

Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент
Горайнова Ю. А., канд. техн. наук, доцент
Боднарук О. А., асистент
Трухін О. Д., здобувач ОС магістра
Романова О. В., здобувач ОС магістра

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЛАМІНАРІЇ ЦУКРОВОЇ НА ЯКІСНІ ТА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДРІЖДЖОВОГО ТІСТА

UDC 664.644.5

Simakova O. O., PhD in Engineering sciences, Associate Professor
Goraianova Iu. A., PhD in Engineering sciences, Associate Professor
Bodnaruk O. A., Assistant
Trukhin O. D., A graduate of a master's degree
Romanova O. V., A graduate of a master's degree

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF SUGAR KELP ON THE QUALITATIVE AND STRUCTURAL AND MECHANICAL PARAMETERS OF YEAST DOUGH

Мета – вивчення впливу ламінарії цукрової на якісні показники дріжджового тіста.

Методи. Дослідження амілолітичної активності сухої ламінарії цукрової (морської капусти) були проведені з використанням модельного субстрату – 2 %-вого розчину частково декстринізованого крохмалю. Активність ферментного препарату оцінювали по кількості утвореної в реакційній суміші мальтози – продукту глибокого гідролізу крохмалю. Ферментний препарат використовували у вигляді борошна, яке отримали із сухої морської капусти та її 5 %-вої водної витяжки. Активність β -амілази визначали як різницю між сумарною активністю і активністю α -амілази. Якість клейковини пшеничного борошна визначали по розпливанню кульки із 10 г клейковини після годинного відлежування.

Результати. Були проведені дослідження амілолітичної активності ламінарії цукрової (морської капусти) з використанням модельного субстрату – 2 %-вого розчину частково декстринізованого крохмалю та пшеничного борошна з добавкою сухої морської капусти. Отримані результати дали можливість констатувати амілолітичну активність ламінарії цукрової. Цукроутворююча властивість борошна різко підвищується з додаванням добавки. Це дає можливість вважати суху ламінарію цукрову (морську капусту) повноцінним препаратом активних амілаз. Під час додавання до борошна сухої морської капусти значення рН в дріжджовому і прісному тісті не змінюється, величини рН також незмінні і в готових виробках. Досліджені якісні та структурно-механічні показники контрольних і дослідних

зразків показали невеликі відмінності, тому можна вважати, що тісто являється еластичним і добре розтяжним, має високі показники пластичності. Тісто як в контрольних зразках, так і в дослідних, однакове.

Добавка борошна із сухої ламінарії цукрової (морської капусти) має достатню амілолітичну активність, що виводить її майже на один рівень з ячмінним солодом. Встановлена оптимальна доза внесення добавки в дріжджове тісто, вивчений вплив добавки на якісні та структурно-механічні показники тіста.

Ключові слова: ламінарія цукрова, морська капуста, амілолітична активність, якісні показники, дріжджове тісто.

Постановка проблеми. Важливе місце в асортименті виробів, які реалізуються підприємствами харчування, посідають борошняні вироби. Особливо великим попитом користуються вироби із дріжджового тіста. Враховуючи, що в раціонах харчування необхідно знизити загальну вагу продуктів з високою енергетичною цінністю, нарізла необхідність розробки виробів з меншим вмістом енергоємних компонентів при збереженні якості і органолептичних властивостей, які притаманні дріжджовому тісту [1]. Поставлену проблему можна вирішити шляхом часткової заміни пшеничного борошна в рецептурі іншим нетрадиційним для борошняних виробів видом сировини. Пропонуємо з цією метою ламінарію цукрову (морську капусту), яка завдяки особливостям свого хімічного складу і технологічним властивостям може забезпечити високу якість готових виробів [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вченими і практиками розробляються рецептури хлібобулочних виробів, що включають окрім традиційних для даного продукту інгредієнтів і додаткові компоненти, що забезпечують збагачення тими чи іншими компонентами [3]. Перспективною добавкою при виробництві хліба з борошна пшеничного служать морські сировинні ресурси [1-4]. Одним з компонентів є гідробіонти рослинного походження – бурі морські водорості. Вони дозволяють збагатити харчовий раціон дефіцитними для більшості продуктів біогенними елементами, йодовмісними сполуками, поліненасиченими жирними кислотами, харчовими кислотами [5]. Біологічно активні речовини водоростей мають багатоаспектну позитивну дію на організм людини. На підставі аналізу літературних джерел і практичних досліджень встановлено, що ламінарія є незамінним джерелом одночасно як органічного, так і неорганічного йоду, перевершуючи за антизобними властивостями йодисті солі [6]. Крім високого вмісту йоду ламінарія багата харчовими волокнами, альгіновими кислотами, солями калію та інших мінеральних речовин [5-7].

Метою статті є вивчення впливу ламінарії цукрової на якісні показники дріжджового тіста.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для того, щоб можна було пропонувати використання ламінарії цукрової (морської капусти) в якості добавки, багатой вітамінами, мінеральними і другими корисними речовинами для організму, яка підвищує харчову і біологічну цінність виробів із пшеничного борошна, слід детально вивчити її вплив на амілолітичну активність.

Були проведені дослідження амілолітичної активності сухої морської капусти з використанням модельного субстрату – 2 %-вого розчину частково декстринізованого крохмалю.

Активність ферментного препарату оцінювали по кількості утвореної в реакційній суміші мальтози – продукту глибокого гідролізу крохмалю. Ферментний препарат використовували у вигляді борошна, яке отримали із сухої морської капусти та її 5 %-вої водної витяжки.

Слід відмітити, що в першу чергу слід було визначити роздільну активність α - і β -амілаз, які присутні в ферментній сировині. α -амілаза гідролізує 1,4-глюконові зв'язки в молекулі полісахаридів. Молекула крохмалю при цьому розщеплюється на великі осколки, проходить його деполімеризація. Одним з найбільш характерних ознак впливу α -амілази є швидке

розрідження клейстеризованого крохмалю. Процес розпаду крохмалю при високій активності α -амілази протікає особливо інтенсивно в умовах високої температури під час випікання і можуть обумовити значне зниження якості м'якушки виробу. α -амілаза розщеплює кожний другий глікозидний зв'язок, починаючи з кінця ланцюга полісахариду, при цьому відщеплюється мальтоза. Таким чином, з самого початку дії α -амілази в реакційній суміші створюється редукуючий цукор, що утворює сприятливі умови для бродіння тіста. При нагріванні ферментної суміші протягом 15 хвилин при температурі 70 °C α -амілаза майже повністю зберігається [6].

Щоб стабілізувати α -амілазу при такому способі інактивування β -амілази рекомендується додавати невелику кількість ацетату кальцію. Визначена таким чином кількість редукуючих цукрів характеризує активність α -амілази, активність же β -амілази визначають як різницю між сумарною активністю і активністю α -амілази.

Дані з активності α -амілази та сумарної амілазної активності наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Визначення α - і β -амілаз в борошні із сухої морської капусти

№	Ферментний препарат	Вміст мальтози, %
1	5 %-ва водна витяжка із сухої морської капусти з неінактивованою β -амілазою	11,4
2	5 %-ва водна витяжка із сухої морської капусти з інактивованою β -амілазою	1,1
3	Розрахункове значення активності β -амілази	10,3

Дані таблиці 1 узгоджуються з літературними даними, які свідчать, що активність α -амілази, яка характерна для рослинної сировини, дуже низька. Однак, активність амілазного комплексу може бути підвищена шляхом використання невеликих добавок іонів Ca^{2+} , які приймають участь в формуванні і стабілізації активного центру і всієї третинної структури ферменту. Дані наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Гідроліз крохмалю під впливом амілаз сухої морської капусти

№	Субстрат	Ферментний препарат	Вміст мальтози, %
1	2 %-вий розчин крохмалю	5 %-ва водна витяжка ячменного солоду	17,2
2	-/-	5 %-ва водна витяжка із сухої морської капусти	12,3
3	-/-	5 %-ва витяжка із сухої морської капусти на розчині хлористого кальцію (CaCl_2 0,01 г/л)	16,3

Дійсно, невелика добавка хлориду кальцію в реакційну суміш різко підвищує амілазну активність препарату і виводить її майже на один рівень з ячмінним солодом.

Отримані результати дали можливість констатувати амілолітичну активність сухої морської капусти. Але необхідно було вибрати оптимальну концентрацію добавки. При цьому бралася до уваги, щоб добавки було достатньо, щоб тісто і вироби збагачувалися вітамінами, йодом, альгіновою кислотою, щоб передозування добавки не знижувало реологічні властивості тіста [7]. Концентрація повинна бути такою, щоб не впливала на колір борошна, і на колір м'якушки виробу.

Залежність вмісту основних біологічно-активних речовин в пшеничному борошні від концентрації добавки наведена в таблиці 3.

Таблиця 3 – Залежність вмісту основних біологічно активних речовин в пшеничному борошні від концентрації добавки із сухої морської капусти

№	Концентрація добавки, %	Вміст в борошні біологічно-активних речовин					
		білок, %	вітамін С, %	каротин, мг %	альгінова кислота, %	йод, мг %	селен, мг %
1	0	12,7	-	-	-	-	-
2	0,50	12,7	0,36	0,1	0,18	0,02	0,01
3	0,75	12,8	0,41	0,25	0,24	0,04	0,02
4	4,0	12,9	1,2	0,30	0,32	0,08	0,025
5	2,0	13,1	1,6	0,32	0,41	1,0	0,038
6	2,5	13,3	2,6	0,39	0,62	1,5	0,056
7	3,0	13,4	2,8	0,41	0,71	1,8	0,068
8	4,0	13,8	3,1	0,43	0,79	2,1	0,069
9	5,0	14,1	3,3	0,45	0,83	2,5	0,073

Дані таблиці 3 свідчать, що малі концентрації сухої морської капусти мало визначаються на якісному складі пшеничного борошна і лише починаючи з добавки 2,0 – 2,5 % впливає на біологічну цінність борошна. Додавання добавки в концентрації 3,0-5,0 % і вище погіршують хлібопекарні властивості пшеничного борошна. Таким чином, додавання добавки в кількості 2,0-2,5 % сухої морської капусти являється найдоцільнішим. Така концентрація добавки збагачує пшеничне борошно основними біологічно-активними речовинами, а з іншої сторони – недостатньо велика для погіршення якості клейковини.

В якості критерію хлібопекарської властивості пшеничного борошна ми вибрали якість його клейковини, яка визначається по розпливанню кульки із 10 г клейковини після годинного відлежування [8, 9]. Дані по розпливанню кульки клейковини, яку було відмито з пшеничного борошна, що містить різну концентрацію сухої морської капусти (ламінарії цукрової), наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Залежність розпливання кульки клейковини, яку відмито з пшеничного борошна, від концентрації добавки сухої морської капусти

№	Концентрація добавки, %	Діаметр кульки, мм
1	2	3
1	2	3
2	0	41
3	0,50	41
4	2	3
5	0,75	42
6	1,0	43
7	2,0	45
8	2,5	48
9	3,0	56
10	4,0	85
11	5,0	110

Як свідчать дані таблиці 4, невеликі дози добавки не послаблюють клейковину борошна, доки концентрація не перевищує 2,5 %, борошно з домішкою до 2,5 % стає трішки з сіруватим відтінком, але такий колір пшеничного борошна не виходить за рамки вимог.

Дані з амілолітичної активності пшеничного борошна з додаванням добавки сухої ламінарії цукрової (морської капусти) та її водної витяжки наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Амілолітична активність пшеничного борошна з добавкою сухої морської капусти

№	Ферментний препарат	Вміст мальтози, %
1	Сухий ячмінний солод	9,8
2	Суша морська капуста	8,0
3	5%-ва водна витяжка із сухої морської капусти	9,1
4	Без препарату (контроль)	3,9

Як видно з таблиці 5, цукроутворююча властивість борошна різко підвищується з додаванням добавки. Це дає можливість вважати суху ламінарію цукрову (морську капусту) повноцінним препаратом активних амілаз.

Під час використання сухої морської капусти визначалося значення рН в дріжджовому та прісному тісті (внесення добавки – 2,5 % від маси борошна).

Таблиця 6 – Показники значення рН в дріжджовому та прісному тісті

№	Показник	Дріжджове тісто		Прісне тісто	
		контроль	зразок з 2,5 % добавки	контроль	зразок з 2,5 % добавки
1	рН	4,7	4,6	5,1	5,0
Готові вироби					
2	рН	4,7	4,6	5,1	5,0

Під час аналізу даних таблиці 6 можна зробити висновок, що під час додавання до борошна сухої морської капусти (ламінарії цукрової) значення рН в дріжджовому і прісному тісті не змінюється, величини рН також незмінні і в готових виробах. Згідно з нормативною документацією кислотність виробів повинна бути в інтервалах рН від 4,5 до 5,2 одиниць. В виробах з додаванням морської капусти значення не перевищує 5,0.

Таким чином, добавка з морської капусти не змінює кислотності тіста та готових виробів.

Нами досліджені якісні показники дріжджового тіста з добавкою. Дані наведені у таблицях 7, 8.

Таблиця 7 – Показники якості тіста

№	Показники	Контрольний зразок	Зразок з 2,5 % добавки	Різниця, %
1	Загальна волога, %	34,9	39,6	+13,5
2	Сухі речовини, %	12,3	15,4	+25,2
3	Кількість клейковини, % (на суху речовину)	82,3	71,8	-12,3
4	Набухання клейковини, %	18,1	17,5	-3,3
5	Щільність тіста, кг/см ²	54,9	48,8	-11,1

Таблиця 8 – Показники підйому і бродіння тіста

№	Найменування видів тіста	Час первинного підйому, хв.	Різниця з контролем, %	Термін бродіння, хв.	Різниця з контролем, %
1	Тісто (контроль)	30	–	100	–
2	Тісто з добавкою 2,5 % морської капусти	25	+16,7	60	40

Аналізуючи дані таблиці 8 можна зробити висновок, що додавання до пшеничного борошна сухої морської капусти підвищує в тісті вологу на 13,5 %, сухі речовини – на 2,52 %, але кількість клейковини знижується на 12,8 %. Знижується також такі показники, як набухання клейковини і його щільність – відповідно на 3,3 і 11,1 %.

Якість виробів залежить від структурно-механічних показників тіста [10]. Дані наведені в таблиці 9.

Таблиця 9 – Структурно-механічні показники тіста

№	Показники	Тісто дріжджове (контроль)	Тісто з добавкою морської капусти	Різниця з контролем, %
1	Висота напівфабрикату після розстоювання (20 хв.), см	4,0	3,9	-2,5
2	Модуль еластичності E^*10 5Па	74,0	75,5	+2,02
3	Пластичність п, %	39,3	38,8	-1,3
4	Час відновлення напівфабрикату після деформації, хв.	162	175	-13 хв.

Результати досліджень показують, що борошняні вироби після однакового часу розстоювання (20 хв.) мають не однаковий підйом. Максимальну висоту мали контрольні вироби – 4,0 см, в той же час у виробах з добавкою морської капусти (ламінарії цукрової) був підйом трошки нижчий – 3,9 см (тобто на 2,5 %). Скоріше відновлюються напівфабрикати без добавки (на 13 хв.). Дослідження також показали, що є різниця в структурно-механічних показниках. Модуль еластичності в дослідних зразках підвищився на 2,02 %.

З підвищенням показника модуля еластичності у дослідних зразках відмічається зростання в'язкості тіста (на 1,4 %). Пластичність знижується у зразках з додаванням морської капусти (ламінарії цукрової) на 1,3 %.

Структурно-механічні показники контрольних і дослідних зразків незначно відрізняються, тому можна вважати, що тісто являється еластичним і добре розтяжним, має високі показники пластичності. Тісто як в контрольних зразках, так і в дослідних, однаково.

Висновки. Добавка борошна із сухої ламинарії цукрової (морської капусти) має достатню амілолітичну активність, що виводить її майже на один рівень з ячмінним солодом. Встановлена оптимальна доза внесення добавки в дріжджове тісто, вивчений вплив добавки на якісні та структурно-механічні показники тіста.

У подальшому планується розроблення новітніх технологій виробів із дріжджового тіста з використанням ламинарії цукрової.

Список літератури

1. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна з заданими властивостями: монографія. Кривий Ріг: ДонНУЕТ. 2018. 146 с.
2. Levenspiel O. Chemical reaction engineering. New York: USA. 2016. 450 p.
3. Активация рослинних біологічно активних речовин фізичними методами: монографія / Павлюк Р. Ю. та ін. Харків, 2010. 157 с.
4. Корзун В. Н., Тихоненко Ю. С. Функціональні продукти і їх роль у харчуванні людини. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2010. Вип. 38 (2). С. 173–178.
5. Jing Peng, Juming Tang. Thermal pasteurization of vegetables: critical. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2015. Vol. 10. P. 430–440.
6. Семенова Л. Я. Вплив морської капусти на якісні показники дріжджового тіста. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2011. № 27. С. 239–244.
7. Семенова Л. Я. Вплив ламінарії цукрової на якісні показники дріжджового тіста. *Вісник ДонНУЕТ. Технічні науки*. 2012. № 1 (53). С. 153–157.
8. Simakova O., Korenets Yu., Yudina T., Nazarenko I., Goriainova Iu. Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*. 2018. Vol. 2. №11 (92). P. 57–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127173>.
9. Сімакова О. О., Горайнова Ю. А., Пусікова О. А., Василевська А. О. Дослідження можливості використання добавок амаранту багряного в технології хлібобулочних виробів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2022. Вип. 1 (44). С. 14–20. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2022-44-1-14-20>.
10. Mykhaylov V., Samokhvalova O., Kucheruk Z., Kasabova K., Simakova O., Goriainova Iu., Rogovaya A., Choni I. Influence of microbial polysaccharides on the formation of structure of protein-free and gluten-free flour-based products. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*. 2019. Vol. 6. № 11 (102). P. 23–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184464>.

References

1. Simakova, O. O., Nykyforov, R. P. (2018). *Rozrobka novitnikh tekhnolohii vyrobiv z boroshna s zadanyimi vlastyvostiamy* [Development of the newest technologies of products from flour with the set properties]. Kryvyi Rih, DonNUET Publ., 146 p.
2. Levenspiel, O. (2016). *Inzheneriya khimichnykh reaktsiy* [Chemical reaction engineering]. New York: USA. 450 p.
3. Pavliuk, R. Yu. (2010) *Aktyvatsiya roslinnykh biolohichno aktyvnykh rehovyn fizychnymy metodamy* [Activation of plant biologically active substances by physical methods]: monohrafiya / R. Yu. Pavliuk (Ed.). Kharkiv [Kharkiv], 157 p.
4. Korzun, V. N., Tykhonenko, Yu. S. (2010). *Funktsionalni produkty i yikh rol u kharchuvanni liudyny* [Functional products and their role in human nutrition], *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii* [Scientific Works of Odessa National Academy of Food Technologies], 38 (2), pp. 173–178.
5. Jing, Peng, Juming, Tang. (2015). Thermal pasteurization of vegetables: critical. *Critical reviews in food science and nutrition*, 10, P. 430–440.
6. Semenova, L.Ya. (2011). *Vpliv mors'koї kapusti na yakisni pokazniki drizhdzhovogo tista* [The impact of seaweed on quality indicators of dough]. *Obladnannya ta tekhnologii kharchovykh virobnitstv* [Food production equipment and technology], 27, pp. 239–244.
7. Semenova, L. Ya. (2012). *Vplyv laminarii tsukrovoi na yakisni pokaznyky drizhdzhovoho tista* [The impact of sugar kelp on quality indicators dough]. *Visnik DonNUYET. Tekhnichni nauky* [Bulletin of DonNUET. Technical sciences], 1 (53), pp. 153–157.

8. Simakova, O., Korenets, Yu., Yudina, T., Nazarenko, I., Goriainova, Iu. (2018). Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough, *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, 2, 11 (92), pp. 57–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127173>.

9. Simakova O. O., Horiainova Yu. A., Pusikova O. A., Vasylevska A. O. (2022). *Doslidzhennia mozhyvosti vykorystannia dobavok amarantu bahrianohto v tekhnolohii khlibobulochnykh vyrobiv* [Investigation of the possibility of using amaranth supplements in the technology of bakery products], *Obladnannya ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], 1 (44), pp. 14–20. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2022-44-1-14-20>.

10. Mykhaylov, V., Samokhvalova, O., Kucheruk, Z., Kasabova, K., Simakova, O., Goriainova, Iu., Rogovaya, A., Choni, I. (2019). Influence of microbial polysaccharides on the formation of structure of protein-free and gluten-free flour-based products, *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, 6, 11 (102). pp. 23–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184464>.

Objective – study of the influence of sugar kelp on the quality indicators of yeast dough.

Methods. Studies of the amylolytic activity of dry sugar kelp (seaweed) were conducted using a model substrate – a 2% solution of partially dextrinized starch. The activity of the enzyme preparation was evaluated by the amount of maltose formed in the reaction mixture, a product of deep starch hydrolysis. The enzyme preparation was used in the form of flour, which was obtained from dry seaweed and its 5% water extract. B-amylase activity was defined as the difference between total activity and α -amylase activity. The gluten quality of wheat flour was determined by the spread of a ball of 10 g of gluten after an hour of lying down.

Results. The amylolytic activity of sugar kelp (seaweed) was studied using a model substrate – a 2% solution of partially dextrinized starch and wheat flour with the addition of dry seaweed. The results obtained made it possible to state the amylolytic activity of sugar kelp. The sugar-forming property of flour increases dramatically with the addition of an additive. This makes it possible to consider dry kelp sugar (seaweed) as a full-fledged preparation of active amylases. When dry seaweed is added to flour, the pH value in yeast and unleavened dough does not change, and the pH values are also unchanged in finished products. The studied qualitative and structural-mechanical indicators of control and experimental samples showed small differences, so we can assume that the dough is elastic and well stretchable, has high plasticity indicators. The dough in both control samples and experimental samples is the same.

The addition of flour from dry kelp sugar (seaweed) has sufficient amylolytic activity, which brings it to almost the same level as barley malt. The optimal dose of adding an additive to yeast dough was established, and the effect of the additive on the quality and structural and mechanical parameters of the dough was studied.

Keywords: sugar kelp, seaweed, amylolytic activity, quality indicators, yeast dough.