

SECTION: CHEMISTRY AND PHARMACEUTICALS

ТЕРМІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ І КОНФОРМАЦІЙНІ ЗМІНИ БІЛКІВ СОЇ ПРИ ПРОМИСЛОВІЙ ПЕРЕРОБЦІ

**Синиця Анастасія Юріївна,
Приймак Анастасія Андріївна**
Здобувачі вищої медичної освіти

Сирова Ганна Олегівна

Д.фарм.н, професор

Кафедра медичної та біоорганічної хімії

Харківський національний медичний університет

м.Харків, Україна

Актуальність теми: Глобальне зростання населення, кліматичні зміни та підвищення уваги споживачів до сталого розвитку і здорового харчування стимулюють стрімкий попит на рослинні джерела білка. Бобові культури стоять на другому місці після зернових за значимістю. За амінокислотним складом білки бобових близькі до м'яса, вони багаті на незамінні амінокислоти, особливо на лізин. Розчинність і перетравність білка у бобових значно вищі, ніж у інших рослин. Соя являє собою важливе джерело повноцінного харчового білка: для цього використовують соєві боби, організовано виробництво соєвого борошна, концентратів і ізолятів сої. У складі насіння сої містяться також білкові сполуки, які є інгібіторами протеаз шлунково-кишкового тракту (відомо про 5 специфічних інгібіторів трипсину - вони складають 5-10% від загальної кількості білка), а також лектини (глікопротеїни, які мають аглютиноційну дію на еритроцити крові - шляхом їх взаємодії з вуглеводними компонентами поверхні клітин). При виготовленні соєвої продукції передбачається інактивація інгібіторів: при нагріванні до 80°C активність лектинів зменшується. Ферменти ліпоксигеназа і β -амілаза також містяться у бобах сої. Їх використовують у випіканні хліба для покращення його якості. Цікавим фактом є те, що β -амілаза сої значно термостабільніша, ніж β -амілаза пшениці, вона більш тривалий час бере участь у реакції гідролізу крохмалю до моносахаридів та до утворення кінцевих продуктів CO_2 , ароматичних та смакових речовин в процесі бродіння та випікання хліба. Відносно ліпоксигенази: вона окиснює ненасичені жирні кислоти і сприяє їх взаємодії з клейковинними білками, зміцнюючи комплекс, що відповідає за газотримуючу здатність тіста. Відомо, що 20-40% білка від загальної маси містять бобові культури. Основну масу в бобових складають запасні білки (60-90% від усіх білків - глобуліни, 4-22% - альбуміни, 0-20% - глютеліни). Глобуліни бобових існують у двох білкових фракціях: віциліни і леуміни (містять різну кількість метіоніну). Цистеїн і метіонін являються лімітуючими амінокислотами для бобових. Найбільша кількість білка міститься

в сої: білки сої відрізняються наявністю великої кількості лізину, триптофану та своїми функціональними властивостями, серед яких соєвий білок виділяється завдяки високій харчовій цінності та збалансованому амінокислотному складу.

Нативні ізоляти соєвого білка мають щільну глобулярну структуру з низькою температурою денатурації та недостатньою розчинністю, що суттєво обмежує їхнє ефективне використання у харчовій промисловості. Зокрема, під час обов'язкової термічної обробки відбувається незворотна денатурація, яка призводить до небажаної агрегації, передчасного гелеутворення та випадання осаду, що особливо критично у виробництві високобілкових напоїв. Для подолання цих технологічних бар'єрів застосовують різноманітні методи спрямованої структурної модифікації: термічну, лужну, окисну обробку або глікозилювання. Ці процеси дозволяють змінити конформацію білка, частково розгорнути його структуру, відрегулювати утворення дисульфідних зв'язків та відкрити приховані гідрофобні групи. Такі структурні зміни здатні значно підвищити термічну стабільність білків, їхню водоутримувальну здатність та покращити гелеутворюючі властивості, що є фундаментом для створення якісних м'ясних аналогів, ковбасних виробів і традиційних соєвих продуктів. Саме тому вивчення конформаційних змін та гелеутворюючих властивостей білків сої за умов реальних промислових модифікацій є вкрай актуальним завданням.

Метою роботи є аналіз літературних даних відносно дослідження шляхів підвищення термічної стійкості соєвих білків і комплексний аналіз впливу різних методів промислової модифікації (термічної, лужної, глікозилювання та окиснення) на їхні структурні, хімічні й функціональні характеристики.

Матеріали та методи дослідження: теоретичний аналіз та узагальнення сучасних наукових даних щодо переробки та структурної модифікації соєвих білків. Базою для огляду слугували актуальні публікації з міжнародних наукових баз даних, присвячені харчовій хімії, функціональним властивостям рослинних інгредієнтів та харчовим технологіям.

Результати дослідження: Аналіз літератури свідчить, що промислові модифікації (термічна, лужна, глікозилювання та окиснення) не змінюють загальний склад основних субодиниць соєвого білка, проте вони спричиняють глибокі зміни у вторинній структурі, зокрема зменшення кількості α -спіралей та неупорядкованих клубків на користь більш стабільних β -складчастих та β -поворотних структур. Найбільше зростання β -складчастих структур характерне для термічної модифікації, а β -поворотних — для глікозилюваної, що підвищує здатність білків утворювати стабільні міжмолекулярні зв'язки. Промислова переробка сприяє розгортанню молекул та експозиції прихованих гідрофобних груп, причому найвищий рівень поверхневої гідрофобності спостерігається після лужної обробки через значне електростатичне відштовхування всередині молекули. Крім того, відбувається трансформація внутрішньомолекулярних дисульфідних зв'язків у міжмолекулярні, а найвищий загальний вміст дисульфідних зв'язків фіксується при глікозилюванні. За даними диференційної скануючої калориметрії, більшість промислових модифікацій знижують температуру денатурації та ентальпію ізолятів соєвого білка, роблячи їх структурно більш гнучкими та

схильними до розгортання при подальшому нагріванні. Водночас застосування попереднього нагрівання за низьких концентрацій білка здатне суттєво підвищити теплову стабільність та запобігти передчасному утворенню гелю. Модифікація конформації безпосередньо покращує технологічні характеристики: модифіковані білки мають нижчу температуру початку гелеутворення та формують міцніші й прозоріші гелі. У композитних гелях із міофібрилярними білками м'яса нативний соєвий білок заважає утворенню міцної мережі, тоді як додавання промислово модифікованих ізолятів значно підвищує твердість, пружність та здатність утримувати вологу. Лужна модифікація забезпечує найвищі показники пружності й твердості та формує найбільш щільну мікроструктуру завдяки оптимальному балансу розгортання білка та його агрегації з білками м'яса. Глікозилювання гарантує найвищу водоутримувальну здатність системи завдяки утворенню водневих зв'язків з полісахаридами конжакового крохмалю (потужний рослинний загусник, гелеутворювач, джерело розчинної клітковини, його називають ще конжаковою камеддю або харчовою добавкою E425). Окиснення покращує певні характеристики, однак схильність до утворення поганих агрегатів може призводити до неупорядкованої агрегації та формування менш однорідної структури композитних гелів. Спрямована промислова модифікація ефективно розгортає глобулярну структуру соєвих білків, що дозволяє оптимізувати їхнє використання як високоякісних функціональних інгредієнтів для стабілізації білкових напоїв та покращення текстури м'ясних аналогів і комбінованих продуктів.

Висновки: Промислові модифікації (зокрема найефективніші лужна та глікозилювання) спрямовано змінюють конформацію соєвих білків без руйнування їхнього субодиничного складу, розгортаючи глобули, збільшуючи частку стабільних β -структур, оголюючи гідрофобні групи та перетворюючи дисульфідні зв'язки на міжмолекулярні. Такі перебудови роблять молекули гнучкішими, знижують температуру їх денатурації та гелеутворення, а також покращують міцність і прозорість гелів. На відміну від нативного білка, який погіршує структуру складних матриць, модифіковані ізоляти суттєво підвищують твердість, пружність та водоутримувальну здатність композитних гелів із м'ясними білками завдяки посиленню гідрофобних (при лужній обробці) або водневих (при глікозилюванні) взаємодій, це дозволяє використовувати модифіковані соєві білки як високофункціональні інгредієнти для покращення текстури м'ясних аналогів, ковбас та стабілізації високобілкових напоїв. Сукупність отриманих даних має закласти основу для оптимізації технологічних процесів переробки, а також виявити потенціал промислово модифікованих соєвих білків як високоякісних функціональних компонентів у виробництві багатобілкових напоїв та м'ясної продукції.

Список використаних джерел

1. Боечко Ф.Ф, Назаренко Н.В. Харчова хімія. Навчальний посібник. - Черкаси, 2017. - 236 с.
2. Павлоцька Л.П, Дуденко Н.В, Цихановська І.В, Лазарева Т.А та ін. Нутриціологія. Частина 1. Загальна нутриціологія. Навчальний посібник. - Харків: УПА, 2012 - 371 с.

3. Hu Z. Impacts of Industrial Modification on the Structure and Gel Features of Soy Protein Isolate and its Composite Gel with Myofibrillar Protein [Электронный ресурс] / Hu Z., Wang Y., Ma Z., Cheng T., Guo Z., Zhou L., Wang Z. // MDPI (Foods). – Режим доступа: URL <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/10/1982> (дата звернения: 18.05.2026)
4. Enhancing the thermal stability of soy proteins by preheat treatment at lower protein concentration [Электронный ресурс] / [Без автора] // ScienceDirect (Food Chemistry). – Режим доступа: URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619317170> (дата звернения: 18.05.2026)
5. Gelation Mechanisms and Properties of Soy Protein Systems [Электронный ресурс] // Nature Index. – Режим доступа: URL <https://www.nature.com/nature-index/topics/14/gelation-mechanisms-and-properties-of-soy-protein-systems> (дата звернения: 18.05.2026)
6. Thermal Processing of Soybean Proteins [Электронный ресурс] / [Без автора] // Nature Index. – Режим доступа: URL <https://www.nature.com/nature-index/topics/14/thermal-processing-of-soybean-proteins> (дата звернения: 18.05.2026)

MODIFICATION OF GELATIN–GLYCERIN-BASED BIOPOLYMER MATRICES WITH PHYTOCOMPONENTS AND THEIR INVESTIGATION FOR USE AS ACTIVE WOUND HEALING DRESSING MATERIALS

Abdullayeva Fatima Mubariz
Student

Imanzade Gulay Musayib
Student

Faculty of Chemistry and Biology
Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan

Synthetic wound dressings widely used in modern healthcare are often limited by poor biodegradability, potential skin irritation, and lack of biological activity, which restrict their long-term clinical and environmental performance. These limitations have intensified the search for advanced biomaterials capable of combining safety, sustainability, and therapeutic efficiency within a single system. In this context, natural biopolymers such as gelatin have gained significant attention due to their inherent biocompatibility, biodegradability, and ability to support tissue regeneration. However, their functional performance is often constrained by weak mechanical properties and high moisture sensitivity, which require structural modification using plasticizers such as glycerin to achieve stable and flexible film formation. Recent developments in biomaterials science emphasize not only structural improvement but also the integration of bioactive functionality into wound dressing systems. Plant-derived