борошна першого сорту. При цьому співвідношення P/L коливалося в досить широких межах – 0,40-1,80 у вищому сорті та 0,50-2,24 – у першому сорті.

Висновки

1. Найбільша мінливість якості у досліджуваних зразках характерна для показника число падіння (ЧП), який змінювався у межах 240-370 с. Стабілізація та контроль показника ЧП дозволить отримувати борошно зі стабільними характеристиками альфа-амілолітичної активності.
2. Прямого взаємозв'язку між вмістом клейковини і енергії деформації W , індексом деформації клейковини і показником P/L не спостерігається. Окрім білково-протеїназного комплексу, на силу борошна вплив становлять ступінь пошкодження крохмалю, активність ферментів та інші показники.
3. З отриманих результатів видно, що традиційних показників для оцінки хлібопекарського потенціалу борошна недостатньо. Сучасна якість борошна в конкурентних умовах вимагає від виробника забезпечення необхідної «Сили борошна» для конкретних груп хлібобулочних виробів.

Література

1. Жигунов ДО, Волошенко ОС, Брославцева ІВ, Донець АО, Ковальов МО, Ковальова ВП, et al. Технологія та оцінка якості зернових продуктів: монографія. *Одеса: Олді-плюс*; 2021. 351.
2. Salmanowicz BP, Adamski T, Surma M, Kaczmarek Z, Karolina K, Kuczyńska A, et al. The relationship between grain hardness, dough mixing parameters and bread-making quality in winter wheat. *International Journal of Molecular Sciences*. 2012;13(4): 4186–4201. <https://doi.org/10.3390/ijms13044186>.
3. Tafese Awulachew M. Understanding Basics of Wheat Grain and Flour Quality. *Journal of Health and Environmental Research*. 2020;6(1): 10–26. <https://doi.org/10.11648/j.jher.20200601.12>.
4. Мерко ІТ. Технології мукомельного і круп'яного виробництва. *Одеса: Друкарський дім*; 2010. 472.
5. Danciu C anca. Study on the importance of using the grading system in wheat blend quality management. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2022;22(4): 193–198.
6. Penaki A, Borta A. The Study of Quality Indicators and Fractional Composition of Wheat Grain Protein of Southern Regions of Ukraine. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2021;20(4): 4–10. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v4i4.2013>.
7. Suprabha Raj A, Boyacioglu MH, Dogan H, Siliveru K. Investigating the Contribution of Blending on the Dough Rheology of Roller-Milled Hard Red Wheat. *Foods*. 2023;12(10). <https://doi.org/10.3390/foods12102078>.
8. Codina GG, Gutt S, Gutt G, Mironeasa S. Alveograph as a rheological tool to predict the quality characteristics of wheat flour. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*. 2011;22(1): 1027–1028. <https://doi.org/10.2507/22nd.daaam.proceedings.502>.
9. Jødal ASS, Larsen KL. Investigation of the relationships between the alveograph parameters. *Scientific Reports*. 2021;11(1): 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84959-3>.
10. Yousaf S, Iqbal HM, Arif S, Khurshid S. Alveograph Rheological Parameters in Relation To Physicochemical Attributes As an Indicator of Wheat Flour Quality. *Int. J. Biol. Biotech*. 2019;16(2): 425–431.
11. Baasandorj T, Ohm JB, Simsek S. Effects of kernel vitreousness and protein level on protein molecular weight

distribution, milling quality, and breadmaking quality in hard red spring wheat. *Cereal Chemistry*. 2016;93(4): 426–434. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-09-15-0181-R>.

12. Dragan Z, Aleksandra T, Jasna M, Desimir K, Nevena D. Relation among different parameters of damaged starch content, falling number and mechanical damage level. *Ratarstvo i povrtarstvo*. 2012;49(3): 282–287. <https://doi.org/10.5937/ratpov49-2345>.

13. Perten H. Application of the Falling Number method for evaluating alpha-amylase activity. *Cereal Chemistry*. 1964;41(3): 127–140.

14. Lacko-Bartošová M, Konvalina P, Lacko-Bartošová L. Baking quality prediction of spelt wheat based on rheological and mixolab parameters. *Acta Alimentaria*. 2019;48(2): 213–220. <https://doi.org/10.1556/066.2019.0002>.

15. Konopka I, Fornal Ł, Abramczyk D, Rothkaehl J, Rotkiewicz D. Statistical evaluation of different technological and rheological tests of Polish wheat varieties for bread volume prediction. *International Journal of Food Science and Technology*. 2004;39(1): 11–20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00741.x>.

ANALYSIS OF THE STABILITY OF QUANTITATIVE AND QUALITATIVE RESULTS OF MILLING AT A MILL OF LOW PRODUCTIVITY

**D. Zhygunov, Doctor of Sciences (Dr. Hab.) in Engineering, Professor,
I. Solonytska, candidate of technical sciences (PhD), Associate Professor,
O. Voloshenko, candidate of technical sciences (PhD), Associate Professor,
A. Kovtun, postgraduate
Odesa National University of Technology**

Abstract. *The article provides an analysis of the stability of the quantitative and qualitative results of milling according to the extended system of evaluating quality indicators. The quality of 20 milling batches of wheat grain and 40 flour samples was analyzed, of which 20 were high grade flour and 20 were first grade flour.*

It was established that the greatest variability of quality in the studied samples is characteristic of the Falling Number (F) indicator, which varied within 240-370 sec – in grain, 309-477 sec – in high-grade flour, and 300-456 sec – in first-grade flour. Stabilization and control of the FN indicator will allow to obtain flour with stable characteristics of alpha-amylolytic activity.

The gluten content and gluten deformation index are "traditional" domestic indicators for assessing the baking quality of flour. However, in today's realities, these indicators are not enough for a comprehensive assessment of the baking properties of graded flour. That is why more and more bakers are paying attention to the deformation energy index (W). Indicators of alveographic research of flour mills around the world are used to analyze and optimize the quality of flour in accordance with the customer's specifications. In Ukraine, indicator deformation energy W is included only in the list of non-class-forming indicators of the quality of hard wheat grain according to DSTU 3768:2019, the DSTU standard 46.004-99 does not limit the quality of flour according to this indicator, one of the main grade-forming indicators is the gluten content.

As a result of the comparison of indicators of the baking quality of flour, which are determined by domestic methods (gluten content and GDI) and by foreign methods (deformation energy W and configuration coefficient P/L) in graded flour, it was concluded that there is a direct relationship between the gluten content and the deformation energy W, gluten deformation index and P/L index are not observed. The obtained results show that traditional indicators for evaluating the baking potential of flour are not enough. The modern quality of flour in competitive conditions requires the manufacturer to ensure the necessary deformation energy W for specific groups of bakery products.

Key words: milling batch, wheat grain, graded flour, flour quality, stability, baking properties, quality management, bakery products.

References

- [1.] Zhygunov, D. O., Voloshenko, O. S., Broslavtseva, I. V., Donets, A. O., Kovalov, M. O., Kovalova, V. P., ... Chumachenko, Yu. D. (2021). *Tekhnolohiia ta otsinka yakosti zernovykh produktiv: monohrafiia*. Odesa: Oldi-plus. 351
- [2.] Salmanowicz, B. P., Adamski, T., Surma, M., Kaczmarek, Z., Karolina, K., Kuczyńska, Obuchowski, W. (2012). The relationship between grain hardness, dough mixing parameters and bread-making quality in winter wheat. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(4), 4186–4201. <https://doi.org/10.3390/ijms13044186>
- [3.] Tafese Awulachew, M. (2020). Understanding Basics of Wheat Grain and Flour Quality. *Journal of Health and Environmental Research*, 6(1), 10–26. <https://doi.org/10.11648/j.jher.20200601.12>
- [4.] Merko, I. T. (2010). *Tekhnolohii mukomelnoho i krupianoho vyrobnytstva*. Odesa: Drukarskyi dim. 472.
- [5.] Danciu, C. (2022). Study on the importance of using the grading system in wheat blend quality management. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 22(4), 193–198.
- [6.] Penaki, A., & Borta, A. (2021). The Study of Quality Indicators and Fractional Composition of Wheat Grain Protein of Southern Regions of Ukraine. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 20(4), 4–10. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v4i4.2013>
- [7.] Suprabha Raj, A., Boyacioglu, M. H., Dogan, H., & Siliveru, K. (2023). Investigating the Contribution of Blending on the Dough Rheology of Roller-Milled Hard Red Wheat. *Foods*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/foods12102078>
- [8.] Codina, G. G., Gutt, S., Gutt, G., & Mironeasa, S. (2011). Alveograph as a rheological tool to predict the quality characteristics of wheat flour. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*, 22(1), 1027–1028. <https://doi.org/10.2507/22nd.daaam.proceedings.502>
- [9.] Jødal, A. S. S., & Larsen, K. L. (2021). Investigation of the relationships between the alveograph parameters. *Scientific Reports*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84959-3>
- [10.] Yousaf, S., Iqbal, H. M., Arif, S., & Khurshid, S. (2019). Alveograph Rheological Parameters in Relation To Physicochemical Attributes As an Indicator of Wheat Flour Quality. *Int. J. Biol. Biotech*, 16(2), 425–431.
- [11.] Baasandorj, T., Ohm, J. B., & Simsek, S. (2016). Effects of kernel vitreousness and protein level on protein molecular weight distribution, milling quality, and breadmaking quality in hard red spring wheat. *Cereal Chemistry*, 93(4), 426–434. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-09-15-0181-R>
- [12.] Dragan, Z., Aleksandra, T., Jasna, M., Desimir, K., & Nevena, D. (2012). Relation among different parameters of damaged starch content, falling number and mechanical damage level. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 49(3), 282–287. <https://doi.org/10.5937/ratpov49-2345>
- [13.] Perten, H. (1964). Application of the Falling Number method for evaluating alpha-amylase activity. *Cereal Chemistry*, 41(3), 127–140.
- [14.] Lacko-Bartošová, M., Konvalina, P., & Lacko-Bartošová, L. (2019). Baking quality prediction of spelt wheat based on rheological and mixolab parameters. *Acta Alimentaria*, 48(2), 213–220. <https://doi.org/10.1556/066.2019.0002>
- [15.] Konopka, I., Fornal, Ł., Abramczyk, D., Rothkaehl, J., & Rotkiewicz, D. (2004). Statistical evaluation of different technological and rheological tests of Polish wheat varieties for bread volume prediction. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(1), 11–20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00741.x>

Отримано в редакцію 20.06.2024
Прийнято до друку 08.07.2024

Received 20.06.2024
Approved 08.07.2024