

УДК 663.86

Дударєв І. М.,

i_dudarev@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2016-5342, S-1649-2019,

д.т.н., проф., завідувач кафедри харчових технологій та хімії,

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

Мороз І. А.,

moroz.iryua1@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9167-4876, HGD-6083-2022,

к.х.н., доц., доцент кафедри харчових технологій та хімії,

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

Каракулько О. В.,

KarakulkoOleksandr@gmail.com, ORCID ID: 0009-0001-9983-8967,

здобувач, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

РОЗРОБЛЕННЯ КОМБІНОВАНИХ СМУЗІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХНІХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Анотація. Зростання попиту на продукти здорового харчування та поширення концепції функціонального харчування обумовлюють необхідність розроблення нових видів напоїв із підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Особливої актуальності набуває створення рослинних смузі, рецептури яких поєднують овочеву, фруктову та зернову сировину, що дозволяє забезпечити збалансований вміст мікро- і макронутрієнтів, покращити органолептичні властивості продукції. Метою дослідження було розроблення рецептур комбінованих смузі на основі овочевої, фруктові та зернової сировини із використанням соєвого напою як рідкої основи та оцінювання їхніх органолептичних і фізико-хімічних показників. Розроблено декілька рецептурних композицій смузі, визначено в них вміст білків, сухих речовин, золи, кальцію, магнію, а також рН і титровану кислотність, проведено органолептичне оцінювання готового продукту. Встановлено, що найбільш перспективними є композиції з соєвим напоєм, кабачком, буряком, гарбузом, шпинатом, яблуком, вівсяними та гречаними пластівцями, що характеризуються вмістом білків 3,20–3,27 г/100 г, кальцію – 1282–1362 мг/л, магнію – 153–168 мг/л, сухих речовин – 10,81–10,96% та рН 6,67–6,68. Вміст білків у розроблених смузі перевищує аналогічний показник традиційних фруктових-овочевих смузі. Комплексний показник якості рекомендованих смузі 0,830–0,831 підтверджує високі органолептичні властивості напоїв. Наукова новизна досліджень полягає у розробленні рецептури комбінованих рослинних смузі із використанням соєвого напою та порошків вівсяних і гречаних пластівців, а також у встановленні їхніх фізико-хімічних показників. Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості впровадження запропонованих композицій у виробництво функціональних напоїв. Використання соєвого напою та зернових компонентів є ефективним способом підвищення харчової цінності й споживчих властивостей смузі. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення впливу різних видів рослинних напоїв на показники якості смузі та оптимізування рецептур для створення функціональних продуктів із заданими харчовими властивостями.

Ключові слова: смузі, соєвий напій, вівсяні пластівці, гречані пластівці, рецептура смузі, властивості смузі, поживна цінність смузі.

Dudarev I. M.,

i_dudarev@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2016-5342, S-1649-2019,

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Technology and Chemistry,
Lutsk National Technical University, Lutsk*

Moroz I. A.,

moroz.irynd@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9167-4876, HGD-6083-2022,

*PhD in Chemistry, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology
and Chemistry, Lutsk National Technical University, Lutsk*

Karakulko O. V.,

KarakulkoOleksandr@gmail.com, ORCID ID: 0009-0001-9983-8967,

Postgraduate, Lutsk National Technical University, Lutsk

DEVELOPMENT OF COMBINED SMOOTHIES AND EVALUATION OF THEIR PROPERTIES

Abstract. *The growing consumer demand for healthy foods and the increasing popularity of the functional nutrition concept have intensified the need to develop innovative beverages with enhanced nutritional and biological value. Plant-based smoothies have attracted considerable attention owing to their potential to combine fruits, vegetables, and cereal ingredients into balanced formulations rich in essential macro- and micronutrients while providing desirable sensory properties. The objective of this study was to develop formulations of combined plant-based smoothies using soy beverage as a liquid base and to evaluate their sensory and physicochemical characteristics. Several smoothie formulations containing vegetables, fruits, cereal ingredients, and soy beverage were developed and experimentally evaluated. The protein, total solids, ash, calcium, magnesium, pH, and titratable acidity of the samples were determined, and their sensory properties were assessed using an integrated quality index. The obtained results demonstrated that the formulations containing soy beverage, zucchini, beetroot, pumpkin, spinach, apple, oat flakes, and buckwheat flakes exhibited the most favorable quality characteristics. These samples contained 3.20–3.27 g/100 g of protein, 1282–1362 mg/L of calcium, 153–168 mg/L of magnesium, and 10.81–10.96% total solids, with pH values ranging from 6.68 to 6.68. The protein content of the developed smoothies exceeded that typically reported for conventional fruit and vegetable smoothies, indicating the nutritional advantages of incorporating soy beverage and cereal ingredients into the formulation. The integrated quality index of 0.830–0.831 confirmed the high sensory acceptability of the recommended smoothie formulations. The scientific novelty of the study lies in the development of original formulations of combined plant-based smoothies enriched with soy beverage and powdered oat and buckwheat flakes, as well as in the comprehensive evaluation of their physicochemical and sensory characteristics. The practical significance of the study is associated with the possibility of implementing the proposed formulations in the production of functional beverages with improved nutritional value, increased protein content, and enhanced mineral composition. The results confirm that the use of soy beverage as a liquid base in combination with cereal ingredients is an effective approach to improving both the nutritional quality and consumer properties of smoothies. The developed smoothie formulations can be recommended for the production of functional plant-based beverages intended for consumers seeking nutritionally balanced products. Future research should focus on evaluating the effects of different plant-based beverages used as liquid bases on smoothie quality parameters, storage stability, and consumer acceptance, as well as on optimizing formulations to obtain products with targeted nutritional and functional properties.*

Key words: smoothie, soy beverage, oat flakes, buckwheat flakes, smoothie formulation, smoothie properties, nutritional value of smoothie.

JEL Classification: L 66

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-46-07>

Постановка проблеми. Ринок натуральних напоїв з фруктів та овочів зростає у всьому світі [1]. На ринку представлено широкий асортимент таких напоїв з різними інгредієнтами, причому деякі з них позиціонують як функціональні [2]. В асортименті натуральних напоїв особливе місце займають смузі. Смузі – це суміш свіжих овочів та фруктів або ж фруктових чи овочевих пюре, що часто змішують з горіхами, травами, злаками, борошном з зернових культур, морськими водоростями тощо [3, 4]. Вони також можуть містити інгредієнти тваринного походження: йогурт, молоко, морозиво, мед [3]. Для покращення консистенції смузі в якості рідкої основи також можуть використовувати питну воду, мінеральну воду, соки, газовані напої, молочні чи рослинні напої [5]. Фруктові та овочеві смузі мають, переважно, низький вміст білків, що спонукає їх збагачувати білковими продуктами [6].

Смузі споживають відразу після приготування в домашніх умовах та закладах харчування або після термічного оброблення (промислового виробництва), що дозволяє подовжити термін їх зберігання. Водночас, сирі або мінімально оброблені (нарізані, подрібнені) фрукти і овочі традиційно вважають найкращим способом їх споживання [7]. Незважаючи на широкий асортимент смузі, питання збалансування їхньої рецептури за поживними речовинами та оцінювання фізико-хімічних і органолептичних показників залишаються актуальними, що зумовлює необхідність проведення відповідних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фрукти та овочі є джерелом широкого спектру поживних речовин. Вони є, переважно, низькокалорійними продуктами, що містять значну кількість вуглеводів, клітковини, мінеральних речовин, водорозчинних вітамінів та біологічно активних сполук, зокрема флавоноїдів, каротиноїдів, танінів тощо [8]. Поєднання фруктів та овочів для приготування смузі дозволяє досягнути синергетичного ефекту, що покращує функціональність напою [9]. Зважаючи на склад інгредієнтів, смузі можна вважати прикладом «суперфуду», оскільки він є способом споживання корисних для здоров'я людини біоактивних сполук [10]. Внаслідок доступності фруктів та овочів упродовж року, у смузі можна комбінувати різні інгредієнти, чим забезпечувати споживачів здоровою їжею не зважаючи на пору року [11]. Через високий вміст натуральних цукрів та поживних речовин, а також високу активність

води, фруктові та овочеві напої схильні до розвитку небажаних мікроорганізмів [12].

Комбінування різної сировини у смузі дозволяє збалансувати нутрієнтний склад напою та досягнути бажаних органолептичних властивостей, що відповідають побажанням споживачів. Перспективним є використання у складі смузі як рідкої основи «рослинного молока», зокрема соєвого. «Соєве молоко» є водним екстрактом цілих соєвих бобів, що містить високоякісний білок, амінокислоти, зокрема аспарагінову та глутамінову кислоти, омега-3 жирні кислоти, вітаміни (вітаміни А та В₉) та мінеральні речовини (кальцій, фосфор, залізо) [13, 14]. «Соєве молоко» є низькокалорійним, не містить холестерину та є альтернативою для споживачів з непереносимістю лактози й алергією на білок коров'ячого молока [13]. Водночас, воно містить алергени, що мають потенційно негативний вплив на здоров'я людини, що може обмежувати його споживання [14].

Для покращення консистенції смузі доцільно використовувати вівсяні та гречані пластів, подрібнені до стану порошку. Вівсяний білок відомий своєю харчовою цінністю, оскільки містить одну з найбільших концентрацій незамінних амінокислот з-поміж зернових культур [15]. Вівсяні пластівці також містять 4,6% β-глюкану, що має корисний вплив на здоров'я людини [16]. Гречка має високий вміст ліпідів, харчових волокон, білків, мінеральних речовин, а також біологічно активних речовин, зокрема фенольних сполук (кверцетин, рутин), тому її позиціонують як функціональний інгредієнт [17].

З-поміж овочів та фруктів досить часто до складу смузі додають місцеву сировину (Україна): кабачки, столовий буряк, гарбуз, шпинат, яблука. Кабачки містять кальцій, фосфор, залізо, клітковину, вітаміни С та Е, а також фолієву кислоту [18, 19]. Столовий буряк – це коренеплід, відомий своїм яскравим природним кольором та поживними властивостями. Він є джерелом широкого спектру біологічно активних сполук, зокрема містить беталаїни, флавоноїди (рутин, кемпферол, кверцетин), терпеноїди, вітаміни (вітамін С та вітаміни групи В), фенольні кислоти (галову, кавову), стероїди, алкалоїди, таніни та цукри [20, 21]. Буряк також містить вуглеводи – 9,56 г/100 г, клітковину – 2,8 г/100 г та мінеральні речовини (калій, фосфор, магній, залізо, кальцій) [21]. Гарбуз є одним з найбільших джерел біологічно активних сполук. Він містить вуглеводи, жирні

кислоти, клітковину, каротиноїди, вітаміни А, С та Е, мінеральні речовини (цинк, залізо, селен), ефірні олії, пептиди [22, 23]. Шпинат є також функціональним продуктом, оскільки містить фітохімічні та біоактивні сполуки, що позитивно впливають на здоров'я людини [24]. Це низькокалорійний продукт харчування та джерело мінеральних речовин (кальцію, цинку, заліза, магнію) [25]. Завдяки своєму приємному смаку та високій харчовій цінності, яблука є найбільш споживаними фруктами [26]. Вони містять різні біологічно активні сполуки, зокрема пектини, харчові волокна, вітаміни, олігосахариди та фенольні сполуки [27].

Постановка завдання. Завданням дослідження було розробити рецептури комбінованих смузі з овочів, фруктів та зернових продуктів, рідкою основою яких є питна вода та соєвий напій, а також дослідити їхні фізико-хімічні та органолептичні показники.

Виклад основного матеріалу та досліджень у цьому напрямі. Розроблені комбіновані смузі з рослинної сировини, рецептура яких подана у таблиці 1. Усі інгредієнти смузі закуповували у місцевому супермаркеті Сільпо (м. Луцьк, Україна). Поживна цінність соєвого напою ("Soya drink", виробник THE BRIDGE S.R.L., Італія), що містить воду, сою та сіль, на 100 мл: білки – 3,8 г; жири – 2,3 г; вуглеводи – 1,4 г; сіль – 0,09 г. Перед використанням пластівці вівсяні та гречані подрібнювали до стану порошку. Подрібнені пластівці заливали водою питною (кип'яток) у співвідношенні (% мас.): вода питна – 64; пластівці подрібнені – 36. Запарену вівсяну та гречану масу використовували в рецептурі смузі після охолодження. У композиціях смузі К1 та К4 використовували воду питну кип'ячену (охолоджену). Овочі та фрукти нарізали на дрібні шматочки та усі інгредієнти разом з рідкою основою подрібнювали у блендері Braun MultiQuick 3 до однорідної консистенції.

Фізико-хімічні показники композицій смузі подані в таблиці 2. Активну кислотність вимірювали за допомогою каліброваного рН-метра іонметра AI-125. Титровану кислотність визначали методом кислотно-основного титрування 0,1 М розчином NaOH та виражали в еквівалентах лимонної кислоти (г/100 мл). Вміст сухих речовин визначали гравіметричним методом шляхом висушування зразків до постійної маси за температури 102±2 °С протягом 2,5 год. Густина зразків смузі визначали пікнометричним методом.

Таблиця 1

Рецептура модельних композицій смузі

Інгредієнти смузі	Рецептура композицій смузі (вміст у % мас.)			
	К1	К2	К3	К4
Вода питна	48	—	—	48
Напій соєвий	—	48	48	—
Маса вівсяна	12	12	—	—
Маса гречана	—	—	12	12
Кабачок свіжий	13	13	13	13
Буряк свіжий	7	7	7	7
Гарбуз свіжий	10	10	10	10
Шпинат свіжий	5	5	5	5
Яблуко свіже	5	5	5	5

Вміст золи визначали шляхом спалювали зразків смузі в муфельній печі за температури 550 °С протягом 5 год. Вміст кальцію та магнію у зразках смузі визначали титриметричними методами. Вміст білків у смузі визначали за допомогою спектрофотометричного методу, заснованого на утворенні комплексу між пептидними зв'язками та іонами Cu^{2+} .

Активна кислотність (рН) зразків смузі змінювалася від 6,08 до 6,68. Більші значення рН (6,67 та 6,68) були характерні для композицій К2 та К3 з соєвим напоєм. Також у зразках з гречаними пластівцями значення рН були більшими, ніж у зразках з вівсяними пластівцями. Загалом усі зразки характеризувалися слабкою кислотою реакцією середовища. Титрована кислотність смузі коливалася в межах 0,076–0,162 г/100 мл. Причому більші значення були у зразків смузі з соєвим напоєм та вівсяними пластівцями.

У зразках смузі з соєвим напоєм вміст сухих речовин (10,96% та 10,81%) був більшим, ніж у зразках з питною водою (7,01% та 7,44%), що зумовлено вмістом у соєвому напої розчинних сухих речовин. Подібно до вмісту сухих речовин, вміст золи у композиціях смузі з соєвим напоєм був більшим (0,63% та 0,47%), ніж у смузі з водою (0,32% та 0,33%). Композиції смузі із соєвим напоєм характеризувалися більшою густиною (1048,3 кг/м³ та 1042,0 кг/м³) порівняно з композиціями з водою (1032,9 кг/м³ та 1038,0 кг/м³).

Вміст кальцію в смузі коливався в межах від 1282,0 мг/л до 1442,0 мг/л. Встановлено, що у композиціях смузі із питною водою вміст кальцію був більшим порівняно зі зразками з соєвим напоєм. Це пов'язано з більшим вмістом кальцію у використаній воді (1354,0 мг/л) порівняно з соєвим напоєм (921,0 мг/л). Також виявлено, що

у зразках з вівсяними пластівцями вміст кальцію більший, ніж у зразках з гречаними пластівцями, що пов'язано з хімічним складом зернових продуктів. Щодо вмісту магнію, у композиціях смузі його вміст був 144,0–188,0 мг/л. У зразках смузі з гречаними пластівцями вміст магнію був більшим порівняно зі зразками з вівсяними пластівцями.

Напій соєвий містив білків у кількості 3,8 г/100 мл (за даними виробника). Відповідно, це спричинило більший у кілька разів вміст білків у композиціях смузі з цією рідкою основою (3,22 г/100 г та 3,27 г/100 г) порівняно зі зразками з питною водою (1,43 г/100 г та 1,34 г/100 г). Також встановлено, що зразки смузі з вівсяними пластівцями містили більше білків порівняно зі зразками напоїв з гречаними пластівцями. Такий вміст білків зумовлено вмістом білків у зернових продуктах (за даними виробників): пластівці вівсяні – 11,9 г/100 г (виробник ТОВ «Надія», Україна); пластівці гречані – 9,8 г/100 г (виробник ТОВ «Сквирський комбінат хлібопродуктів», Україна).

Оцінювання органолептичних показників (зовнішній вигляд, смак, аромат, колір, консистенція) композицій смузі проходило за участі групи з восьми експертів. Для оцінювання використовували 9-бальну гедонічну шкалу (1 бал – надзвичайно не подобається; 2 бали – дуже не подобається; 3 бали – помірно не подобається; 4 бали – злегка не подобається; 5 балів – ні подобається, ні не подобається (нейтрально); 6 балів – злегка подобається; 7 балів – помірно подобається; 8 балів – дуже подобається; 9 балів – надзвичайно подобається).

Сенсорна профілограма композицій смузі, побудована за результатами їх експертного оцінювання, подана на рисунку 1. Зовнішній вигляд композиції смузі К2 було оцінено найвищим балом (7,13), тоді як найменші бали (6,13)

отримали композиції К1 та К4. За показником смаку дві композиції смузі К2 та К3 отримали найвищі бали (8,13), що відповідає дескриптору «дуже подобається». Смак композиції К1 було оцінено найнижчим балом (6,13). Аромат композиції смузі К2 було оцінено найвищим балом (8,0), тоді як найменший бал (7,0) за цим показником отримала композиція К4. Колір усіх композицій був оцінений високими балами, при цьому композиція К1 отримала найвищу оцінку (8,0) за цим показником. Оцінки консистенції всіх композицій варіювалися від 6,0 до 7,13 балів.

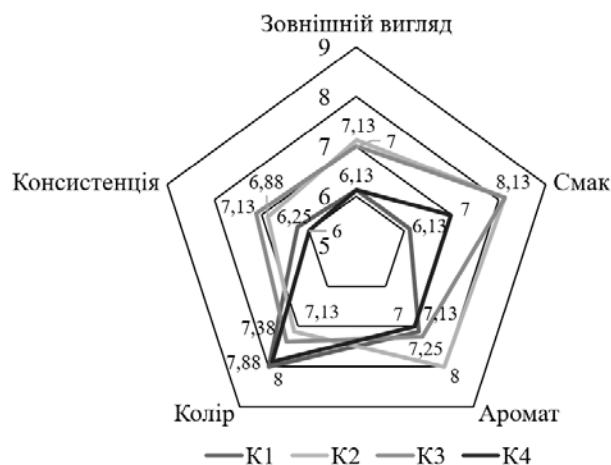


Рис. 1. Сенсорна профілограма композицій смузі

Експертами було оцінено вагомість органолептичних показників смузі методом зворотного ранжування. Внаслідок статистичного оброблення даних отримали коефіцієнти вагомості показників: зовнішній вигляд – $m_1 = 0,208$; смак – $m_2 = 0,333$; аромат – $m_3 = 0,092$; колір – $m_4 = 0,109$; консистенція – $m_5 = 0,258$. Узгодженість думок експертів перевіряли за коефіцієнтом конкордації, обчислене значення якого ($W = 0,931$) вказує на дуже високий рівень узгодженості

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники композицій смузі

Параметри	Композиції смузі			
	К1	К2	К3	К4
Активна кислотність (pH)	6,08±0,02	6,67±0,01	6,68±0,01	6,16±0,02
Титрована кислотність, г/100 мл	0,081±0,020	0,162±0,030	0,149±0,020	0,076±0,010
Вміст сухих речовин, %	7,01±0,05	10,96±0,04	10,81±0,06	7,44±0,05
Густина, кг/м ³	1032,9±0,8	1048,3±0,7	1042,0±0,7	1038,0±0,7
Вміст золи, %	0,32±0,03	0,63±0,02	0,47±0,01	0,33±0,00
С (Ca ²⁺), мг/л	1442,0±0,5	1362,0±0,6	1282,0±0,7	1414,0±0,4
С (Mg ²⁺), мг/л	144,0±0,4	153,0±0,5	168,0±0,4	188,0±0,6
Білки, г/100 г	1,43±0,05	3,27±0,04	3,20±0,06	1,34±0,05

оцінок експертів. Перевірка за критерієм Пірсона показала статистичну значущість узгодженості ($\chi^2 = 29,8$; ступені свободи $df = 4$; $p < 0,001$).

З урахуванням коефіцієнтів вагомості m_i було визначено комплексний показник якості композицій смузі за виразом:

$$Q = \sum_{i=1}^5 \frac{P_i}{P_{\text{баз},i}},$$

де Q – комплексний показник якості смузі; P_i – фактичне значення бальної оцінки i -го показника експертами; $P_{\text{баз},i}$ – найбільше можливе значення бальної оцінки i -го показника експертами ($P_i = 9$).

Обчислені значення комплексних показників якості для композицій смузі: $K1 - Q = 0,717$; $K2 - Q = 0,831$; $K3 - Q = 0,830$; $K4 - Q = 0,740$. Отже, композиція смузі $K2$ отримала найбільше значення показника якості Q , тоді як композиція $K1$ – найменше.

Висновки і перспективи подальших досліджень у цьому напрямі. Зростання зацікавленості споживачів у продуктах здорового харчування, що містять рослинні інгредієнти, зумовлює необхідність розширення асортименту функціональних напоїв, зокрема смузі, з підвищеною харчовою цінністю. Перспективним напрямом є розроблення комбінованих смузі, що містять овочі, фрукти та зернові продукти, оскільки їх поєднання забезпечує більш збалансований нутрієнтний склад, підвищує вміст білків та мінеральних речовин, а також сприяє покращенню консистенції та органолептичних показників напоїв. Серед розроблених композицій смузі найбільш перспективними до практичного впровадження є композиції $K2$ та $K3$, що містяться як рідку основу соєвий напій, а також порошок вівсяних і гречаних пластівців. Ці композиції характеризуються вмістом білків 3,20–3,27 г/100 г, кальцію 1282,0–1362,0 мг/л, магнію 153,0–168,0 мг/л, сухих речовин 10,81–10,96% та значенням рН 6,67–6,68. Також ці напої мають високі органолептичні властивості, що підтверджено високими значеннями комплексного показника якості 0,830–0,831. Вміст білків у смузі є більшим, ніж у традиційних фруктових-овочевих смузі, а високий вміст кальцію та магнію збагачує напої корисними мінеральними речовинами.

Перспективними є подальші дослідження щодо оцінювання доцільності використання як рідкої основи смузі різних видів рослинних напоїв (вівсяного, мигдального, кокосового, рисового тощо), їх впливу на фізико-хімічні та органолептичні властивості готової продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Casco M. A., Jagus R. J., Agüero M. V., Fernandez M. V. Ultrasound and its combination with natural antimicrobials: Effects on shelf life and quality stability of a fruit and vegetable smoothie. *Food and Bioprocess Technology*. 2022. Vol. 15(1). P. 203–218. URL: <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02745-5>.
2. Yusuf E. H., Wojdyło A., Bourbon A. I., Nowicka P. Fruit–carrot-based smoothies as innovative products with a complex matrix of bioactive compounds effected on activities of selected digestive enzymes and cholinesterases *in vitro*. *Antioxidants*. 2023. Vol. 12(4). P. 917. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox12040917>.
3. DaSilva-Mojón L., Pérez-Lamela C., Falqué-López E. Smoothies marketed in Spain: Are they complying with labeling legislation? *Nutrients*. 2023. Vol. 15(20). P. 4426. URL: <https://doi.org/10.3390/nu15204426>.
4. Ashraf H., Khalid S., Khalid W., Nadeem M., Tahir M. U. Vegetables' juices, blends, and smoothies: Preparation and processing. In: Iqbal Z., Anjum M. A., Ercisli S., Rauf S. (eds), *Sustainable and Innovative Vegetable Production in times of Climate Change*. Singapore: Springer, 2025. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-96-6283-8_28.
5. Neelissen J., Leanderson P., Jonasson L., Chung R. W. S. The effects of dairy and plant-based liquid components on lutein liberation in spinach smoothies. *Nutrients*. 2023. Vol. 15(3). P. 779. URL: <https://doi.org/10.3390/nu15030779>.
6. Jiménez-Monreal A. M., Cedeño-Pinos C., Bañón S., Muñoz I., Guardia M. D., Tahori N., Martínez-Tomé M. Effect of *in vitro* gastrointestinal digestion on the antioxidant properties of fruit and vegetable powdered smoothies reinforced with WPC80. *LWT*. 2025. Vol. 215. P. 117301. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117301>.
7. Bhullar S. Health associations of various fruit forms: solid fruits, juices, and smoothies. *Frontiers in Nutrition*. 2025. Vol. 12. P. 1626179. URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1626179>.
8. Razola-Díaz M. d. C., Guerra-Hernández E. J., García-Villanova B., Verardo V. New insight on phenolic composition and evaluation of the vitamin C and nutritional value of smoothies sold on the Spanish market. *Molecules*. 2022. Vol. 27(23). P. 8229. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules27238229>.
9. Michael J. A., Olatuyi V. T., Adelu A. O., Falodun A. I., Ogungbenro G. M., Nwanna E. E., Elekofehinti O. O., Badejo A. A. Antioxidant activities of developed natural smoothies and their effects on blood glucose levels and expression of pro-inflammatory genes in streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2024. Vol. 6(1). P. 78. URL: <https://doi.org/10.1186/s43014-024-00249-1>.

10. Donda Zbinden M., Schmidt M., Vignatti C. I., Pirovani M. É., Böhm V. High-pressure processing of fruit smoothies enriched with dietary fiber from carrot discards: Effects on the contents and bioaccessibilities of carotenoids and vitamin E. *Molecules*. 2024. Vol. 29(6). P. 1259. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules29061259>.
11. Van de Velde F., Vignatti C., Méndez-Galarraga M. P., Gomila M., Fenoglio C., Zbinden M. D., Pirovani M. É. Intestinal and colonic bioaccessibility of phenolic compounds from fruit smoothies as affected by the thermal processing and the storage conditions. *Food Research International*. 2022. Vol. 155. P. 111086. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111086>.
12. Šilha D., Syrová P., Syrová L., Janečková J. Smoothie drinks: Possible source of resistant and biofilm-forming microorganisms. *Foods*. 2022. Vol. 11(24). P. 4039. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11244039>.
13. De B., Shrivastav A., Das T., Goswami T. K. Physicochemical and nutritional assessment of soy milk and soymilk products and comparative evaluation of their effects on blood gluco-lipid profile. *Applied Food Research*. 2022. Vol. 2(2). P. 100146. URL: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100146>.
14. Mollakhalili-Meybodi N., Arab M., Zare L. Harmful compounds of soy milk: characterization and reduction strategies. *Journal of Food Science and Technology*. 2022. Vol. 59(10). P. 3723–3732. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05249-4>.
15. Sargautis D., Kince T. Effect of enzymatic pre-treatment on oat flakes protein recovery and properties. *Foods*. 2023. Vol. 12(5). P. 965. URL: <https://doi.org/10.3390/foods12050965>.
16. Reiners S., Hebestreit S., Wedekind L., Kiehntopf M., Klink A., Rummler S., Gleit M., Lorkowski S., Schlörmann W., Dawczynski C. Effect of a regular consumption of traditional and roasted oat and barley flakes on blood lipids and glucose metabolism – A randomized crossover trial. *Frontiers in Nutrition*. 2023. Vol. 10. P. 1095245. URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1095245>.
17. Sonawane S., Shams R., Dash K. K., Patil V., Pandey V. K., Dar A. H. Nutritional profile, bioactive properties and potential health benefits of buckwheat: A review. *EFood*. 2024. Vol. 5(4). P. 171. URL: <https://doi.org/10.1002/efd2.171>.
18. Silva G. d. F., Peixoto T. D. C., Ferreira Neto M., Souto A. G. d. L., Rodrigues Filho R. A., Araújo K. F. d. P., Cavalcante J. S. J., Pereira K. T. O., Moreira R. C. L., Fernandes P. D., Dias N. d. S., Rocha J. L. A., Melo A. S. d., Silva A. Á. d., Sá F. V. d. S. Effect of nitrogen sources on the phenological phases of Italian zucchini under salt stress. *Agriculture*. 2026. Vol. 16(1). P. 62. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture16010062>.
19. Jhanani G. K., Alsalthi M. S., Shanmuganathan R. As assessment of shelf life increasing competence of pectin (*Zucchini*) based edible coating on tomatoes. *Environmental Research*. 2024. Vol. 258. P. 119368. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119368>.
20. Bangar S. P., Sharma N., Sanwal N., Lorenzo J. M., Sahu J. K. Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). *Food Research International*. 2022. Vol. 158. P. 111556. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111556>.
21. Stoica F., Răpeanu G., Rațu R. N., Stănciuc N., Croitoru C., Țopa D., Jităreanu G. Red beetroot and its by-products: A comprehensive review of phytochemicals, extraction methods, health benefits, and applications. *Agriculture*. 2025. Vol. 15(3). P. 270. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture15030270>.
22. Gavril R. N., Stoica F., Lipșa F. D., Constantin O. E., Stănciuc N., Aprodu I., Răpeanu G. Pumpkin and pumpkin by-products: A comprehensive overview of phytochemicals, extraction, health benefits, and food applications. *Foods*. 2024. Vol. 13(17). P. 2694. URL: <https://doi.org/10.3390/foods13172694>.
23. Hussain A., Kausar T., Sehar S., Sarwar A., Qudus M. Y., Aslam J., Liaqat A., Siddique T., Ul An Q., Kausar S., Rehman A., Nisar R. A review on biochemical constituents of pumpkin and their role as pharma foods; a key strategy to improve health in post COVID-19 period. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2023. Vol. 5(1). P. 22. URL: <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00138-z>.
24. Sarma U., TR B. Dietary phytonutrients in common green leafy vegetables and the significant role of processing techniques on spinach: A review. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2024. Vol. 6. P. 10. URL: <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00192-7>.
25. Naseem A., Akhtar S., Ismail T., Qamar M., Sattar D.-e.-s., Saeed W., Esatbeyoglu T., Bartkiene E., Rocha J. M. Effect of growth stages and lactic acid fermentation on anti-nutrients and nutritional attributes of spinach (*Spinacia oleracea*). *Microorganisms*. 2023. Vol. 11(9). P. 2343. URL: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092343>.
26. Arnold M., Gramza-Michalowska A. Recent development on the chemical composition and phenolic extraction methods of apple (*Malus domestica*)—A review. *Food and Bioprocess Technology*. 2024. Vol. 17. P. 2519–2560. URL: <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03208-9>.
27. Asma U., Morozova K., Ferrentino G., Scampicchio M. Apples and apple by-products: Antioxidant properties and food applications. *Antioxidants*. 2023. Vol. 12(7). P. 1456. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox12071456>.

REFERENCES

- Casco, M. A., Jagus, R. J., Agüero, M. V., & Fernandez, M. V. (2022). Ultrasound and its combination with natural antimicrobials: Effects on shelf life and quality stability of a fruit and vegetable smoothie. *Food and Bioprocess Technology*, 15(1), 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02745-5>.
- Yusuf, E. H., Wojdyło, A., Bourbon, A. I., & Nowicka, P. (2023). Fruit–carrot-based smoothies as innovative products with a complex matrix of bioactive compounds effected on activities of selected digestive enzymes and cholinesterases *in vitro*. *Antioxidants*, 12(4), 917. <https://doi.org/10.3390/antiox12040917>.
- Da Silva-Mojón, L., Pérez-Lamela, C., & Falqué-López, E. (2023). Smoothies marketed in Spain: Are they complying with labeling legislation? *Nutrients*, 15(20), 4426. <https://doi.org/10.3390/nu15204426>.
- Ashraf, H., Khalid, S., Khalid, W., Nadeem, M., & Tahir, M. U. (2025). Vegetables' juices, blends, and smoothies: Preparation and processing. In: Iqbal, Z., Anjum, M. A., Ercisli, S., Rauf, S. (eds), *Sustainable and Innovative Vegetable Production in times of Climate Change*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-6283-8_28.
- Neelissen, J., Leanderson, P., Jonasson, L., & Chung, R. W. S. (2023). The effects of dairy and plant-based liquid components on lutein liberation in spinach smoothies. *Nutrients*, 15(3), 779. <https://doi.org/10.3390/nu15030779>.
- Jiménez-Monreal, A. M., Cedeño-Pinos, C., Bañón, S., Muñoz, I., Guardia, M. D., Tahori, N., & Martínez-Tomé, M. (2025). Effect of *in vitro* gastrointestinal digestion on the antioxidant properties of fruit and vegetable powdered smoothies reinforced with WPC80. *LWT*, 215, 117301. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117301>.
- Bhullar, S. (2025). Health associations of various fruit forms: solid fruits, juices, and smoothies. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1626179. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1626179>.
- Razola-Díaz, M. d. C., Guerra-Hernández, E. J., García-Villanova, B., & Verardo, V. (2022). New insight on phenolic composition and evaluation of the vitamin C and nutritional value of smoothies sold on the Spanish market. *Molecules*, 27(23), 8229. <https://doi.org/10.3390/molecules27238229>.
- Michael, J. A., Olatuyi, V. T., Adelu, A. O., Falodun, A. I., Ogunbenro, G. M., Nwanna, E. E., Elekofehinti, O. O., & Badejo, A. A. (2024). Antioxidant activities of developed natural smoothies and their effects on blood glucose levels and expression of pro-inflammatory genes in streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6(1), 78. <https://doi.org/10.1186/s43014-024-00249-1>.
- Donda Zbinden, M., Schmidt, M., Vignatti, C. I., Pirovani, M. É., & Böhm, V. (2024). High-pressure processing of fruit smoothies enriched with dietary fiber from carrot discards: Effects on the contents and bioaccessibilities of carotenoids and vitamin E. *Molecules*, 29(6), 1259. <https://doi.org/10.3390/molecules29061259>.
- Van de Velde, F., Vignatti, C., Méndez-Galarraga, M. P., Gomila, M., Fenoglio, C., Zbinden, M. D., & Pirovani, M. É. (2022). Intestinal and colonic bioaccessibility of phenolic compounds from fruit smoothies as affected by the thermal processing and the storage conditions. *Food Research International*, 155, 111086. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111086>.
- Šilha, D., Syrová, P., Syrová, L., & Janečková, J. (2022). Smoothie drinks: Possible source of resistant and biofilm-forming microorganisms. *Foods*, 11(24), 4039. <https://doi.org/10.3390/foods11244039>.
- De, B., Shrivastav, A., Das, T., & Goswami, T. K. (2022). Physicochemical and nutritional assessment of soy milk and soymilk products and comparative evaluation of their effects on blood gluco-lipid profile. *Applied Food Research*, 2(2), 100146. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100146>.
- Mollakhalili-Meybodi, N., Arab, M., & Zare, L. (2022). Harmful compounds of soy milk: characterization and reduction strategies. *Journal of Food Science and Technology*, 59(10), 3723–3732. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05249-4>.
- Sargautis, D., & Kince, T. (2023). Effect of enzymatic pre-treatment on oat flakes protein recovery and properties. *Foods*, 12(5), 965. <https://doi.org/10.3390/foods12050965>.
- Reiners, S., Hebestreit, S., Wedekind, L., Kiehntopf, M., Klink, A., Rummler, S., Gleis, M., Lorkowski, S., Schlörmann, W., & Dawczynski, C. (2023). Effect of a regular consumption of traditional and roasted oat and barley flakes on blood lipids and glucose metabolism – A randomized crossover trial. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1095245. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1095245>.
- Sonawane, S., Shams, R., Dash, K. K., Patil, V., Pandey, V. K., & Dar, A. H. (2024). Nutritional profile, bioactive properties and potential health benefits of buckwheat: A review. *EFood*, 5(4), 171. <https://doi.org/10.1002/efd2.171>.
- Silva, G. d. F., Peixoto, T. D. C., Ferreira Neto, M., Souto, A. G. d. L., Rodrigues Filho, R. A., Araújo, K. F. d. P., Cavalcante, J. S. J., Pereira, K. T. O., Moreira, R. C. L., Fernandes, P. D., Dias, N. d. S., Rocha, J. L. A., Melo, A. S. d., Silva, A. Á. d., & Sá, F. V. d. S. (2026). Effect of nitrogen sources on the phenological phases of Italian zucchini under salt stress. *Agriculture*, 16(1), 62. <https://doi.org/10.3390/agriculture16010062>.
- Jhanani, G. K., Alsalhi, M. S., & Shanmuganathan, R. (2024). As assessment of shelf

life increasing competence of pectin (*Zucchini*) based edible coating on tomatoes. *Environmental Research*. 258, 119368. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119368>.

20. Bangar, S. P., Sharma, N., Sanwal, N., Lorenzo, J. M., & Sahu, J. K. (2022). Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). *Food Research International*, 158, 111556. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111556>.

21. Stoica, F., Răpeanu, G., Rațu, R. N., Stănciuc, N., Croitoru, C., Țopa, D., & Jităreanu, G. (2025). Red beetroot and its by-products: A comprehensive review of phytochemicals, extraction methods, health benefits, and applications. *Agriculture*, 15(3), 270. <https://doi.org/10.3390/agriculture15030270>.

22. Gavril, R. N., Stoica, F., Lipșa, F. D., Constantin, O. E., Stănciuc, N., Aprodu, I., & Răpeanu, G. (2024). Pumpkin and pumpkin by-products: A comprehensive overview of phytochemicals, extraction, health benefits, and food applications. *Foods*, 13(17), 2694. <https://doi.org/10.3390/foods13172694>.

23. Hussain, A., Kausar, T., Sehar, S., Sarwar, A., Qudsoos, M. Y., Aslam, J., Liaqat, A., Siddique, T., Ul An, Q., Kauser, S., Rehman, A., & Nisar, R. (2023). A review on biochemical constituents of pumpkin and their role as pharma foods; a key strategy to improve

health in post COVID 19 period. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00138-z>.

24. Sarma, U., & TR, B. (2024). Dietary phytonutrients in common green leafy vegetables and the significant role of processing techniques on spinach: A review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6, 10. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00192-7>.

25. Naseem, A., Akhtar, S., Ismail, T., Qamar, M., Sattar, D.-e.-s., Saeed, W., Esatbeyoglu, T., Bartkiene, E., & Rocha, J. M. (2023). Effect of growth stages and lactic acid fermentation on anti-nutrients and nutritional attributes of spinach (*Spinacia oleracea*). *Microorganisms*, 11(9), 2343. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092343>.

26. Arnold, M., & Gramza-Michalowska, A. (2024). Recent development on the chemical composition and phenolic extraction methods of apple (*Malus domestica*) – A review. *Food and Bioprocess Technology*, 17, 2519–2560. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03208-9>.

27. Asma, U., Morozova, K., Ferrentino, G., & Scampicchio, M. (2023). Apples and apple by-products: Antioxidant properties and food applications. *Antioxidants*, 12(7), 1456. <https://doi.org/10.3390/antiox12071456>.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 24.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 12.10.2026