



Islombek YUSUPOV,
Tayanch doktorant, Farg'ona davlat universiteti
E-mail: yusupovislombek1992@gmail.com
Otabek NAZAROV,
Dotsent, PhD, Farg'ona davlat universiteti

CAMU professori, k.f.d (DSc) M.Muydinov taqrizi asosida

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ANALYSIS OF WATER-SOLUBLE VITAMINS IN THE AERIAL PARTS OF *SCHOENOPLECTUS LACUSTRIS* SUBSP. *HIPPOLYTI*

Annotation

In this study, the qualitative and quantitative composition of water-soluble vitamins in the aerial vegetative (stem) and generative (flower-seed) organs of *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* was determined using HPLC-DAD. Plant samples were collected from the Chirchiq area of the Tashkent region and prepared by extraction with 40% ethanol (n = 3). The results revealed the presence of vitamins B2, B3, B6, B9, and C in the stem, with a total content of 12.12 mg/g, where vitamin B2 (67.78%) was dominant. In the generative organs, vitamins B1, B2, B3, B6, B9, and C were detected, with a significantly higher total content of 54.83 mg/g; vitamin C (44.66%) and vitamin B6 were the predominant components. Vitamin B12 was not detected in either organ. Comparative analysis demonstrated that the accumulation of water-soluble vitamins in generative organs was approximately 4.5 times higher than in vegetative parts. These findings confirm the presence of organ-specific metabolic features in this hydrophytic plant and highlight its potential as a promising source of biologically active compounds.

Keywords: *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti*, water-soluble vitamins, HPLC, ascorbic acid, B-group vitamins, hydrophytic plant, organ-specific accumulation.

КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВИТАМИНОВ В НАДЗЕМНЫХ ЧАСТЯХ *SCHOENOPLECTUS LACUSTRIS* SUBSP. *HIPPOLYTI*

Аннотация

В данной работе качественный и количественный состав водорастворимых витаминов в надземных вегетативных (стебель) и генеративных (цветочно-семенные) органах *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* определен методом ВЭЖХ-ДАД (HPLC-DAD). Образцы растения были собраны на территории г. Чирчик Ташкентской области и подготовлены методом экстракции 40%-ным этанолом (n = 3). Результаты показали, что в стебле присутствуют витамины B2, B3, B6, B9 и C с суммарным содержанием 12,12 мг/г, при этом доминирует витамин B2 (67,78%). В генеративных органах обнаружены витамины B1, B2, B3, B6, B9 и C с существенно более высоким суммарным содержанием — 54,83 мг/г; основную долю составляют витамин C (44,66%) и витамин B6. Витамин B12 не обнаружен. Сравнительный анализ показал, что накопление водорастворимых витаминов в генеративных органах примерно в 4,5 раза выше, чем в вегетативных частях. Полученные результаты свидетельствуют о наличии органоспецифического метаболизма у данного гидрофитного растения и подтверждают его перспективность как источника биологически активных соединений.

Ключевые слова: *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti*, водорастворимые витамины, ВЭЖХ, аскорбиновая кислота, витамины группы B, гидрофитное растение, органоспецифическое накопление.

SCHOENOPLECTUS LACUSTRIS SUBSP. *HIPPOLYTI* O'SIMLIGINING YER USTKI QISMLARIDA SUVDA ERUVCHAN VITAMINLARNING SIFAT VA MIQDORIY TARKIBI TAHLILI

Annotatsiya

Mazkur maqolada *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* o'simligining yer ustki vegetativ (poya) va generativ (gul-urug') organlarida suvda eruvchan vitaminlarning sifat va miqdoriy tarkibi HPLC-DAD usulida aniqlandi. Namuna Toshkent viloyati, Chirchiq hududidan yig'ilib, 40% etanol ekstraksiyasi asosida tayyorlandi (n = 3). Natijalar poyada B2, B3, B6, B9 va C vitaminlari mavjudligini (12,12 mg/g), B2 (67,78%) dominantligini, generativ organlarda esa B1, B2, B3, B6, B9 va C vitaminlari yuqori miqdorda (54,83 mg/g) to'planishini ko'rsatdi; bunda C (44,66%) va B6 ustunlik qildi. B12 vitamini aniqlanmadi. Taqqosiy tahlil generativ organlarda vitaminlar miqdori vegetativ qismga nisbatan ~4,5 baravar yuqori ekanligini tasdiqladi. Olingan natijalar ushbu gidrofit o'simlikda organ-spetsifik metabolizm mavjudligini ko'rsatib, uni biologik faol moddalarga boy istiqbolli xomashyo sifatida baholash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti*, suvda eruvchan vitaminlar, YuSSX, askorbin kislota, B guruhi vitaminlari, gidrofit o'simlik, organ-spetsifik to'planish.

Kirish. Vitaminlar inson organizmida modda almashinuvi jarayonlarini tartibga soluvchi muhim biologik moddalardir. Ular fermentativ reaksiyalar, energiya hosil bo'lishi, nerv tizimi faoliyati, gemopoez hamda antioksidant himoya jarayonlarida ishtirok etadi [1,2]. Suvda eruvchan vitaminlar, xususan B guruhi vitaminlari va askorbin kislota (C vitamini), hujayraviy metabolizmining ko'plab bosqichlarida koferment sifatida faoliyat ko'rsatadi. Ularning yetishmovchiligi metabolik sindrom, anemiya, nevrologik buzilishlar, immunitet pasayishi va oksidlovchi stress kuchayishi bilan bog'liq patologik holatlarni yuzaga keltiradi [1,3].

Hozirgi kunda suvda eruvchan vitaminlarning tabiiy manbalarini aniqlash va ularning biologik potensialini baholash farmakognoziya, profilaktik tibbiyot hamda funksional oziq-ovqat sanoatining muhim yo'nalishlaridan biridir [2,4]. O'simliklar B guruhi vitaminlari va askorbin kislotaning asosiy tabiiy manbai bo'lib, ular metabolism jarayonida riboflavin (B2), niatsin (B3), piridoksin (B6), folat (B9) va askorbin kislotani sintez qiladi [5,6]. Ushbu birikmalar o'simlik hujayralarida oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari, fotosintez hamda energiya almashinuvida ishtirok etuvchi koferment tizimlarning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. B vitaminlari o'simlik gomeostazini ta'minlashda, askorbin kislota esa redoks muvozanatini saqlash va fotohimoya mexanizmlarida muhim [5–7].

Schoenoplectus lacustris subsp. *hippolyti* ko'p yillik gidrofit o'simlik bo'lib, suvli ekotizim sharoitiga moslashgan. Gidrofit o'simliklar o'zgaruvchan oksidlovchi omillar, metall ionlari va mikrobiologik ta'sirlarga duch keladi, bu esa redoks muvozanatini saqlovchi tizimlarning faollashuvini talab qiladi. Natijada flavin kofermentlari (FMN, FAD) hamda askorbin kislotaning biosintez jarayonlari faollashishi mumkin [7,8]. Reaktiv kislorod shakllarining hosil bo'lishi va antioksidant himoya tizimining faollashuvi o'simlik metabolismning muhim qismi hisoblanadi [8]. Biroq mazkur turning suvda eruvchan vitaminlarining sifat va miqdoriy tarkibi ilmiy adabiyotlarda yetarli darajada o'rganilmagan.

Shu munosabat bilan tadqiqotning maqsadi – *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* o'simligining yer ustki (poya va gul-urug') qismlarida suvda eruvchan vitaminlarning sifat va miqdoriy tarkibini yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) usuli yordamida aniqlash hamda natijalarni biokimyoviy va farmakologik jihatdan baholashdan iborat.

Material va metodlar

Tadqiqot obyekti va namuna yig'ish. Tadqiqot obyekti sifatida *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* o'simligining yer ustki vegetativ (poya) va generativ (gul-urug') qismlari tanlandi. Turning O'zbekiston hududida uchrashi Global Biodiversity Information Facility (GBIF) ma'lumotlar bazasi orqali tasdiqlandi [10,11]. O'simlik namunalari Toshkent viloyati, Chirchiq shahri hududidan (41.5° N, 69.6° E) yig'ildi. Namunalar laboratoriya sharoitida xona haroratida quritilib, maydalandi va havo o'tkazmaydigan idishlarda saqlandi.

Ekstraksiya jarayoni. Suvda eruvchan vitaminlarni ajratish uchun 1,0 g maydalangan o'simlik xomashyosi 50 ml 40% (v/v) etanol bilan ekstraksiya qilindi. Aralashma magnit aralashtirgich va teskari sovutkich yordamida 1 soat qaynatilib, 2 soat xona haroratida aralashtirildi va filtrlandi. Qoldiq 25 ml 40% etanol bilan ikki marta qayta ekstraksiya qilindi. Filtratlar birlashtirilib 100 ml gacha yetkazildi, 7000 ayl/min tezlikda 10min sentrifugalanib, ustki qatlam xromatografik tahlil uchun olindi. Tahlil n = 3.

Standart eritmalar. B1, B2, B3, B6, B9 va C vitaminlari uchun 1 mg/ml ishchi standart eritmalar tayyorlandi (50 mg modda 40% etanolga 50 ml gacha eritildi). Tahlil YuSSX usulida amalga oshirildi [12,13].

YuSSX sharoitlari. Tahlil Agilent 1200 xromatografida (DAD, 250 nm) Eclipse XDB-C18 kolonkasida (4,6 × 250 mm, 5 µm) bajarildi. Oqim tezligi 0,8 ml/min, T_{kolonka} 25°C, in'ektsiya hajmi 5 µl. Eluent: asetat buferi–asetonitril aralashmasi. Gradient: 0–5 min (96:4), 6–8 min (90:10), 9–15 min (80:20), 15–17 min (96:4). Avval standartlar, so'ng namuna eritmaları tahlil qilindi.

Hisoblash. Vitamin miqdori quyidagi formula bo'yicha hisoblandi:

$$X = (\text{Sob} \times 2 \times 200 \times 1000) / (\text{Sst} \times 10 \times 1000)$$

bu yerda Sob - namuna pik maydoni, Sst - standart pik maydoni. Natijalar mg/g quruq modda hisobida ifodalandi.

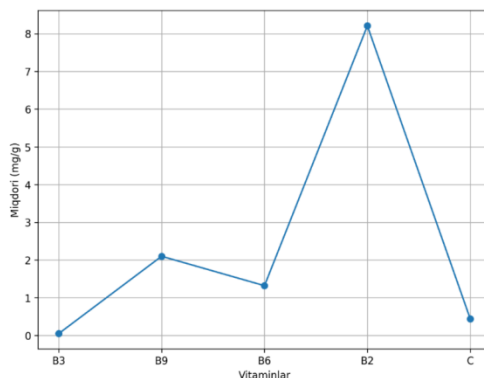
Natijalar. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usuli yordamida *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* o'simligining yer ustki poya va gul-urug' qismlarida suvda eruvchan vitaminlarning sifat va miqdoriy tarkibi aniqlandi.

Tahlil natijalariga ko'ra, poya qismida B2 (riboflavin), B3 (niatsin), B6 (piridoksin), B9 (folat) va C (askorbin kislota) vitaminlari aniqlanib, B1 (tiamin) va B12 (kobalamin) vitaminlari qayd etilmadi (1-jadval).

1-jadval. *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* o'simligi yer ustki poya va gul-urug' qismlarining vitaminlar miqdori (mg/g)

№	Vitamin	Namuna	
		Poya	Gul-urug'
1	B3	0.05	2.23
2	B12	-	-
3	B9	2.10	2.02
4	B6	1.32	23.30
5	B2	8.21	2.66
6	B1	-	0.14
7	C	0.44	24.48

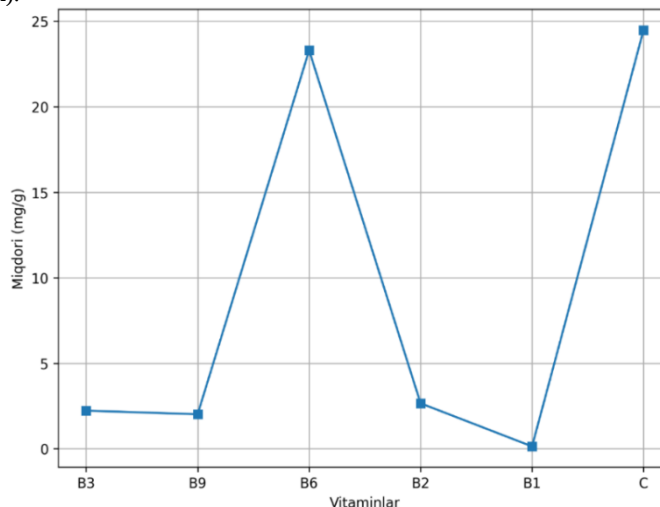
Poya qismidagi suvda eruvchan vitaminlarning umumiy miqdori 12,12 mg/g ni tashkil etdi. Miqdoriy jihatdan eng yuqori ko'rsatkich B2 vitaminiga tegishli bo'lib (8,21 mg/g), u umumiy aniqlangan vitaminlar miqdorining 67,78% ini tashkil etdi. Qolgan vitaminlar miqdori kamayish tartibida quyidagicha joylashdi: B9 (2,10 mg/g) > B6 (1,32 mg/g) > C (0,44 mg/g) > B3 (0,05 mg/g) (1-rasm).



1-rasm. *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* o'simlikning poya qismida vitaminlar miqdori

Shunday qilib, poya qismida vitaminlarning miqdoriy ketma-ketligi quyidagicha ifodalandi: $B_3 < C < B_6 < B_9 < B_2$

Gul–urug' qismida esa B_1, B_2, B_3, B_6, B_9 va C vitaminlari aniqlanib, B_{12} vitamini qayd etilmadi (1-jadval). Ushbu qismda suvda eruvchan vitaminlarning umumiy miqdori 54,83 mg/g ni tashkil etib, bu ko'rsatkich poya qismiga nisbatan qariyb 4,5 baravar yuqori ekanligi aniqlandi. Miqdoriy jihatdan eng yuqori ko'rsatkich C vitaminiga (24,48 mg/g) tegishli bo'lib, u umumiy vitamin miqdorining 44,66% ini tashkil etdi. Keyingi o'rinlarda B_6 (23,30 mg/g), B_2 (2,66 mg/g), B_3 (2,23 mg/g), B_9 (2,02 mg/g) va B_1 (0,14 mg/g) joylashdi (2-rasm).



2-rasm. *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* o'simlikning gul-urug' qismida vitaminlar miqdori

Gul–urug' qismidagi vitaminlarning miqdoriy ortish ketma-ketligi quyidagicha aniqlanadi: $B_1 < B_9 < B_3 < B_2 < B_6 < C$

Taqqosiy tahlil shuni ko'rsatdiki, generativ organlarda suvda eruvchan vitaminlarning umumiy miqdori vegetativ organlarga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo'lib, ayniqsa askorbin kislota va piridoksin miqdorining ortishi kuzatildi.

Muhokama.

Ushbu tadqiqot natijalari *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* o'simligining yer ustki organlarida suvda eruvchan vitaminlar organ-spetsifik tarzda to'planishini ko'rsatdi: vegetativ (poya) qismida umumiy vitaminlar miqdori 12,12 mg/g bo'lib, bunda B_2 vitamini ustun; generativ (gul–urug') qismida esa umumiy miqdor 54,83 mg/g ga yetib, C vitamini va B_6 vitamini keskin yuqori ulushni egalladi. Bunday farq o'simlik metabolizmda vegetativ va generativ organlarning fiziologik vazifalari turlicha ekanligi bilan izohlanadi: poyada energiya almashinuvi va redoks reaksiyalar barqarorligi, gul–urug'da esa reproduktiv jarayonlar, himoya va antioksidant ehtiyojlar kuchayadi [2,5–9].

Poya qismida B_2 vitaminining yuqori miqdori (8,21 mg/g; 67,78%) riboflavinning FMN va FAD kofermentlari uchun prekursor ekanligi bilan izohlanadi. Ushbu flavin kofermentlari flavoproteinlar tarkibida elektron tashish, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari va antioksidant tizimlarda ishtirok etadi [9,14]. Gidrofit o'simliklarda suv muhitiga xos oksidlovchi stress, metall ionlari va mikrobiologik omillar redoks muvozanatini doimiy boshqarishni talab qiladi, bu esa flavin metabolizmi faolligi va poyada B_2 ulushining ortishiga sabab bo'lishi mumkin [8,9]. Bundan tashqari, B vitaminlari o'simlik gomeostazi va stressga moslashuv jarayonlarida muhim metabolik rol o'ynaydi [5].

Gul–urug' qismida C vitamini va B_6 miqdorining keskin ortishi antioksidant himoya hamda reproduktiv metabolizm bilan bog'liq. Generativ organda askorbin kislota (24,48 mg/g) va piridoksin (23,30 mg/g) miqdorining yuqori aniqlanishi oksidlovchi stressdan himoya, to'qima differensiyalanishi va urug' hosil bo'lish jarayonlari bilan izohlanadi. Askorbin kislota o'simliklarda asosiy antioksidant bo'lib, redoks muvozanatini saqlash, reaktiv kislorod shakllarini zararsizlantirish va fotohimoyada muhim rol o'ynaydi [8,9]. Shu sababli uning generativ organlarda yuqori to'planishi reproduktiv jarayonlarning barqarorligi bilan bog'liq deb qaraladi [16–18].

B_6 vitamini (piridoksin) esa ko'plab fermentlar uchun koferment bo'lishi bilan birga, stressga javob va antioksidant himoya jarayonlarida metabolik himoya omili sifatida ishtirok etadi [19–21]. Gidrofit sharoitida oksidlovchi omillar ta'siri kuchli bo'lgani sababli generativ organlarda B_6 miqdorining ortishi reaktiv kislorod shakllarini cheklash va metabolik barqarorlikni ta'minlash bilan izohlanadi [8,19]. C va B_6 vitaminlarining yuqori darajasi antioksidant himoya tizimlarining faolligini ko'rsatadi.

B_9 (folat) poyada 2,10 mg/g, gul–urug'da 2,02 mg/g bo'lib, nisbatan barqaror darajada aniqlangan. Folatlar bir uglerodli almashinuv hamda nuklein kislotalar va aminokislotalar biosintezida ishtirok etgani sababli vegetativ va generativ organlarda deyarli barqaror saqlanadi [2]. Niatsin (B_3) esa generativ organda (2,23 mg/g) poyaga nisbatan yuqori bo'lib, bu NAD/NADP prekursorlari sifatida energetik va biosintetik jarayonlarning faolligi bilan bog'liq [2].

Poya qismida B_1 vitamini aniqlanmadi, gul–urug' qismida esa juda past miqdorda (0,14 mg/g) qayd etildi. Bu organ-spetsifik metabolizm yoki B vitaminlarining yorug'lik, pH va oksidlovchi omillarga sezgirliги bilan bog'liq bo'lishi mumkin [4]. B_{12} vitamini esa har ikkala organda aniqlanmadi, bu o'simliklar B_{12} ni sintez qilmasligi va uning asosan bakteriyalar tomonidan hosil qilinishi bilan izohlanadi [22–24].

Xulosa.

1. *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* o'simligining yer ustki organlarida suvda eruvchan vitaminlar organ-spetsifik tarzda to'planishi aniqlandi.

2. Poya qismida vitaminlar umumiy miqdori 12,12 mg/g bo'lib, tarkibda B_2 vitamini miqdor va ulush jihatdan yetakchi (8,21 mg/g; 67,78%) ekanligi ko'rsatildi; B_1 va B_{12} vitaminlari aniqlanmadi.

3. Gul–urug' qismida umumiy vitamin miqdori 54,83 mg/g bo'lib, bu poyaga nisbatan qariyb 4,5 baravar yuqori; eng yuqori ko'rsatkichlar C (24,48 mg/g) va B_6 (23,30 mg/g) vitaminlarida qayd etildi; B_{12} vitamin aniqlanmadi, B_1 vitamin esa iz miqdorda (0,14 mg/g) aniqlandi.

4. Olingan natijalar gidrofit o'simlikda antioksidant himoya va metabolik jarayonlar bilan bog'liq vitaminlarning (ayniqsa C va B₆) generativ organlarda yuqori darajada jamg'arilishini ko'rsatib, mazkur o'simlikni biologik faol komponentlar manbai sifatida baholashga ilmiy asos yaratadi.

ADABIYOTLAR

1. World Health Organization. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. 2nd ed. Geneva: WHO; 2004.
2. Combs GF. The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health. 4th ed. London: Academic Press; 2012.
3. Carr AC, Maggini S. Vitamin C and immune function. *Nutrients*. 2017; 9(11):1211.
4. Ball GFM. Vitamins in foods: analysis, bioavailability, and stability. Boca Raton (FL): CRC Press; 2006.
5. Fitzpatrick TB. B Vitamins: an update on their importance for plant homeostasis. *Annu Rev Plant Biol*. 2024. doi:10.1146/annurev-arplant-060223-025336.
6. Smirnoff N. Ascorbate biosynthesis and function in plants. *J Exp Bot*. 2024; 75(5):1234–1248. doi:10.1093/jxb/erad512.
7. Smirnoff N, Wheeler GL. Ascorbic acid metabolism and functions in plants. *J Exp Bot*. 2024; 75(6):1350–1365. doi:10.1093/jxb/erad530.
8. Hasanuzzaman M, Bhuyan MHMB, Zulfiqar F, Raza A, Mohsin SM, Mahmud JA, et al. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Nutrients*. 2020; 12(8):2340. doi:10.3390/nu12082340.
9. Apel K, Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism and signal transduction. *Annu Rev Plant Biol*. 2004; 55:373–399.
10. Nazarov O.M., Yusupov I.A., Schoenoplectus lacustris subsp. hippolyti ning taksonomiyasi, ekologik ahamiyati va fitokimyoviy (uglevod) tarkibi. *FarDU Ilmiy xabarlar (Kimyo)*. 2025; 31(5):61–66. doi:10.56292/SJFSU/vol31_iss5/a116.
11. GBIF (Global Biodiversity Information Facility). Citation guidelines. GBIF; (Accessed 2026-03-01).
12. Islam MA, Rahman MM, Hossain MA, et al. HPLC-DAD analysis of water-soluble vitamins in commonly consumed pulses in Bangladesh. *Food Chem Adv*. 2024; 4:100643. doi:10.1016/j.focha.2024.100643
13. Mahmoud MM, Morsi A. Eco-friendly RP-HPLC method for simultaneous determination of water- and fat-soluble vitamins in pharmaceutical formulations. *BMC Chem*. 2025; 19:28. doi:10.1186/s13065-025-00981-2
14. Powers HJ. Riboflavin (vitamin B₂) and health. *Am J Clin Nutr*. 2003;77(6):1352–1360.
15. Gupta C, Prakash D. Phytonutrients as therapeutic agents. *J Complement Integr Med*. 2014;11(3):151–169.
16. Bilska K, et al. Ascorbic Acid—The Little-Known Antioxidant in Woody Plants. *Antioxidants (Basel)*. 2019;8(12):645. doi:10.3390/antiox8120645.
17. Paciolla C, et al. Vitamin C in Plants: From Functions to Biofortification. *Antioxidants (Basel)*. 2019;8(11):519. doi:10.3390/antiox8110519.
18. Akram NA, et al. Ascorbic Acid—A Potential Oxidant Scavenger and Its Role in Plant Development and Abiotic Stress Tolerance. *Front Plant Sci*. 2017; 8:613. doi:10.3389/fpls.2017.00613.
19. Vanderschuren H, et al. Strategies for vitamin B₆ biofortification of plants: a dual role in nutrition and stress protection. *Front Plant Sci*. 2013; 4:143. doi:10.3389/fpls.2013.00143.
20. Samsatly J, et al. Vitamin B₆ Is Under a Tight Balance During Disease Development in Plants. *Front Plant Sci*. 2020; 11:875. doi:10.3389/fpls.2020.00875.
21. Ristilä M, et al. The role of the pyridoxine (vitamin B₆) biosynthesis pathway in plants. *Biol Cell*. 2011;103(7):297–307.
22. atanabe F, Bito T. Vitamin B₁₂ sources and microbial interaction. *Exp Biol Med (Maywood)*. 2018;243(2):148–158. doi:10.1177/1535370217746612.
23. Moravcová M, Siatka T, Kujovská Krčmová L, Matoušová K, Mladěnka P. Biological properties of vitamin B₁₂. *Nutr Res Rev*. 2025;38(1):338–370. doi:10.1017/S0954422424000210.
24. Deokar GS, Pathak VA, Kshirsagar SJ, Al-Asmari F, Nirmal N. Enhancement of vitamin B₁₂ in plant-based food through microbial fermentation—a sustainable food system. *Food Chem*. 2025;484:144437. doi:10.1016/j.foodchem.2025.144437.
25. Nef C, et al. Sharing Vitamin B₁₂ between Bacteria and Microalgae. *Microorganisms*. 2022;10(7):1337. doi:10.3390/microorganisms10071337.