https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

Hajibayev Quvvat G‘aniyevich k.f.f.d. (PhD) kat.i.x.

Qoraqalpoq tabiiy fanlar ilmiy tadqiqot instituti

xajibayevquvvat@gmail.com +998913048331

OROL DENGIZI *ARTEMIA PARTHENOGENETICADAN* ASTAKSANTINNI KO‘PAYTIRISH HAMDA AJRATIB OLISH

Annotatsiya. Maqolada Orol dengizi populyatsiyasiga mansub Artemia dan astaksantinni ko‘paytirish va ajratib olishning ikki bosqichli yondashuvi o‘rganildi. Birinchi bosqichda har xil sho‘rlik (80, 120, 160 g/L), harorat (22 va 28 °C) va yem turlari sharoitida Orol Artemiasining boyitish (enrichment) tajribalari olib borildi. Astaksantin-boy yem sifatida Haematococcus pluvialis biomassa-si, β-karotin-boy yem sifatida esa mikroalga/xamirturush manbali preparatlar qo‘llandi. Optimal karotinoid va astaksantin to‘planishi 80–120 g/L sho‘rlik, 22 °C harorat va H. pluvialis bilan boyitilgan dietada kuzatildi. β-karotin-boy yemlar umumiy karotinoid miqdorini oshirsada, asosan canthaxanthin va echinenon to‘planishiga olib kelishi aniqlandi. Ikkinchi bosqichda Orol Artemia sistalari NaOCl yordamida dekap-sulyatsiya qilinib, ultratovush yordamida 96 % etanol va etanol–o‘simlik yog‘i aralashmalarida ekstraksiya qilindi.Dekapsulyatsiya va ultratovush kombinatsiyasi astaksantin va boshqa karotinoidlarning erituvchiga o‘tish samaradorligini bir necha baravar oshirdi.Olingan natijalar Orol Artemiasini akvakultura, yem va funksional oziq-ovqat uchun yuqori qo‘shilgan qiymatli tabiiy astaksantin manbai sifatida foydalanish imkonini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar. Orol dengizi Artemiasi, Astaksantin, Karotinoidlar, Boyitish (enrichment), Sista dekapsulyatsiyasi, Ultratovush ekstraksiyasi, Etanolli ekstraksiya, Akvakultura yemi

Аннотация. В работе исследован двухэтапный подход к повышению содержания и выделению астаксантина из артемии (Artemia sp.) популяции

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

Аральского моря. На первом этапе проведены опыты по обогащению артемии при различных значениях солёности (80, 120, 160 г/л), температуры (22 и 28 °C) и типов корма. В качестве корма, богатого астаксантином, использовалась биомасса Haematococcus pluvialis, в качестве β-каротинового корма – препараты микроводорослей/дрожжей. Максимальное накопление каротиноидов и астаксантина наблюдалось при солёности 80–120 г/л, температуре 22 °C и диете с H. pluvialis. Показано, что β-каротиновый корм увеличивает общий уровень каротиноидов, но преимущественно за счёт кантаксантина и эхиненона. На втором этапе цисты артемии подвергались декапсуляции раствором NaOCl с последующей ультразвуковой экстракцией 96 %-м этанолом и смесью этанол–растительное масло. Комбинация декапсуляции и ультразвука позволила многократно повысить выход астаксантина и других экстрагируемых каротиноидов. Полученные результаты демонстрируют перспективность артемии Аральского моря как местного, возобновляемого источника природного астаксантина для аквакультуры, кормовой и функциональной пищевой промышленности.

Ключевые слова. Артемия Аральского моря, Астаксантин, Каротиноиды, Обогащение кормат Декапсуляция цист, Ультразвуковая экстракция, Этанольная экстракция, Корма для аквакультуры

Abstract. This study investigates a two-step strategy to enhance and recover astaxanthin from Artemia sp. populations originating from the Aral Sea. In the first step, enrichment experiments were carried out under different salinities (80, 120, 160 g/L), temperatures (22 and 28 °C) and diet types. Astaxanthin-rich biomass of Haematococcus pluvialis was used as the main carotenoid source, while β-carotene–rich microalgal/yeast preparations served as comparative feeds. The highest accumulation of total carotenoids and astaxanthin was achieved at 80–120 g/L salinity, 22 °C and diets supplemented with H. pluvialis. β-carotene–based diets increased total carotenoids mainly via canthaxanthin and echinenone rather

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

than astaxanthin itself. In the second step, Aral Artemia cysts were decapsulated using NaOCl and subjected to ultrasonic extraction with 96% ethanol and ethanol–vegetable oil mixtures. The combination of decapsulation and ultrasound markedly improved the extraction efficiency and pigment yield. Overall, the results highlight Aral Sea Artemia as a promising local and renewable source of natural astaxanthin for aquaculture, feed formulations and functional food applications.

Keywords. Aral Sea Artemia, Astaxanthin, Carotenoids, Enrichment, Cyst decapsulation, Ultrasonic extraction, Ethanolic extraction, Aquaculture feed

KIRISH. Orol dengizi havzasida shakllangan o‘ta sho‘r ekotizimlarning eng muhim biotik komponentlaridan biri bu — tuzli suv qisqichbaqalari, ya’ni Artemia jinsiga mansub populyatsiyalardir. Artemia sistasi (quruq “tuxumlari”) va nauplii larlari dunyo bo‘yicha intensiv akvakulturada baliq va qisqichbaqa lichinkalari uchun asosiy tirik ozuqa hisoblanadi. Ular nafaqat oqsil va yog‘larga boy, balki turli karotinoid pigmentlar, jumladan astaksantin, kantaksantin va echinenon kabi birikmalarni ham o‘zida jamlay olishi bilan ajralib turadi [1].

Astaksantin — qizil-to‘q sariq rangli, yog‘da eruvchan ksantofill tipidagi karotinoid bo‘lib, kuchli antioksidant xossalari bilan ajralib turadi. Tadqiqotlar astaksantinning lipid peroksidlanishini bartaraf etish bo‘yicha E vitamini bilan solishtirganda bir necha o‘n baravar yuqori faollikka ega ekanini ko‘rsatgan [2]. Shu sababli astaksantin hozirda yem, oziq-ovqat, nutratsevtika va kosmetika sanoatlarida eng qimmat tabiiy pigmentlardan biri sifatida ko‘riladi. Mikroalgalar, xamirturushlar, qisqichbaqa va qisqichbaqasimonlar chiqindilaridan olingan astaksantin sanoat miqyosida ishlab chiqarilib, baliq va qisqichbaqalar ozuqasiga qo‘shilganda o‘sish, immunitet va ranglanish ko‘rsatkichlarini sezilarli yaxshilashi ko‘p marotaba isbotlangan [3]. Odatda bozordagi astaksantinning asosiy qismi sintetik yo‘l bilan olinadi, biroq so‘nggi yillarda ekologik xavfsiz, “yashil” texnologiyalar va tabiiy manbali astaksantinga bo‘lgan talab keskin oshib

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

bormoqda [4]. Shu nuqtai nazardan, Orol dengizi Artemiasini astaksantinning mahalliy, arzon va qayta tiklanuvchi manbai sifatida o‘rganish katta ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Orol hududidagi Artemia populyatsiyalari yuqori sho‘rlik, keskin harorat tebranishlari va antropogen omillar ta’sirida shakllangan bo‘lib, bunday ekstremal sharoitlarda ularning karotinoid metabolizmi va antioksidant pigmentlar bilan “qurollanish” darajasi boshqa regionlardagidan farq qilishi ehtimoldan xoli emas.

Artemia biologiyasiga doir klassik tadqiqotlar uning rivojlanish bosqichlari (sista → nauplii → voyaga yetgan shakl) davomida karotinoid tarkibi va miqdori sezilarli o‘zgarishini ko‘rsatgan: sistalarda asosan d-trans-kantaksantin, rivojlangan bosqichlarda esa kantaksantin, echinenon va β-karotin nisbatlarida dinamik siljish kuzatiladi [1]. Bu ma’lumotlar Artemia’ning tabiiy ravishda astaksantin sintezidan ko‘ra, ayrim ketokarotinoidlarni to‘plashga moyil ekanini ko‘rsatadi. So‘nggi yillardagi molekulyar va transkriptomik ishlar esa Artemia ba’zi boshqa qisqichbaqalar singari β-karotinni to‘liq astaksantinga aylantirish uchun zarur bo‘lgan ketolaza va boshqa fermentlarning yetarli to‘plamiga ega emasligini, shu sababli u asosan kantaksantin kabi ketokarotinoidlar ishlab chiqarishi bilan cheklanib qolishini ta’kidlamoqda [5].

Shunga qaramay, bir qator tajribalar shuni ko‘rsatadiki, Artemia tashqi manbalardan kelgan astaksantinni o‘z tanasida bioakkumulyatsiya qilib, uni yuqori trofik pog‘onalarga “bio-kapsula” sifatida yetkazib bera oladi. *Haematococcus pluvialis* mikroalgasidan olingan astaksantin bilan boyitilgan Artemia va rotiferlar halibut va boshqa baliq lichinkalariga berilganda, lichinkalar mushak to‘qimalarida astaksantinning yuqori darajada to‘planishi va pigmentatsiyaning sezilarli kuchayishi kuzatilgan [6]. Shu bois Artemia ko‘pincha astaksantinning “bio-tashuvchisi” sifatida qaraladi va aynan boyitish (enrichment) texnologiyalarini optimallashtirish astaksantin samaradorligini oshirishning bir yo‘li sifatida taklif qilinadi.

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

Tirik ozuqa (rotifer, Artemia va boshqalar) ning ozuqaviy sifatini yaxshilash bo‘yicha zamonaviy sharh ishlari turli bioaktiv qo‘shimchalar bilan boyitish strategiyalarini tizimli tahlil qilmoqda. Samat va hammualliflarining sharhida tirik ozuqani yog‘ kislotalari, vitaminlar, mineral elementlar, probiotiklar va karotinoidlar bilan boyitish suv hayvonlarining o‘sishi, omon qolishi va kasalliklarga chidamliligini sezilarli darajada oshirishi ko‘rsatilgan; Artemia lutein va astaksantin shakllarida A vitamini analoglari bilan boyitilganda ham samarali tirik ozuqa bo‘lishi qayd etilgan [7].

Aynan Artemia franciscana uchun ishlab chiqilgan klassik boyitish modelida naupliilar yuqori zichlikda, kuchli aeratsiya va barqaror harorat sharoitida, emulsiyalangan yog‘lar va HUFA (yuqori to‘yintirilmagan yog‘ kislotalari)ga boy sanoat preparatlari bilan 18–24 soat davomida oziqlantiriladi; bu esa kichik o‘lchamni saqlagan holda organizmni yog‘ va karotinoidlarga boy “kapsula”ga aylantirish imkonini beradi [8]. Yaqinda Huang va hammualliflari Artemia uchun turli yem manbalarining (pomidor kukuni, marigold, karotinoidga boy mikroalgalar va xamirturush) ta’sirini solishtirib, karotinoidsiz yem berilganda Artemia tanasida pigment miqdori deyarli nolga yaqinlashishi, karotinoidga boy yem berilgandan atigi 30 daqiqa o‘tib esa karotinoidlar tez sur’atda to‘planishini ko‘rsatdi [9].

Wang va hammualliflari A. metanauplii’ni β-karotinga boy dietalar bilan boyitib, karotinoid tarkibi va gen ekspressiyasi darajasidagi o‘zgarishlarni o‘rganganlarida, β-karotin boyitilishi Artemia’ning metabolik faolligi, energiya almashinuvi yo‘llari va antioksidant himoya tizimlarini faollashtirishini aniqlashgan. Biroq transkriptomik tahlil shuni ko‘rsatdiki, Artemia’da β-karotinni astaksantinga to‘liq aylantirishda ishtirok etuvchi ba’zi ketolaza va dioksigenaza fermentlari yetishmaydi; natijada u asosan kantaksantin ishlab chiqarishga moyil bo‘ladi [5]. Bu natijalar Orol dengizi Artemiasi uchun ham shuni anglatadiki, astaksantinni ko‘paytirish strategiyasi de novo biosintezni rag‘batlantirish emas,

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

balki tashqi manbadan keladigan astaksantinni maksimal darajada singdirish va saqlab qolishga qaratilishi lozim.

Artemia populyatsiyalarida karotinoid to‘planishi faqat yem tarkibiga emas, balki muhit sharoitlariga — harorat va sho‘rlikka ham kuchli bog‘liq. Xue va hammualliflarining Artemia sinica bo‘yicha olib borgan ishlarida turli sho‘rlik va harorat sharoitlarida o‘sish, ko‘payish va karotinoid to‘planish parametrlari solishtirilgan. Optimal diapazonda karotinoidlar yuqori darajada to‘plangan bo‘lsa, haddan tashqari yuqori sho‘rlik va noqulay haroratda pigmentatsiya sezilarli pasaygan [10]. Orol dengizi sharoitida Artemia tabiiy ravishda yuqori sho‘rlik diapazonida yashaydi; shuning uchun sho‘rlikni ma’lum darajaga pasaytirib, laboratoriya va yarim sanoat sharoitida karotinoid, jumladan astaksantin va uning esterlarini ko‘proq jamlash strategiyasi ilmiy qiziqish uyg‘otadi.

Astaksantinni faqat Artemia tirik biomassa yoki nauplii orqali ozuqaga qo‘shish emas, balki sistalardan to‘g‘ridan-to‘g‘ri ajratib olib, funksional oziq-ovqat yoki yem qo‘shimchasi sifatida ishlatish g‘oyasi ham dolzarb. Minakova va hammualliflari *Artemia salina* sistalaridan astaksantinni olish bo‘yicha olib borgan ishlarida turli dekap-sulyatsiya va mexanik ishlov berish usullarini solishtirganlar: NaOCl bilan ishlov berish, ultratovush, gomojenizatsiya va takroriy muzlatish-eritish kombinatsiyalari natijasida sistalarning himoya qobig‘i samarali tarzda ochilgan. Eng samarali rejimlarda sistadagi astaksantin konsentratsiyasi 8,3–9,5 mg/g gacha yetgani qayd etilgan [11]. Ushbu ishda ekstraksiya uchun 96 % etanol va kungaboqar yog‘i kabi oziq-ovqat uchun ruxsat etilgan erituvchilar qo‘llanilgani alohida ahamiyatga ega: bu yondashuv astaksantinni bevosita funksional oziq-ovqat yoki yem senziblendlariga qo‘shish imkonini beradi [11].

Klassik karotinoid kimyosi ishlarida esa Artemia sistalaridan pigmentlarni ajratish uchun odatda metanol, efir, n-geksan aralashmalari va keyinchalik silika-gel ustun xromatografiyasi hamda HPLC asosidagi tozalash bosqichlari

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

qo‘llanilgan [1]. Bunday usullar analitik va ilmiy maqsadlar uchun juda qulay bo‘lsa-da, Orol dengizi Artemiasi kabi mahalliy xom ashyodan sanoat miqyosida, iqtisodiy jihatdan maqbul va ekologik xavfsiz astaksantin ekstrakti olish uchun ularni yumshoq, oziq-ovqat standartlariga mos variantlarga moslashtirish talab etiladi.

Yuqoridagi adabiyot tahlili shuni ko‘rsatadiki, hozirgi kungacha olib borilgan ishlar asosan:

1. Artemia franciscana va boshqa turlarning boyitish (enrichment) texnologiyalarini HUFA, karotinoid va boshqa bioaktiv moddalar bilan optimallashtirishga [8];
2. *Artemia salina* sistalaridan astaksantinni ajratib olish laboratoriya yoki kichik pilot miqyosdagi sxemalarini ishlab chiqishga qaratilgan [11].

Biroq Orol dengizi sharoitida shakllangan, genetik va ekologik jihatdan o‘ziga xos Artemia populyatsiyalaridan astaksantinni bir vaqtning o‘zida ham ko‘paytirish (boyitish va madaniy sharoitlarni optimallashtirish orqali), ham esa oziq-ovqatga yaroqli erituvchilar yordamida ajratib olish bo‘yicha kompleks yondashuv deyarli o‘rganilmagan. Orol hududidagi Artemia resurslari hozircha asosan sistalarni eksport qilish yoki akvakultura uchun oddiy tirik ozuqa sifatida sotish darajasida baholanmoqda; ularning tarkibidagi karotinoidlar, xususan astaksantin, mahalliy “qizil oltin” sifatida ko‘rilmayapti.

Shu bois mazkur ishning maqsadi “Orol dengizi Artemiasidan astaksantinni ko‘paytirish hamda ajratib olish” masalasini ikki yo‘nalishda kompleks o‘rganishdan iborat: birinchidan, Orol Artemiasi uchun yem tarkibi, harorat va sho‘rlik kabi omillarni boshqarish orqali karotinoid, ayniqsa astaksantin va uning esterlarini maksimal darajada jamlash sharoitlarini aniqlash; ikkinchidan, ushbu boyitilgan sistalar va biomassa asosida astaksantinni oziq-ovqat va yem sanoati

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

talablariga mos, yumshoq va iqtisodiy jihatdan samarali ekstraksiya sxemasini ishlab chiqish. Shu tarzda, ish natijalari nafaqat Orol mintaqasida yuqori qo‘shilgan qiymatli biopigment ishlab chiqarishning ilmiy asoslarini yaratadi, balki global astaksantin bozorida tabiiy, mahalliy va barqaror manba sifatida Orol Artemiasining o‘rnini belgilashga xizmat qilishi mumkin.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot obyekti va namuna yig‘ish

Tadqiqot obyekti sifatida Orol dengizi havzasidagi sho‘r suv havzalaridan olingan Artemia (Artemia sp., Orol populyatsiyasi) sistalari va ulardan chiqarilgan naupliilar ishlatildi. Sista namunalarini yig‘ishda suv sathi bo‘yicha 3–4 ta nuqta tanlanib, cho‘kindi bilan birga quruq sistalar panjara (100–250 μm) orqali elandi, chala organik aralashmalar shamollatib va suv bilan chayish yo‘li bilan olib tashlandi. Tozalangan sistalar qog‘oz paketlarda, qorong‘i sharoitda va +4 °C da saqlab turildi; bu yondashuv Artemia sistalaridagi karotinoidlarni saqlash bo‘yicha ilgari tavsiya qilingan usullarga mos keladi [12].

Sistalarning gidratatsiyasi va lichinka chiqarish

Eksperimentlardan oldin sistalar 3–4 soat davomida 25–28 °C haroratdagi o‘rtacha sho‘rlikdagi (35–40 g/L) sun’iy tuz eritmasida gidratatsiya qilindi. So‘ngra kuchli aeratsiya va doimiy yoritish (≈1500–2000 lx) ostida 24 soat inkubatsiya qilinib, nauplii lichinkalar chiqarildi. Bu sharoitlar Artemia franciscana uchun ishlab chiqilgan klassik boyitish modeli parametrlari (optimal harorat, salinlik va zichlik) asosida moslashtirildi [8].

Kultivatsiya dizayni va astaksantin boyitish tajribalari

Orol Artemiasida astaksantinni ko‘paytirish maqsadida uch omilli (3Ч2Ч2) tajriba dizayni qo‘llanildi:

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

Tuz miqdori (S): 80, 120 va 160 g/L (Orol suvi chuchuk suv bilan suyultirish orqali sozlandi, refraktometr bilan nazorat qilindi).

Harorat (T): 22 ± 1 °C va 28 ± 1 °C (termostatli vannada).

Yem varianti (Y):

1. nazorat - faqat Saccharomyces cerevisiae xamirturushi (0,3 g/L);
2. astaksantin-boy yem - liofilizatsiya qilingan Haematococcus pluvialis biomassa (≥3 % umumiy karotinoid, asosiy pigment astaksantin) 0,3 g/L;
3. β-karotin-boy yem — β-karotinga boy mikroalga (Dunaliella salina) kukuni yoki 10 % β-karotinli tijoriy preparat ekvivalent dozada.

Har bir 2 L hajmli kolbada boshlang‘ich nauplii zichligi 250–300 ind/mL qilib belgilandi; har bir kombinatsiya uch takror (n=3)da olib borildi. Boyitish vaqti 24 soat bo‘lib, dizayn Figueiredo va hammualliflari taklif qilgan Artemia boyitish modeliga asoslanib, Orol sharoitiga moslashtirildi [8]. β-karotinli variant karotinoid metabolizmi va gen ekspressiyasiga ta’sirini o‘rgangan zamonaviy ishlar bilan qiyoslash uchun qo‘shildi [5].

Boyitish oxirida naupliilar plankton to‘rda filtrlanib, sho‘r suv bilan tez chayildi, ortiqcha namlik filtr qog‘ozda olib tashlandi. Bir qismi ho‘l biomassa sifatida (nam og‘irlik) spektral tahlil uchun, qolgan qismi esa −20 °C da muzlatib, keyin liofilizatsiya qilinib quruq biomassa sifatida ekstraksiya protokoli uchun ishlatildi.

Orol Artemia sistalarini dekapsulyatsiya qilish

Sistalardan to‘g‘ridan-to‘g‘ri astaksantin ajratib olish maqsadida dekap-sulyatsiya Minakova va hammualliflari tavsiya etgan yondashuv asosida modifikatsiya qilindi [11]. Gidratatsiya qilingan sistalar 10–12 % li natriy gipoxlorit (NaOCl) eritmasi bilan 1:10 (m:v) nisbatda aralashtirilib, 15–20 daqiqa

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

davomida kuchli aralashtirish ostida ushlab turildi; shu jarayonda qobiq rangi qoramtir jigarrangdan och to‘q sariq rangga o‘zgarishi kuzatildi. Reaksiya 1 % li natriy tiosulfat eritmasi yordamida to‘xtatildi, sistalar keyin bir necha marta distillangan suv bilan chayildi va 4 °C da saqlash uchun muzlatgichga qo‘yildi.

Karotinoidlar va astaksantinni ekstraksiya qilish

Tirik biomassa va dekap-sulyatsiya qilingan sistalardan astaksantinni ajratib olish uchun yumshoq, oziq-ovqat uchun yaroqli erituvchilar asosida ultratovush yordamida ekstraksiya (UYE) qo‘llanildi. Bu yondashuv mikroalgal astaksantin uchun ishlab chiqilgan “green” texnologiyalarni Artemia biomassasiga moslashtiradi. Har bir variantdan 100 mg liofilizatsiya qilingan biomassa (yoki sistalar) analitik probirkaga o‘lchab olindi va ustiga 10 mL 96 % etanol (yoki qo‘shimcha tajriba uchun 96 % etanol : kungaboqar yog‘i = 4:1, v/v) quyildi. Eritmaga oksidlanishni kamaytirish uchun 0,01 % BHT (butilgidroksitoluen) qo‘shildi. Namuna 40 kHz chastotali ultratovush vannasida 25–30 °C haroratda 20 daqiqa davomida ekstraksiya qilindi; bu sharoitlar astaksantin degradatsiyasini minimallashtirish va chiqimini oshirish uchun tavsiya etilgan diapazonga mosdir [13].

Ekstraksiyadan so‘ng probirkalar 4000 g tezlikda 10 daqiqa sentrifugalanib, ustki supernatant alohida yig‘ildi. Qoldiq yana 5 mL erituvchi bilan qayta ekstraksiya qilinib, supernatantlar birlashtirildi. Olingan ekstrakt qorong‘ida, +4 °C da, tahlil o‘tkazilguncha saqlab turildi, chunki astaksantin yorug‘lik va kislorod ta’sirida tez parchalanishi ma’lum [14].

Spektrofotometrik va xromatografik tahlil

Umumiy karotinoidlar va astaksantin konsentratsiyasi UV–Vis spektrofotometrda o‘lchandi. Etanolli ekstraktlar 1 sm kuvetaga quyilib, 474–476 nm to‘lqin uzunligida optik zichlik (A) aniqlangan; hisob-kitoblar astaksantinning

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

etanol uchun ma’lum bo‘lgan xususiy so‘rilish koeffitsienti ($E_{1cm}^{1\%}$ ≈ 2100) asosida mg/g quruq modda ko‘rinishida ifodalandi [14].

Tanlangan namunalarda pigment tarkibini aniqlashtirish uchun yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) qo‘llanildi: C18 kolonka, acetonitril:metanol:xloroform asosidagi gradient mobil faza va 474 nm da deteksiya parametrlari ilgari Artemia cistalaridagi kantaksantin va uning izomerlarini ajratish uchun ishlatilgan protokollar asosida moslashtirildi [12].

Statistik tahlil

Astaksantin va umumiy karotinoid konsentratsiyasi bo‘yicha barcha o‘lchovlar kamida uch takror ($n \geq 3$)da bajarildi. Salinlik, harorat va yem tarkibining ta’sirini baholash uchun ikki yoki uch omilli dispersiya tahlili (ANOVA) qo‘llanildi; zarur hollarda Tukey HSD post-hoc testi ishlatildi. Statistik ahamiyatlilik darajasi $p < 0,05$ deb qabul qilindi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

1. Harorat va sho‘rlikning Orol Artemiasida karotinoidlar to‘planishiga ta’siri. Orol dengizi populyatsiyasidan olingan Artemia naupliilarida harorat (22 va 28 °C) hamda sho‘rlik (80, 120 va 160 g/L) kombinatsiyalari o‘zgartirilganda, ham yashovchanlik, ham pigmentlar to‘planishi bo‘yicha aniq farqlar kuzatildi. 80–120 g/L diapazonda va 22 ± 1 °C haroratda saqlangan guruhlarda tiriklik ko‘rsatkichi yuqori bo‘lib, naupliilar faol suzish xatti-harakati saqlanib qoldi; 160 g/L sho‘rlikda ayniqsa 28 °C da mortalitet oshishi va harakatning sekinlashishi qayd etildi. Bu natijalar Artemia’da sho‘rlik va haroratning fiziologik stress omili sifatida tutgan o‘rnini ko‘rsatgan qator ishlar bilan hamohangdir[15].

Spektrofotometrik o‘lchovlar shuni ko‘rsatdiki, umumiy karotinoidlar (astaksantin + boshqa karotinoidlar)ning 1 g quruq biomassaga nisbatan kontsentratsiyasi 80–120 g/L sho‘rlik va 22 °C sharoitida eng yuqori bo‘ldi;

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

sho‘rlik 160 g/L ga chiqqanda va harorat 28 °C ga ko‘tarilganda esa bu ko‘rsatkich sezilarli pasaydi. Sho‘rlik oshishi bilan karotinoid yigilishi kamayishi Artemia sinica bo‘yicha olib borilgan ishda ham qayd etilgan: 10‰ (≈10 g/L) va 25 °C sharoitida karotinoidlar maksimal, yuqori salinitet va haroratda esa minimal bo‘lgan. Orol Artemiasi tabiiy sharoitda yuqori sho‘rlik diapazonida yashashga moslashgan bo‘lsa-da, tajribalarimiz shuni ko‘rsatdiki, texnologik maqsadlarda astaksantinni ko‘paytirish uchun sho‘rlikni biroz pasaytirib, “stressni yumshatish” foydali bo‘ladi. Bu holat Xue va hammualliflarining natijalari bilan hamohang: ular yuqori sho‘rlik va harorat sharoitida tiriklik pasayishi va karotinoid to‘planishi kamayishini kuzatgan [10].

Shunday qilib, Orol Artemiasida astaksantin va boshqa karotinoidlarni yigilishini maksimal darajaga chiqarish uchun o‘rtacha sho‘rlik (80–120 g/L) va nisbatan pastroq harorat (≈22 °C) eng maqbul diapazon sifatida namoyon bo‘ldi. Bu, bir tomondan, organizmni ortiqcha osmotik stressdan himoya qiladi, ikkinchi tomondan, antioksidant pigmentlar bilan “qurollanish” uchun metabolik resurslarni ko‘proq saqlab qolish imkonini beradi.

2. Yem tarkibi va boyitish strategiyalarining astaksantin yig‘ilishiga ta’siri. Yem tarkibini o‘zgartirish natijalari bo‘yicha eng keskin farqlar qayd etildi. Xamirturush bilan oziqlantirilgan nazorat guruhida Artemia biomassasida umumiy karotinoidlar nisbatan past bo‘lib, asosan endogen β-karotin va uning qisman oksidlangan hosilalaridan iborat edi. Bu holat Huang va hammualliflarining tadqiqotlari bilan mos: karotinoidga boy yem bermasdan, faqat xamirturush bilan boqilgan Artemia’da pigmentlar deyarli yo‘q darajaga tushib ketishi ko‘rsatilgan Astaksantin-boy yem varianti (H. pluvialis biomassa) qo‘llanganda, 24 soatlik boyitishdan so‘ng Artemia biomassasidagi umumiy karotinoidlar nazoratga nisbatan bir necha baravargacha oshdi, spektrda 470–480 nm atrofidagi maksimumlar astaksantin uchun xos bo‘lgan yutilish chiziqlari bilan ifodalandi. HPLC tahlili ekstraktlarda erkin astaksantin va uning ayrim ester shakllari

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

mavjudligini tasdiqladi. Bu holat Huang va hammualliflari tomonidan ko‘rsatilgan natijalar bilan bir xil yo‘nalishda: ular H. pluvialis kukunini yem sifatida berganda, Artemia avval astaksantin esterlarini gidroliz qilib, so‘ng erkin shaklini to‘plashi mumkinligini ko‘rsatadilar [9].

β-karotin-boy yem varianti esa boshqa manzarani ko‘rsatdi. Umumiy karotinoidlar miqdori nazoratga qaraganda ancha yuqori bo‘lsa-da, HPLC profilida astaksantindan ko‘ra ko‘proq canthaxanthin va echinenon aniqlanishi kuzatildi. Bu Artemia’da β-karotinni to‘liq astaksantinga aylantirish uchun zarur bo‘lgan ba’zi ketolaza fermentlarining yetishmasligi haqidagi ma’lumotlarni yana bir bor tasdiqlaydi. Wang va hammualliflarining β-karotin bilan boyitilgan Artemia metanaupliilari bo‘yicha olib borgan ishlarida aynan shu holat qayd etilgan: β-karotin yutilgani metabolik faollikni oshiradi, ammo Artemia astaksantin o‘rniga asosan keto-karotinoid sifatida canthaxanthin sintezlaydi.

Demak, Orol Artemiasida astaksantin darajasini oshirishning eng samarali yo‘li – uni yem orqali tayyor astaksantin esterlari ko‘rinishida berish (H. pluvialis, Phaffia xamirturushi va h.k.), β-karotin yoki boshqa provitamin A shakllarini berish esa ko‘proq canthaxanthin va turdosh ketokarotinoidlarning o‘sishiga olib keladi. Shu bilan birga, β-karotin-boy dietalar antioksidant himoya va energiya almashinuvi yo‘llarini faollashtirib, Artemia hayotiyligini oshirishi mumkinligi ham Wang va hammualliflari ishida ko‘rsatilgan bo‘lib, bu yo‘lni qo‘shma boyitish strategiyasi sifatida ko‘rish mumkin [5].

3. Optimal kombinatsiya: “kichik, boy va tirik” Artemia

Harorat–sho‘rlik–yem kombinatsiyalarini tahlil qilganimizda, eng istiqbolli natijalar 80–120 g/L sho‘rlik, 22 °C harorat va H. pluvialis bilan astaksantin-boy yem qo‘llanilgan variantlarda kuzatildi. Bu sharoitlarda naupliilar o‘lchami Figueiredo va hammualliflari taklif qilgan modelga o‘xshash tarzda kichik, lekin

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

lipidlarga va pigmentlarga boy bo‘lib qoldi; yuqori zichlikda ham tiriklik darajasi qoniqarli bo‘ldi [8].

Texnologik nuqtai nazardan bunday kombinatsiya akvakulturada **“eng yaxshi kompromiss”**ni beradi:

tirik ozuqa sifatida kerakli o‘lcham va harakat faolligi saqlanadi;

astaksantin va umumiy karotinoidlar kontsentratsiyasi yuqori;

boyitish vaqti atigi 24 soat bo‘lib, ishlab chiqarish siklini sezilarli uzaytirib yubormaydi.

Orol Artemiasining yuqori sho‘rlikka moslashganligi tufayli, 80–120 g/L diapazoni hali ham tabiiy diapazonning pastki qismi bo‘lib, sho‘rlikni to‘liq “Artemia uchun nomaqbul” darajaga tushirmasdan, karotinoidlar to‘planishini optimallashtirish imkonini beradi. Xue va hammualliflari tomonidan ta’kidlanganidek, haddan tashqari sho‘rlik va harorat faqat karotinoidlar yigilishini emas, balki umumiy yashovchanlik va reproduktiv xususiyatlarni ham pasaytiradi; shu bois optimal diapazonni topish juda muhim [10].

4. Orol Artemia sistalaridan astaksantinni ajratib olish samaradorligi

Decapsulyatsiya va ekstraksiya bosqichlari Orol Artemia sistalaridan astaksantinni ajratib olish samaradorligiga jiddiy ta’sir ko‘rsatdi. NaOCl yordamida dekap-sulyatsiya qilingan sistalarda himoya qobig‘i mexanik jihatdan yumshab, ultratovush bilan birgalikda ishlatilganda pigmentlarning erituvchiga o‘tishi vizual ravishda ham tezlashgani kuzatildi: 96 % etanolda ekstraksiya qilingan namunalarning rangi nazorat sistalariga qaraganda ancha to‘q qizil-to‘q sariq tusga ega bo‘ldi. Sifat jihatdan, biz kuzatgan holat Minakova va hammualliflarining Artemia salina sistalari bo‘yicha natijalariga o‘xshash: ular NaOCl bilan dekap-sulyatsiya, ultratovush va gomojenizatsiya kombinatsiyasi

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

ekstraksiyani sezilarli tezlashtirishi va astaksantin chiqimini bir necha mg/g quruq sistagacha oshirishini ko‘rsatganlar [11].

Bizda ham dekapsulyatsiya qilinmagan sistalar bilan solishtirganda etanolli ekstraktlarning optik zichligi bir necha baravargacha yuqoriroq bo‘ldi, bu esa ko‘proq ekstraktiv karotinoidlar mavjudligini ko‘rsatadi.

Erituvchi tarkibini taqqoslaganda, sof 96 % etanol odatda mg/g hisobidagi eng yuqori spektral baholangan astaksantin miqdorini berdi, biroq etanol:kungaboqar yog‘i (4:1) aralashmasi bilan olingan ekstraktlar oziq-ovqat yoki yem maqsadida bevosita qo‘llash uchun qulayroq bo‘ldi. “Yashil” texnologiyalar nuqtai nazaridan mikroalgal astaksantin uchun taklif etilgan yumshoq sharoitlar (o‘rtacha harorat, qisman qutbli erituvchilar, ultratovush) Artemia sistalariga ham muvaffaqiyatli moslashtirilishi mumkinligi ko‘rinadi [8].

Shu bilan birga, kuchli ultratovush va uzoq davom etuvchi ekstraksiya protokollari pigmentlarning oksidlanish va izomerlanishiga olib kelishi mumkinligi adabiyotlarda ta’kidlangan; shuning uchun biz ekstraksiya vaqtini 20 daqiqa bilan chekladik va barcha amallarni yorug‘likdan saqlangan, nisbatan past haroratda olib bordik [2].

Bu yondashuv astaksantinni biologik faolligini saqlab qolgan holda ajratib olishga imkon beradi.

5. Orol Artemiasidan olingan astaksantinning amaliy ahamiyati

Olingan natijalar Orol dengizi Artemiasini astaksantinning mahalliy, barqaror va nisbatan arzon manbai sifatida ko‘rish mumkinligini ko‘rsatadi. Boyitilgan naupliilar tarkibidagi astaksantin miqdori ularni akvakulturadagi baliq va qisqichbaqa lichinkalari uchun yuqori qo‘shimcha qiymatga ega tirik ozuqaga aylantiradi: bu pigment baliqlarda mushak to‘qimasining rangini kuchaytiradi, immun javobni va antioksidant himoyani yaxshilaydi [9]. Sistalardan olingan

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

etanolli ekstraktlar esa kelgusida funksional yem premikslar va ehtimol funksional oziq-ovqat komponentlari sifatida qo‘llanishi mumkin; astaksantinning E vitaminiga qaraganda lipid peroksidlanishiga qarshi ancha kuchli antioksidant ekanligi bu yo‘nalishning istiqbolli ekanini ko‘rsatadi [2].

Umuman olganda, bizning ishimiz ikki asosiy xulosani beradi:

Astaksantinni ko‘paytirish uchun Orol Artemiasini o‘rtacha sho‘rlik va nisbatan past haroratda, astaksantin-boy yem bilan boyitish eng maqbul strategiya bo‘lib, bu Artemia’ni “kichik, boy va tirik” holatda saqlash imkonini beradi [8]. **Astaksantinni ajratib olish uchun** esa NaOCl asosidagi dekap-sulyatsiya va ultratovush bilan qo‘llangan etanolli ekstraksiya Orol Artemia sistalaridan yuqori darajada ekstraktiv pigment olishga imkon beradi va mikroalgal astaksantin uchun ishlab chiqilgan “yashil” texnologiyalar bilan yaxshi integratsiyalanadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Ushbu tadqiqot natijalari Orol dengizi Artemiasidan astaksantinni ko‘paytirish va ajratib olish bo‘yicha ikki bosqichli – boyitish (enrichment) va ekstraksiya – yondashuv samarali ekanini ko‘rsatdi. Orol populyatsiyasi bo‘yicha olingan ma’lumotlar ko‘plab xalqaro ishlar bilan taqqoslaganda, Artemia’ning karotinoid metabolizmi va ekologik omillarga javobi jihatidan umumiy qonuniyatlarga bo‘ysunishini, lekin shu bilan birga mahalliy sharoit tufayli ayrim xususiyatlarga ega ekanini namoyon etdi.

Birinchidan, harorat va sho‘rlikni boshqarish tajribalari shuni ko‘rsatdiki, o‘rtacha sho‘rlik (80–120 g/L) va nisbatan pastroq harorat (≈22 °C) sharoitlari Orol Artemiasida umumiy karotinoidlar, jumladan astaksantin akkumulyatsiyasini maksimal darajaga olib keladi. Sho‘rlik va haroratning oshishi tiriklikni pasaytirib, pigment to‘planishini kamaytirishi Artemia sinica bo‘yicha olib borilgan ishlar

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

bilan hamohang: yuqori harorat va salinitet karotinoid akkumulyatsiyasini cheklashi aniqlangan [10].

Shuning uchun Orol sharoitida astaksantin ishlab chiqarish texnologiyasi uchun “biroz yumshatilgan stress” rejimi tavsiya etiladi – bu diapazon Artemia uchun fiziologik qulay, lekin antioksidant pigmentlar sintezini rag‘batlantiradigan darajada bo‘lishi kerak.

Ikkinchidan, yem tarkibi bo‘yicha olingan natijalar H. pluvialis biomassa asosidagi astaksantin-boy dietalar Orol Artemiasida astaksantin miqdorini keskin oshirishi, β-karotin-boy yemlar esa asosan canthaxanthin va echinenon sintezini kuchaytirishini ko‘rsatdi. Bu Artemia’da β-karotinni to‘liq astaksantinga aylantiruvchi ketolaza fermentlar kompleksi to‘liq emasligi haqidagi molekulyar xulosalar bilan mos keladi: β-karotin boyitilishi metabolik faollik va antioksidant yo‘llarni faollashtiradi, lekin natijada astaksantin emas, boshqa ketokarotinoidlar ustuvor bo‘ladi [5]. Shu bois astaksantinni Orol Artemiasida ko‘paytirishning asosiy strategiyasi – tayyor astaksantin esterlarini (mikroalga/xamirturush manbali) yem orqali berish; β-karotin esa qo‘shma boyitishda qo‘llanilishi mumkin, ammo to‘g‘ridan-to‘g‘ri astaksantin manbai sifatida emas.

Uchinchidan, Figueiredo va hammualliflari taklif qilgan “kichik, boy va tirik” Artemia modeli Orol populyatsiyasida ham tasdiqlandi: optimal sho‘rlik–harorat–yem kombinatsiyasida naupliilar kichik o‘lcham va yuqori tiriklikni saqlagan holda, astaksantin va boshqa karotinoidlarga boy “bio-kapsula”ga aylanadi [8]. Bu yondashuv Orol Artemiasini akvakulturaning yuqori qo‘shimcha qiymatli tirik ozuqasi sifatida yanada jozibador qiladi – baliq va qisqichbaqa lichinkalarida pigmentatsiya, immunitet va omon qolish ko‘rsatkichlarini oshirish imkonini beradi.

To‘rtinchidan, Orol Artemia sistalaridan astaksantinni ajratib olish uchun NaOCl yordamida dekap-sulyatsiya + ultratovush yordamida etanolli ekstraksiya

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

texnologik jihatdan eng maqbul variant sifatida namoyon bo‘ldi. Minakova va hammualliflari A. salina sistalarida ko‘rsatganidek, kimyoviy/mexanik qobiqni ochish jarayoni pigmentlarning erituvchiga o‘tishini sezilarli tezlashtiradi va mg/g hisobidagi astaksantin chiqimini bir necha baravarga oshiradi [11].

Bizning natijalar ham dekap-sulyatsiya qilingan Orol sistalarida ekstraktlarning optik zichligi keskin oshishini ko‘rsatdi. Sof 96 % etanol mg/g bo‘yicha maksimal chiqimni bergan bo‘lsa, etanol:kungaboqar yog‘i aralashmasi funksional yem va oziq-ovqat premikslariga to‘g‘ridan-to‘g‘ri integratsiya qilish uchun yanada mos ekanini ko‘rsatdi. “Yashil” ekstraksiya sharoitlari (o‘rtacha harorat, oziq-ovqatga yaroqli erituvchilar) mikroalgal astaksantin uchun ishlab chiqilgan texnologiyalar bilan yaxshi integratsiyalanadi [16].

Beshinchidan, Orol Artemiasidan olingan astaksantinning amaliy ahamiyati yuqori. Astaksantin nafaqat baliq va qisqichbaqalar go‘shti rangini yaxshilaydi, balki kuchli antioksidant va antiinflamator sifatida hayvonlarning sog‘lig‘i va mahsuldorligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi; astaksantin esterlarining funksional oziq-ovqat komponenti sifatida qo‘llanishi bo‘yicha zamonaviy sharhlar buni tasdiqlamoqda [16]. Orol hududida bu resurslar hozircha asosan xom sista eksporti ko‘rinishida ishlatilayotganini inobatga olsak, mahalliy sharoitda astaksantin ekstrakti va boyitilgan tirik/yem shakllarini ishlab chiqarish iqtisodiy diversifikatsiya va eksport tarkibini chuqurlashtirish uchun katta imkoniyat yaratadi.

Takliflar sifatida quyidagilarni keltirish mumkin:

Orol dengizida Artemia yetishtirish xo‘jaliklarida sho‘rlik va haroratni boshqarish asosida astaksantin-maqsadli liniyalar tashkil etish; optimal diapazon sifatida 80–120 g/L sho‘rlik va ≈22 °C harorat tavsiya etiladi [10]. Mahalliy yem sanoatida H. pluvialis yoki boshqa astaksantin-boy mikroorganizmlar biomassasini Orol Artemiasini boyitish uchun alohida yo‘nalish sifatida rivojlantirish; bunda β-

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

karotin-boy dietalar qo‘shma antioksidant va energiya qo‘llab-quvvatlovchi komponent sifatida integratsiya qilinishi mumkin [5]. Orol Artemia sistalarini NaOCl asosida dekap-sulyatsiya qilish va etanolli/etanol–o‘simlik yog‘li ekstraksiyani pilot sanoat miqyosida sinovdan o‘tkazish, keyinchalik texnologik reglament va GOST/ISO talablari bo‘yicha standartlashtirish [11].

Orol mintaqasida “Artemia–astaksantin–funksional yem va oziq-ovqat” klasterini rivojlantirish bo‘yicha ilmiy-amaliy dastur ishlab chiqish, bunda universitetlar, ilmiy institutlar va xususiy sektor hamkorligini kuchaytirish; bu dastur Orolning ekologik inqirozidan kelib chiqqan salbiy omillarni qisman kompensatsiya qiluvchi “yashil iqtisodiyot” elementiga aylanishi mumkin.

Shu tarzda, olib borilgan ish Orol dengizi Artemiasini nafaqat akvakultura uchun an’anaviy tirik ozuqa, balki yuqori qo‘shilgan qiymatli tabiiy astaksantin manbai sifatida ko‘rsatib berdi va kelgusida texnologik, iqtisodiy hamda ekologik jihatdan samarali loyihalar uchun ilmiy asos yaratdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. H J Nelis , P Lavens, M M Van Steenberge, P Sorgeloos, G R Criel, A P De Leenheer. Qualitative and quantitative changes in the carotenoids during development of the brine shrimp Artemia. J Lipid Res. 1988 Apr;29(4):491-9.

2. Eiji Yamashita. Astaxanthin as a Medical Food. Functional Foods in Health and Disease - Online ISSN: 2160-3855; Print ISSN: 2378-7007

3. Keng Chin Lim, Fatimah Md. Yusoff, Mohamed Shariff, Mohd Salleh Kamarudin. Astaxanthin as feed supplement in aquatic animals. Reviews in Aquaculture. 22 May 2017 https://doi.org/10.1111/raq.12200

4. Satish Kumar, Rakesh Kumar, Diksha, Anju Kumari, Anil Panvar. Astaxanthin: A super antioxidant from microalgae and its therapeutic potential. Journal of basic microbiology. 2021 yil 24-noyabr https://doi.org/10.1002/jobm.202100391

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

5. Weilong Wang [1 2 3], Zhuojun Ma [1], Weiquan Li [1], Yucai Xue [1], Amina S Moss [4], Meiqin Wu [5]. Impact of β-Carotene Enrichment on Carotenoid Composition and Gene Expression in Artemia Metanauplii. Journal Metabolites. 2024 Dec 3;14(12):676. doi:10.3390/metabo14120676.

6. A. Domнnguez, M. Ferreira, P. Coutinho, J. Fбbregas, A. Otero. Delivery of astaxanthin from Haematocuccus pluvialis to the aquaculture food chain. Aquaculture Volume 250, Issues 1–2, 14 November 2005, P. 424-430 https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.08.005

7. Nur Amalina Samat [1,3,] Fatimah Md Yusoff [2,3,] Nadiah W. Rasdi [4,5] and Murni Karim [2,3,*]. Enhancement of Live Food Nutritional Status with Essential Nutrients for Improving Aquatic Animal Health. Animals 2020, 10(12), 2457; https://doi.org/10.3390/ani10122457

8. Joana Figueiredo [a], Robert van Woesik [b], Junda Lin [b], Luнs Narciso [a]. Artemia franciscana enrichment model - How to keep them small, rich and alive? Aquaculture Volume 294, Issues 3–4, 16 September 2009, P. 212-220. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.05.007

9. Jin Huang[1,2,] Bodi Hui[1,*]. Feed-induced Variation in the Carotenoid Composition of Brine Shrimp. eFood Vol. 1(3); June (2020), pp. 247–253 DOI: https://doi.org/10.2991/efood.k.200522.001 ; eISSN 2666-3066

10. Yucai Xue [1], Gang Jiang [1],Huang Shu [1],Weilong Wang [1,2,3] and Xuxiong Huang [1,2,3,*]. Effects of Temperature and Salinity on the Growth, Reproduction, and Carotenoid Accumulation in Artemia sinica and Transcriptome Analysis. Fishes 2024, 9(11), 437; https://doi.org/10.3390/fishes9110437

11. Анастасия Александровна Минакова [1], Наталья Григорьевна Базарнова [2], Денис Викторович Минаков [3], Ирина Владимировна Микушина [4], Анастасия Евгеньевна Дубровина 5. Получение астаксантина из цист рачка artemia salina для разработки функциональных продуктов питания. Журнал Ползуновский вестник. 2022; 4(1): -С. 167-173

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 27.01.2026

12. Miyuki Tsushima and Takao Matsuno. Z-Carotenoids in Cysts of Brine Shrimp, Artemia franciscana. Fisheries Science 65(1), 173-174 (1999)

13. Mario Chronis, Vasiliki Maria Christopoulou, Sofia Papadaki, Marina Stramarkou, Magdalini Krokida. Optimization of Mild Extraction Methods for the Efficient Recovery of Astaxanthin, a Strong Food Antioxidant Carotenoid from MicroalgaeChemical engineering transactions. Vol. 87, 2021. ISBN 978-88-95608-85-3; ISSN 2283-9216. DOI: 10.3303/CET2187026

14. Ioannis Panagiotakopoulos and Constantina Nasopoulou. Extraction Methods, Encapsulation Techniques, and Health Benefits of Astaxanthin. Sustainability 2024, 16(24), 10859; https://doi.org/10.3390/su162410859

15. Alireza Asem [1], Yuxin Li [1], Xintong Yan [1], Yaojia Zhang [1], Yunlong Zhu [1], Behrooz Atashbar Kangarloei [2,*], Chaojie Yang [1]. Effects of Salinity on the Reproductive and Lifespan Traits of Artemia Parthenogenetic Lineages with Different Ploidy Levels. Biology (Basel). 2025 Aug 15;14(8):1055. doi: 10.3390/biology14081055

16. Youyan Wang [1], Lipin Chen [1 2], Jierui Zhao [1], Guanghua Xia [1], Zhongyuan Liu [1], Haohao Shi [1 2]. Astaxanthin Esters as Functional Food: A Review of Their Nutrition, Phytochemical Structure, Biological Features, and Food Industry Prospects. J Agric Food Chem. 2024 Jun 10. doi:10.1021/acs.jafc.4c00765.