



УДК: 664.66.019

Саодат КУДРАТОВА,

Исследователь-соискатель Ташкентского химико-технологического института

Дилмурод ГАФУРОВ,

Исследователь-соискатель Ташкентского химико-технологического института

Гулноза ДЖАХАНГИРОВА,

Ташкентский химико-технологический институт, д.ф.т.н., профессор

E-mail: djaxangirova77dgz@gmail.com

На основе рецензии доцента ГулГУ, PhD, доцент Г.Тухтамишевой

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЕВОЙ МУКИ НА ПРОЦЕССЫ ЧЕРСТВЕНИЯ ХЛЕБА

Аннотация

Данное исследование посвящено тому, как соевая мука воздействует на процессы, приводящие к потере свежести хлеба, а также механизмам, которые помогают замедлить этот естественный процесс. Исследования показывают, что соевая мука способствует удержанию влаги в хлебе, замедляя его черствение. Белки сои образуют прочные связи с крахмалом, что помогает сохранить мягкость и эластичность мякиша. Это обусловлено не только изменением структуры крахмала, но и влагоудерживающими свойствами соевой муки, которые поддерживают оптимальный уровень влажности мякиша.

Ключевые слова: хлеб, соевая мука, рецептура, гидрофильные свойства, мякиш, набухаемость, крошимость, усушка, влажность, черствение.

STUDY OF THE EFFECT OF SOY FLOUR ON BREAD STALING PROCESSES

Annotation

This study investigates the effect of soy flour on the processes leading to bread staling, as well as the mechanisms that contribute to slowing down this natural phenomenon. Research results demonstrate that soy flour enhances moisture retention in bread, thereby delaying the staling process. Soy proteins form stable interactions with starch, which helps maintain the softness and elasticity of the crumb. This effect is attributed not only to changes in the starch structure but also to the moisture-retaining properties of soy flour, which help sustain an optimal moisture level in the bread crumb.

Keywords: bread, soy flour, formulation, hydrophilic properties, crumb, swelling capacity, crumbliness, shrinkage, moisture content, staling.

SOYA UNIDAN NONNING ESKIRISH JARAYONLARIGA TA'SIRINI TADQIQ QILISH

Annotsatsiya

Ushbu tadqiqot nonning yangiligini yo'qotishga olib keluvchi jarayonlarga soya unining ta'sirini, shuningdek ushbu tabiiy jarayonni sekinlashtiruvchi mexanizmlarni o'rganishga bag'ishlangan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, soya uni non tarkibida namlikni ushlab turishga yordam beradi va shu orqali nonning qotish (eskirish) jarayonini sekinlashtiradi. Soya oqsillari kraxmal bilan mustahkam bog'lanishlar hosil qilib, non mag'zining yumshoqligi va elastikligini saqlashga yordam beradi. Bu holat nafaqat kraxmal tuzilishining o'zgarishi, balki soya unining yuqori namlikni ushlab turish xususiyatlari bilan ham izohlanadi, ular non mag'zida optimal namlik darajasini ta'minlaydi.

Kalit so'zlar: non, soya uni, retseptura, gidrofil xususiyatlar, non mag'zi, shishuvchanlik, uvoqlanish, qurib ketish, namlik, qotish (eskirish).

Введение. Черствение хлеба представляет собой комплексный процесс, включающий ретроградацию крахмала, потерю влаги и изменения в структуре глютена, что приводит к потере эластичности мякиша, увеличению твердости и ухудшению органолептических свойств. Это одна из ключевых проблем в хлебопекарной промышленности, поскольку снижает срок хранения и качество продукции.

Литературный обзор. Степень черствения хлеба, изготовленного из пшеничной муки, в значительной мере зависит от содержания белка и его качества. Хлебный мякиш, полученный из муки с высоким содержанием белка, оказывается значительно более мягким и медленнее черствеет и усыхает. Исследователи частично объясняют это явление тем, что такая мука способствует образованию более прочной структуры мякиша, а также усиливает гидротационные связи, что в свою очередь, уменьшает потерю влаги во время хранения хлеба [1]. Соевая мука, богатая белками и липидами, усиливает водопоглощение теста, что приводит к изменениям в его структуре. Например, добавление соевой муки в количестве 2–12% увеличивает абсорбцию воды, но ослабляет тесто и сокращает время его развития, делая его более липким при уровнях выше 8%. Это улучшает эластичность мякиша и снижает склонность к черствению. [1] Аналогично, в исследованиях на активированной соевой муке показано, что ее добавление замедляет черствение через 24 и 48 часов после выпечки, повышая абсорбцию воды и улучшая текстуру. [2] Влияние соевой муки на качество хлеба проявляется в увеличении объема и веса изделия, хотя при высоких уровнях (12–28%) может снижаться объем и ухудшаться зернистость. [3] Обогащение хлеба соевой мукой в комбинации с другими добавками, такими как эмульгаторы или сахар, снижает скорость черствения, делая мякиш мягче и продлевая свежесть. [4] В частности, дефаттированная соевая мука ускоряет черствение при увеличении ее доли, но улучшает общие хлебопекарные свойства

пшеничной муки. [5] Соевая мука замедляет ретроградацию крахмала и миграцию влаги, что является ключевым механизмом предотвращения черствения. В замороженном тесте добавление сои снижает скорость изменений свойств, увеличивая подвижность воды и сохраняя свежесть. [6] Исследования с проращенной соевой мукой показывают снижение параметров крепа и восстановления теста, что приводит к более мягкому мякишу и замедлению черствения. [7] Комбинированное использование соевой муки с лецитином усиливает этот эффект, снижая твердость мякиша и потерю воды во время хранения. [8] Добавление соевого молока в порошок также замедляет черствение, повышая плотность хлеба и содержание свободной воды, с уменьшением рекристаллизации амилопектина. [9] В безглютеновом хлебе соя улучшает текстуру и органолептику, хотя и может снижать объем при комбинации с другими ингредиентами, такими как льняное семя. [10] Тепловая обработка соевой муки (оптимизирует качество, повышая объем и снижая твердость, с наилучшими результатами для проращенной муки. В исследованиях учёных Волгоградского государственного аграрного университета подтверждается, что соевая мука в дозах 5–10% повышает эластичность мякиша, объемный выход хлеба и снижает упек, замедляя черствение. Гидрофильные свойства сои способствуют сохранению влаги, улучшая свойства хлеба при хранении. Эксперименты с добавлением 5–10% соевой муки демонстрируют положительное влияние на качество хлебобулочных изделий, включая замедление черствения. [11] Анализ литературы показывает, что соевая мука эффективно замедляет процессы черствения хлеба за счет улучшения влагоудержания, ослабления ретроградации крахмала и оптимизации текстуры. Оптимальные уровни добавления 2–10%, в зависимости от типа муки и комбинаций с другими ингредиентами.

Методология исследования. Исследования влияния добавления соевой муки на способность к черствению готовых изделий хлеба проводили путём сравнительной оценки показателей качества хлеба из пшеничной муки (контрольный образец) и опытных образцов хлеба с добавлением соевой муки в количестве 5 и 7 %. Для этого проводили пробные выпечки в следующем порядке. Соевую муку предварительно замачивали водой температурой 27-28 °С на 24 часа для «спонтанного брожения». Полученную соевую закваску вносили в тесто при замесе. Выпеченные изделия хранили при температуре 18-20 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %. Изменение гидрофильных свойств мякиша хлеба с добавлением соевой муки исследовали в течении трёх суток (72 часа) по четырём контрольным точкам через 4, 24, 48 и 72 часа хранения. При этом определяли следующие показатели: способность мякиша связывать воду; образование крошки во время хранения; потерю веса хлеба (усушку); изменение влажности мякиша хлеба.

Анализ и результаты. Полученные результаты испытаний представлены в таблице 1. Анализируя данные таблицы можно отметить следующее: физико-химические показатели качества хлеба такие, как способность связывать воду и влажность в процессе хранения уменьшались. Вероятно, это связано с изменением гидрофильных свойств мякиша, снижением способности коллоидов поглощать воду за счёт уплотнения структуры белков и крахмала [12].

Таблица 1

Показатели	% добавки соевой муки	Срок хранения (часов)			
		4	24	48	72
Способность мякиша связывать воду (Удельная набухаемость мякиша), cm^3/g	Контроль	6,5	5,2	3,8	3,2
	5	7,2	6,8	5,0	4,8
	7	8,0	7,6	6,3	6,2
Способность мякиша хлеба крошиться, %	Контроль	1,42	1,83	2,4	3,2
	5	1,2	1,6	1,8	2,0
	7	1,0	1,2	1,4	1,6
Усушка, %	Контроль	-	4,8	8,0	10,0
	5	-	3,2	7,1	7,5
	7	-	3,0	6,1	6,5
Влажность, %	Контроль	44,5	44,0	43,2	41,0
	5	45,0	44,2	43,2	42,1
	7	45,0	44,3	43,4	42,6

При хранении в хлебе протекают процессы, влияющие на его массу и показатели качества, связанные с процессами усыхания и черствения [13]. Наиболее заметные изменения хлеба происходят в первые 48 часов хранения.

Изменения гидрофильных свойств мякиша исследуемых образцов хлеба путём сравнительного анализа между образцами хлеба через 4 и 72 часа их хранения наглядно представлены на рисунке 1.



Рис 1. Изменения гидрофильных свойств мякиша в образцах хлеба после 72 часов хранения

Как видно из рисунка, черствение хлеба сопровождалось изменением набухаемости мякиша хлеба, что характеризовало изменение гидрофильных свойств мякиша. В процессе хранения снижалась его способность к набуханию и поглощению воды. Результаты исследований в процессе хранения хлеба показали, что гидрофильные свойства мякиша хлеба изменились больше всего в контрольном образце пшеничного хлеба, в котором отмечена наибольшая разница между образцами хлеба через 4 и 72 часа хранения в размере $3,3 \text{ cm}^3/\text{g}$.

В образце хлеба с добавлением соевой муки в количестве 5% эта разница уменьшается и составляет – $2,4 \text{ cm}^3/\text{g}$. Образование крошки при хранении характеризует черствение хлеба. Наибольший прирост образования крошки наблюдался в контрольном образце – 1,78 %. В хлебе с добавлением соевой муки при дозировке 5% составил 0,8 %. Потеря влажности мякиша хлеба в контрольном образце составила 3,5%, с дозировкой 5% соевой муки – 2,9 %. Процесс черствения хлеба замедляется. Наибольшая усушка хлеба отмечена в контрольном образце, которая к концу хранения хлеба составила 10,0%, наименьшая в опытных образцах хлеба с добавлением соевой муки в количестве 5 и 7 %, усушка в которых составила 7,5 и 6,5% соответственно.

Уменьшение потерь при остывании и хранении хлеба в течение 24 часов составило у контрольного хлеба - 4,8 %, а у хлеба с добавлением соевой муки в количестве 5 % - 3,2%, то есть на 1,6 % меньше, что позволяет скорректировать выход хлеба в сторону повышения на 2,5%.

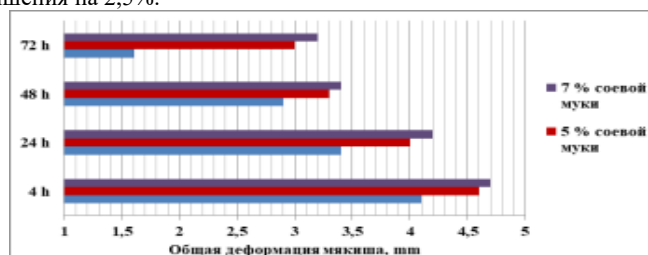


Рис 2. Влияние соевой муки на изменение структурно-механических свойств мякиша хлеба при хранении

Как видно из рисунка 2 через 24 часа хранения у всех образцов хлеба снизилась общая деформация мякиша на 10,6-17,1 %. Далее через 48 часов хранения снижение общей деформации мякиша продолжалось. Через 72 часа хранения по отношению к 24 часам хранения у контрольного образца хлеба общая деформация мякиша снизилась более чем в 2 раза, у образца с добавлением соевой муки в количестве 5 % в 1,33 раза и с добавлением соевой муки в количестве 7 % в 1,31 раз. Изучение деформационных характеристик мякиша изделий проводилось по четырём контрольным точкам через 4, 24, 48 и 72 часа после выпечки. Определяли наиболее значимый показатель сжимаемости мякиша – общую деформацию мякиша хлеба. Полученные результаты исследований общей деформации мякиша контрольного образца хлеба из муки высшего сорта и испытуемых образцов мякиша хлеба с добавлением соевой муки в количестве 5 % и 7 % приведены на рисунке 3.

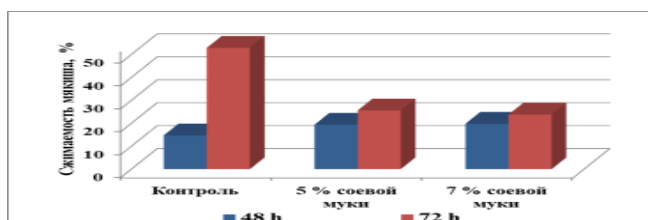


Рис. 3. Зависимость сжимаемости мякиша хлеба от длительности его хранения в контрольных точках 48 и 72 часа

На рисунке 3 представлен график сжимаемости мякиша хлеба из контрольного и испытуемых образцов хлеба в зависимости от продолжительности его хранения. Полученные результаты показывают, что сжимаемость мякиша у всех испытуемых образцов хлеба через 48 часов хранения составила менее 40 % (от 14,7 % до 19,8 %). Через 72 часа хранения у контрольного образца хлеба из пшеничной муки сжимаемость мякиша была выше порогового значения (40,0 %) и составила 52,9 %, то есть хлеб зачерствел. В образцах хлеба с добавлением соевой муки в количестве 5 % и 7 % свежесть мякиша хлеба сохранялась и значение сжимаемости мякиша составила 25,6 % и 23,8 % соответственно, что ниже порогового значения (40,0 %).

Закключение. Экспериментально установлено, что добавление соевой муки в виде закваски положительно влияет на сохранение свежести и улучшение структурно-механических свойств хлеба из пшеничной муки. Мякиш хлеба с добавлением соевой муки черствеет медленнее. Уменьшение потерь при остывании и хранении хлеба в течении 24 часов составило: для контрольного образца - 4,8%, а для хлеба с добавлением 5 % соевой муки - 3,2%. Это на 1,6% меньше, что позволяет скорректировать выход хлеба в сторону повышения на 2,5%. Через 72 часа хранения сжимаемость мякиша в образцах хлеба с добавлением соевой муки оказалась ниже порогового значения (менее 40%), в отличие от контрольного образца, где сжимаемость мякиша за это же время превысила пороговое значение - хлеб зачерствел.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yanez E, Ballester D, Aguayo M, Wulf H. Enriquecimiento de pan con harina de soya [Enrichment of bread with soy flour]. Arch Latinoam Nutr. 1982 Jun;32(2):417-28. Spanish. PMID: 6891578. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6891578/>
2. High-Protein Bread from Wheat Flour Fortified with Full-Fat Soy Flour C. C. TSEN and W. J. HOOVER, Kansas State University, Manhattan 66502 https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1973/Documents/chem50_7.pdf
3. Maleki, M., Vetter, J.L. and Hoover, W.J. (1981). The effect of emulsifiers, sugar, shortening and soya flour on the staling of barbari flat bread. J. Sci. Food Agric., 32: 1209-1212. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740321212>
4. Yang-Ja, Yoo & Hak-Gil, Chang & Young-Sim, Choi. (2005). Effect of Defatted Soy flour on the Bread Making Properties of Wheat flour. Korean journal of food and cookery science. 21 https://www.researchgate.net/publication/263997192_Effect_of_Defatted_Soy_flour_on_the_Bread_Making_Properties_of_Wheat_flour
5. Amber L. Simmons, Yael Vodovotz, The effects of soy on freezable bread dough: A magnetic resonance study, Food Chemistry, Volume 135, Issue 2, 2012, Pages 659-664, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.134>.
6. Amber L. Simmons, Yael Vodovotz, The effects of soy on freezable bread dough: A magnetic resonance study, Food Chemistry, Volume 135, Issue 2, 2012, Pages 659-664, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.134>.
7. Atudorei D, Mironcusa S, Codina GG. Dough Rheological Behavior and Bread Quality as Affected by Addition of Soybean Flour in a Germinated Form. Foods. 2023 Mar 20;12(6):1316. doi: 10.3390/foods12061316. PMID: 36981241; PMCID: PMC10048470. <https://doi.org/10.3390/foods12061316>
8. Ahmed IBH, Hannachi A, Haros CM. Combined Effect of Chia Flour and Soy Lecithin Incorporation on Nutritional and Technological Quality of Fresh Bread and during Staling. Foods. 2020; 9(4):446. <https://doi.org/10.3390/foods9040446>
9. Frank D Conforti, Sarah F Davis, The effect of soya flour and flaxseed as a partial replacement for bread flour in yeast bread, International Journal of Food Science and Technology, Volume 41, Issue Supplement_2, December 2006, Pages 95-101, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01410.x>
10. Doo-Jee Shin, Wook Kim, Yookyung Kim, Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour, Food Chemistry, Volume 141, Issue 1, 2013, Pages 517-523, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.005>.
11. Ефремова Е.Н., Зенина Е.А., Шершнева А.А. Влияние соевой муки на качество пшеничного хлеба // Вестник КрасГАУ. 2020. №3 (156). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-soevoy-muki-na-kachestvo-pshenichnogo-hleba>
12. С.И. Лукина, Применение нетрадиционных видов сырья в технологии хлеба для профилактического питания / С. И. Лукина, С.М. Павловская // Материалы студенческой научной конференции за 2019 год. – Воронеж : ВГУИТ, 2019. – Ч. 2 – С. 40.
13. Л.Я.Аузрман, Технология хлебопекарного производства: учебник. –9-е изд.; перераб. и доп. / под общей редакцией Л.И. Пучковой. – Санкт-Петербург: Профессия, 2002. – 416 с.