



Употреба на естествени продукти за биоконтрол при аквакултури

Отглеждането на аквакултури е една от най-динамичните индустрии за производство на храни, която постоянно се развива. Производството е съпроводено със значителни предизвикателства като замърсяване на водната среда и разпространение на патогени, които предизвикват неблагоприятни ефекти при водните организми, огнища на заболявания и висока смъртност. За да се смекчи въздействието на стрес факторите при отглеждане на аквакултури се използват широко антибиотици и химични агенти за контрол на патогени. Прекомерното им приложение води до остатъчно замърсяване и насърчава появата на устойчиви на лекарства бактериални щамове. Нарастващ интерес представлява прилагането на естествени продукти като заместители на конвенционалните химични средства за контрол на заболяванията в аквакултурното производство. Международен екип от учени [1] разглежда пробиотиците, пребиотиците и фитобиотиците като устойчива и екологична алтернатива на антибиотици. Тези продукти, използвани като функционални фуражни добавки, проявяват разнообразни биоактивности, като антибактериални, антивирусни, противогъбични и антипаразитни ефекти и повишават устойчивостта към заболявания. Освен това, те подобряват растежните показатели на аквакултурите, засилват имунния им отговор и дори допринасят за по-добро качество на водната среда. Прегледът на учените [1] синтезира текущите открития за ролята на пробиотиците, пребиотиците и фитобиотиците в развитието на устойчивите аквакултурни практики в световен мащаб, като същевременно критично обсъжда техните ограничения и по този начин предоставя ценни прозрения, които да насочат бъдещите изследвания и иновации към екологично отговорни и здравословни решения в аквакултурната индустрия.

1. Въведение

Хранителните продукти от аквакултури са богат източник на висококачествени протеини, жизненоважни аминокиселини, витамини (А, В-комплекс и D) и основни минерали като фосфор, цинк, калций, натрий, йод, калий, желязо, магнезий и селен, както и полиненаситени мастни киселини, особено омега-3 мастни киселини, включително ейкозапентаенова киселина и докозахексаенова киселина [2].

За първи път през 2022 г. регистрираните данни [1] показват, че производството на аквакултури надминава улова на диви риби и достига рекордните 130,9 милиона тона. Глобалното потребление на продукти се увеличава значително, водено от доказателства за хранителната им стойност и благоприятното въздействие върху здравето на хората. С увеличаване на световното население до 9,7 милиарда до 2050 г., се очаква производството на аквакултури да достигне 140 милиона тона.

Интензивните практики при отглеждане на аквакултури увеличават стреса при водните видове организми, което ги прави по-уязвими към бактериални, вирусни, гъбични и/или паразитни инфекции. В допълнение към това, промените в околната среда и използването на химични средства (антибиотици, хормони и пестициди), са основните ограничения, които могат да възпрепятстват устойчивото развитие на индустрията. Различни класове антибиотици (аминогликозиди, хинолони, сулфонамиди, тетрациклини, макролиди, хлорамфеникол, β -лактам, нитрофуран, линкозамид и полимиксин), се използват широко при аквакултури. Тези съединения се считат за една от най-значимите групи нововъзникващи замърсители във водните екосистеми, представляващи сериозни екологични проблеми поради широкото им разпространение в различни компоненти на околната среда, попадане в хранителната верига,

неблагоприятни токсикологични ефекти при хората и потенциал за развитие на антимикробна резистентност. Ролята на отглежданите аквакултури постепенно нараства във веригата за доставка на храни и трябва да се промени начинът, по който се произвеждат, преработват, търгуват и консумират водните организми. Това може да се постигне чрез трансформативни действия¹ в рибарството и отглеждането на аквакултури. Необходимо е да се прилагат съвременни практики за отглеждане на аквакултури и да се разработват иновативни технологии. Използването на естествени продукти за биоконтрол може да бъде екологична и щадяща потребителите алтернатива. Те действат директно чрез: елиминиране на патогени с антимикробни съединения и конкурентно изключване на патогени, или индиректно чрез подобряване на здравословното състояние на гостоприемника и условията на околната среда [1].

Прегледът [1] има за цел да обобщи съвременните проучвания за: основните видове **пробиотици, пребиотици и фитобиотици**, използвани в аквакултурните системи, функционалните им ефекти и основни механизми на действие, независимо дали се прилагат поотделно или като синергични комбинации; начините на приложение и нови формулировки, които оптимизират тяхната ефикасност; оценка на ограниченията, за да се предоставят насоки за бъдещи изследвания. Учените подчертават капацитета на тези функционални добавки за подобряване общото здравословно състояние на водните организми, с цел намаляване зависимостта от антибиотици и други химични вещества, за насърчаване на по-устойчива и екологично отговорна индустрия.

2. Пробиотици

Според Световната здравна организация, пробиотиците представляват живи микроорганизми, които, приложени в адекватни количества, осигуряват ползи за здравето на гостоприемника. Сред най-разпознаваемите пробиотични микроорганизми са: грам-положителни и грам-отрицателни бактериални щамове (*Bacillus*, *Phaeobacter*), различни млечнокисели бактерии (*Lactobacillus*, *Lactococcus* и *Enterococcus*) и дрожди. Тези микроорганизми могат да генерират естествени биоактивни вещества, свързани с различни биологични функции (Фигура 1).



Фигура 1. Функционална роля на пробиотиците при аквакултури

¹ „Синя трансформация“ очертава визия за разширяване на водните хранителни системи и увеличаване на техния принос за по-добро производство, по-добро хранене, по-добра околна среда и по-добър живот, особено за онези общности, които зависят от рибарството и аквакултурите.

2.1. Ефекти върху растежа и усвояването на фураж

Учените [1] посочват, че приложението на пробиотици положително въздейства върху растежните показатели при аквакултури. Пробиотиците стимулират развитието и функционалността на полезни автохтонни бактерии, което спомага производството на храносмилателни ензими (амилази, протеази и липази), улеснява синтеза на есенциални хранителни вещества (витамини, мастни киселини и аминокиселини), и допринася за детоксикацията на определени съединения. Способността на пробиотиците да модулират микробиотата и храносмилането при аквакултурите е зависима от вида пробиотик и е силно повлияна от физиологията на гостоприемника и условията на околната среда.

2.2. Ефекти върху имунитета и устойчивостта към заболявания

Добавянето на пробиотици към дажбите на водните видове животни подобрява както клетъчните, така и хуморалните имунни отговори, медиирани от различни механизми. Пробиотиците генерират функционални съединения с докладвани бактерицидни ефекти като по този начин осигуряват защита срещу растежа и разпространението на опортюнистични патогени и укрепват устойчивостта към заболявания [1].

2.3. Ефекти върху репродуктивните показатели

Учените [1] съобщават, че пробиотичните добавки могат да подобрят репродуктивните показатели (увеличено производство, размер и качество на яйцата, по-висока плодовитост, степен на оплождане и люпимост) при водните видове чрез различни механизми [1].

2.4. Ефекти върху антиоксидантния отговор

Пробиотиците показват значителен потенциал за подобряване на антиоксидантния отговор чрез няколко механизма. Те могат да подобрят бионаличността и усвояването на съединения с антиоксидантен ефект от храната, което да повлияе благоприятно физиологичното състояние на организма и да намали оксидативния стрес. Някои пробиотични щамове могат да генерират антиоксидантни метаболитни продукти (глутатион, бутират, фолиева киселина и извънклетъчни полизахариди), които повишават функцията на важни ензими за антиоксидантна защита (каталаза, супероксид дисмутаза, глутатион пероксидаза) [1].

2.5. Влияние върху качеството на водната среда

Различни процеси (натрупване на метаболитни продукти, разграждане на неизползвана храна и др.), може да компрометират параметри на качеството на водата (температура, рН, концентрация на амоняк, въглероден диоксид и нива на желязо). Това води до значителни промени във водната среда, които създават благоприятни условия за разпространение на патогени, увеличават податливостта към заболявания и влияят върху здравословното състояние и продуктивността на водните организми. Приложението на пробиотици директно във водата за отглеждане може да се използва през всички етапи на развитие на култивираните видове. Специфичните механизми, чрез които пробиотиците упражняват своето въздействие във водните екосистеми, остават недостатъчно изяснени, но учените [1] твърдят, че пробиотиците могат да допринесат за регулиране състоянието на водата за култивиране чрез увеличаване разграждането на органичната материя, понижаване на нивата на азот и фосфор, регулиране нивата на нитрити, амоняк и сероводород, намаляване на разпространението на вреден фитопланктон и бактериални патогени и насърчаване на биоремедиацията² на органични замърсители. Подобренията на качеството на водата допринасят за по-стабилни условия в местообитанието, което косвено води до по-добро здравословно състояние на

² Биоремедиацията е екологичен биотехнологичен процес, при който се използват живи микроорганизми (бактерии, гъби) или ензими за пречистване на замърсени почви, води и екосистеми. Тя трансформира опасни замърсители като петролни продукти, тежки метали и пестициди в нетоксични или по-малко вредни съединения (вода, CO₂).

водните животни и помага за поддържане на балансирано взаимодействие между организмите и тяхната среда в аквакултурните системи. Видовете *Bacillus* се считат за ефективни водни пробиотици поради високата им устойчивост на водни условия, способността им за биоремедиация и способността им да потискат патогените, като същевременно насърчават растежа на полезни микробни съобщества.

2.6. Антагонистични ефекти

Пробиотиците произвеждат разнообразни биоактивни съединения, които проявяват широк спектър биологични активности – антибактериални, антивирусни, антиоксидантни, имуностимулиращи, противовъзпалителни ефекти.

2.6.1. Антибактериални ефекти

Бактериалните заболявания са основно предизвикателство при отглеждане на аквакултури, тъй като водната среда с подходяща температура е благоприятна за развитие на микроорганизми. Различни микроорганизми, като млечнокисели бактерии, *Bacillus* spp., *Actinobacteria*, както и дрожди демонстрират антибактериална активност срещу няколко водни патогена. Например, *Bacillus velezensis* FS26 проявява силни антимикробни свойства срещу *Aeromonas hydrophila* LMG 13658 и *Aeromonas veronii* клон DK-A. veronii-27 [1].

2.6.2. Антивирусни ефекти

Пробиотиците имат потенциал да намалят честотата на вирусни инфекции при аквакултури. Точните механизми в основата на тези ефекти, остават до голяма степен неизвестни, но учените [1] посочват проучвания, в които *Bacillus* spp. и млечнокисели бактерии намаляват смъртността, причинена от инфекции с вируса на синдрома на бяло петнисто заболяване (white spot syndrome virus, WSSV) и вируса на жълтата глава (yellow head virus, YHV) при водни организми (скарриди). Освен това, етилацетатни екстракти от супернатанта³ на *Bacillus velezensis* JW инхибират репликацията на вируса на пролетната виремия при шарана (spring viremia of carp virus, SVCV) *in vitro*, както и *in vivo*. *Bacillus subtilis* проявява антивирусна активност срещу вирус на вирусната хеморагична септицемия (viral hemorrhagic septicemia virus, VHSV) при японска писия (*Paralichthys olivaceus*).

2.6.3. Противогъбични ефекти

Щамът *Burkholderia* HD05, изолиран от сладководна среда, проявява силна противогъбична активност, предимно чрез извънклетъчния метаболит 2-пиролидон-5-карбоксилна киселина, който е характеризирани като основно активно съединение, отговорно за намаляване на развитието на хифите и покълването на спорите на *Saprolegnia* spp. Представителите на род *Saprolegniaceae* сред най-често откриваните патогени, причиняващи огнища на сапролегниоза при сладководни аквакултури. В друго проучване [1] щам BC01 на *Bacillus* sp., получен от почва, значително намалява мицелния растеж на рибния патоген *Aphanomyces invadans in vitro*.

2.6.4. Противопаразитни ефекти

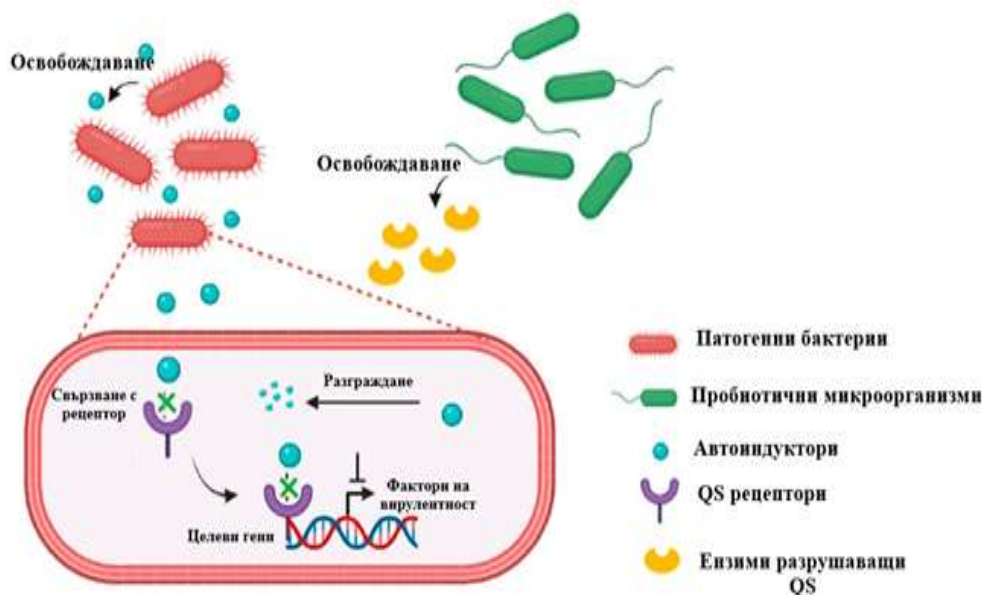
Потенциалът на пробиотиците да влияят върху протичането на паразитните инфекции е широко изследван. Включването на живи дрожди *Debaryomyces hansenii* щам CBS 8339 в дажбата на млади лъчеперки (*Myxteroperca rosacea*) осигурява защита срещу ектопаразита *Amyloodinium ocellatum* чрез стимулиране хуморални и антиоксидантни имунни отговори. Учените [1] съобщават, че прилагане на полезни пробиотични микроорганизми чрез фуража води до частична защита от протозойни паразити *Trichodina* при нилската тилапия (*Oreochromis niloticus*).

³ Супернатантата (или течност без клетки - cell-free supernatant, CFS) от *Bacillus velezensis* е бистрата течна част, останала след центрофугиране на култура от бактерията, при което се отстраняват живите микробни клетки. Тя съдържа богата смес от биоактивни съединения, екскретирани от бактерията по време на нейния растеж, които имат мощни антимикробни, противогъбични и биоконтролни свойства.

2.6.5. Активни действия за предотвратяване образуването на биофилм

Биофилмите представляват групи от различни микроорганизми, затворени в собствени синтезирани извънклетъчни полимери и прикрепени към живи или неживи повърхности. Образуването на биофилм е критичен фактор за вирулентността на патогените, насърчавайки тяхното персистирание и се свързва с тежки хронични инфекции. Много пробиотици показват способност да инхибират образуването на биофилм. При аквакултури, епифитната морска бактерия *Staphylococcus lentus* потиска образуването на биофилм от *Vibrio harveyi* при условия на съвместно култивиране. Проучване [1] показва, че сребърни наночастици, покрити с безклетъчни екстракти от *Bacillus licheniformis*, проявяват силна активност срещу образуване на биофилм от *Vibrio parahaemolyticus* Dav1.

2.6.6. Потискане на груповото поведение (Quorum Sensing, QS⁴)



Фигура 2. Потискане на QS от пробиотични микроорганизми

Груповото поведение е бактериален регулаторен сигнален механизъм, който позволява бактериална комуникация, базирана на плътността на популацията чрез малки сигнални молекули, известни като автоиндуктори. Този механизъм регулира биосинтеза на редица биологични макромолекули, включително фактори на вирулентност, образуване на биофилми, извънклетъчни полизахариди и секреторни системи. Разрушаването на QS системата на патогените се очертава като потенциален антиинфекциозен подход при аквакултури (Фигура 2). Микроорганизми от род *Bacillus*, *Bacillus* spp. са обстойно изследвани не само заради техните пробиотични характеристики, но и заради способността им да произвеждат молекули,

⁴ Quorum Sensing е процес на химическа комуникация, който бактериите използват, за да определят гъстотата на популацията си и да координират груповото си поведение, като образуването на биофилм, вирулентността и производството на светлина. Бактериите отделят сигнални молекули, наречени автоиндуктори; когато гъстотата е висока, тези молекули достигат праг, който задейства широкомащабна, синхронизирана генна експресия

които потискат QS. В прегледа [1] са посочени данни, че молекулите, произведени от *B. subtilis*, *Bacillus vezelensis* и *Bacillus pumilus*, разграждат QS молекулите на рибни патогени като *Aeromonas veronii* и *Edwardsiella Tarda*. Други учени съобщават, че щамът *Bacillus* sp., QSI-1, получен от чревния тракт на рибите, ефективно разгражда ацил-хомосерин лактони и намалява извънклетъчната протеазна активност в *Aeromonas hydrophila* YJ-1.

3. Пребиотици

Пребиотиците са субстрати, селективно използвани от естествения микробиом на гостоприемника за насърчаване на здравословното му състояние. Тези продукти трябва да издържат на хидролиза от стомашната секреция и ензими и да не се абсорбират в стомашно-чревния тракт. Те ферментират чрез чревната микробиота и подобряват растежа и/или функцията на полезните бактерии (*Bifidobacteria* и *Lactobacillus*). Този процес може да ограничи развитието на патогенни бактерии в храносмилателната система и/или да регулира получаването на полезни бактериални метаболити. Често срещаните пребиотици са несмилаеми въглехидрати, които могат да бъдат класифицирани като монозахариди, олигозахариди или полизахариди по отношение на техния молекулен размер или степен на полимеризация. Някои невъглехидратни съединения, като флаваноли, също може да отговарят на критериите за пребиотици. Пребиотиците се срещат естествено в редица хранителни източници като плодове, бобови растения, зеленчуци или мляко, но също и в микроводорасли и морски водорасли. Едни от най-често използваните пребиотици при аквакултури са галактоолигозахариди (GOS), фруктоолигозахариди (FOS), арабиноксиланолигозахариди (AXOS), олигозахариди (мананолигозахариди – MOS, ксилоолигозахариди – XOS), инулин и β -глюкан [1].

Пребиотиците действат като агенти за биоконтрол чрез косвени механизми като повишена смилаемост и усвояване на хранителни вещества, подобрен растеж и общо здравословно състояние, модулиране на чревната микробиота, засилване на имунната защита и стимулиране на устойчивост към заболявания при аквакултури. Добавките с пребиотици стимулират активността на храносмилателните ензими (протеаза, амилаза, липаза, целулаза, фитаза, таназа, ксиланаза и хитиназа) и променят чревната морфология. Въпреки това, тези ефекти не са универсални, тъй като чревната микробиота на гостоприемника проявява селективност към специфични пребиотици. Тази специфичност се определя до голяма степен от фактори като вид гостоприемник, вид, концентрация и продължителност на приложение на пребиотика. Имуномодулиращите ефекти на пребиотиците се осъществяват директно, чрез директни взаимодействия с рецептори, експресирани на повърхността на клетката гостоприемник (β -глюканови и дектин-1 рецептори) и активиране на вродената имунна система или индиректно, чрез насърчаване на развитието на полезни налични микроорганизми. Пребиотиците засилват неспецифичния имунитет чрез различни механизми като повишена фагоцитна, неутрофилна и лизозимна активност, както и активиране на алтернативната комплементна система [1].

4. Фитобиотици

Фитобиотиците са продукти на растителна основа, които действат директно чрез освобождаване на биоактивни вещества с антибактериално, антивирусно, противогъбично, антихелминтно, антипаразитно и антиоксидантно действие. (Фигура 3).

Полизахариди, Феноли, Терпеноиди, Танини, Сапонини,
Флавоноиди, Гликозиди, Стероиди



Фигура 3. Биоактивни съединения, освобождавани от фитобиотици, и тяхната потенциална активност

При аквакултури може да се използва голямо разнообразие от лечебни растения, подправки, гъби, плодове, зеленчуци, семена, ядки, етерични масла и морски ресурси, като микроводорасли и морски водорасли. Екстракти от над 60 различни вида лечебни растения са идентифицирани и се използват за подобряване на здравето на рибите. Наблюдавано е [1], че растителните съединения стимулират апетита, насърчават растежа, увеличават репродуктивните показатели на аквакултурите, подобряват имунните отговори, могат да допринесат за подобряване качеството на водата. Ефектите се влияят от няколко фактора, като вида на растителния източник, фитохимичния състав, специфичните биоактивни съединения, както и от видово-специфичните и дозозависими реакции.

Основните растителни видове с най-висок потенциал за приложение при аквакултури включват **чесън** (*Allium sativum*), **куркума** (*Curcuma longa*), **нийм** (*Azadirachta indica*), **джинджирил** (*Zingiber officinale*), **малайзийски женшен** (*Eurycoma longifolia*), **индийски женшен** (*Whitania somnifera*), **алоэ вера** (*Aloe vera*) и **женско биле** (*Glycyrrhiza glabra*). Благоприятно въздействие върху здравословното състояние на водните организми имат и **семена на чиа** (*Salvia hispanica*), които подобряват растежа и имунната защита при нилска тилапия (*Oreochromis niloticus*). Включване на екстракт от **растения от семейство Макови** (Paraveraceae) в дажбата подобрява растежа и усвояването на фураж при лъчеперки (*Pangasianodon hypophthalmus*), като същевременно подобрява серумните биохимични показатели след инфекция с *Aeromonas hydrophila* [1].

5. Синбиотици

Синбиотиците са добавки, които комбинират пробиотици и пребиотици, за да засилят благоприятните ефекти на всеки компонент. През последните години комбинацията от пробиотици и компоненти, получени от растения, придобива все по-голямо значение поради положителните си ефекти върху цялостното състояние на водните организми. Ефектите на синбиотиците могат да бъдат категоризирани в три вида: адитивен (комбинираният ефект е равен на кумулативния ефект на отделните компоненти), синергичен (кумулятивният ефект на двата компонента надвишава съвкупността от индивидуалните ефекти на компонентите) и

усилващ, термин, използван за описание на свръхсинергични ефекти, които се проявяват изключително, когато двете съединения се прилагат едновременно.

Поради функционалната съвместимост между пробиотичните шамове и пребиотичните субстрати, многобройни проучвания [1] показват, че включването на синбиотици може да подобри растежа, коефициента на ефективност на храненето, храносмилателната ензимна активност, имунната функция и устойчивостта на заболявания на водните организми. Например, добавянето на *Bacillus subtilis* и GOS към фураж на тилапия (*Labeo rohita*), заразена с *Aeromonas hydrophila*, може да подобри антиоксидантната активност, вродените и адаптивни имунни реакции, да намали смъртността и да регулира експресията на имунно-свързани цитокинови гени. По подобен начин, комбинацията от *Lactobacillus acidophilus* и екстракт от листа на моринга (*Moringa*) може да подобри растежа, имунните параметри и резистентността към *Vibrio alginolyticus* и *Vibrio parahaemolyticus* при скариди (*Penaeus vannamei*). Последните изследвания подчертават потенциала на комбинирането на водорасли и чисти култури бактерии за образуване на нови синбиотични системи. Доказано е [1], че тази бактериално-микроалгиална комбинация подобрява качеството на водната среда и подобрява здравето на червата при млади каракуди (*Carassius auratus gibelio*) чрез механизми, включващи стимулиране активността на храносмилателните ензими, подобряване чревната морфология и състава на чревната микробиота, и да се отрази благоприятно върху продуктивността.

6. Начини на приложение на пробиотици, пребиотици и фитобиотици

Ефективното приложение на пробиотици, пребиотици и фитобиотици е от решаващо значение за подобряване здравословното състояние на гостоприемника (аквакултура). Често използваните методи за прилагане включват хранителен прием, добавяне към водата за отглеждане и инжектиране (Фигура 4). Изборът на метод на приложение зависи от фактори като целевия вид, етап на развитие, система на отглеждане и бионаличност и стабилност на участващите съединения. Най-широко възприетият метод на приложение е добавяне във фураж, тъй като осигурява целенасочено доставяне до стомашно-чревния тракт и по този начин води до значителни благоприятни ефекти върху здравословното състояние на водните видове.

Приложението във вода е друг често срещан подход, особено подходящ за ранните етапи от развитието на водните организми с недоразвити храносмилателни системи или в системи като технологията биофлок (Biofloc)⁵. При този метод пробиотици, пребиотици и фитобиотици се добавят директно към водата за отглеждане, за да се подобри микробният баланс и качеството на водата. Приложението на инжектиране остава ограничено, тъй като не е практично за мащабни или рутинни операции [1].

⁵ Технологията Биофлос (BFT) е екологичен метод за аквакултури, който използва гъсти съобщества от полезни бактерии, водорасли и протозои за рециклиране на хранителни вещества и пречистване на водата, намалявайки необходимостта от водообмен. Тя преобразува отпадъците, като рибни изпражнения и неизядена храна, в годни за консумация, богати на протеини микробни флокули, които служат като вторичен източник на храна, намалявайки разходите за храна с до 25%.



Фигура 4. Начини на приложение на пробиотици, пребиотици и фитобиотици при аквакултури

Пробиотиците и пребиотиците могат да се прилагат в различни форми, включително прахообразни, капсулирани, микрокапсулирани и биокапсулирани в жива храна като артемия, дафния или ротифери⁶, които се използват широко в ранните етапи на развитие на водните организми. Освен конвенционалните пробиотици с живи клетки, се появяват и алтернативни форми. Те включват топлинно инактивирани пробиотици, които могат да окажат имуностимулиращи ефекти без риск от микробен свръхрастеж, и спорообразуващи пробиотици, като *Bacillus* spp., които са силно устойчиви на неблагоприятни фактори на околната среда и условията на обработка на фуража. Ултразвуково разрушените пробиотици, които освобождават вътреклетъчни компоненти с потенциална биоактивност, привличат вниманието като нов подход във функционалните фуражи. Растителните фитобиотици могат да се прилагат като цяло растение или като отделна част (листа, корени, семена или плодове). Те могат да се използват свежи или като билков екстракт, приготвен с различни разтворители, включително вода, метанол, хлороформ и етилацетат [1].

7. Ограничения, противоречиви резултати и пропуски в изследванията

Въпреки ползите от приложението на естествени продукти за биоконтрол при отглеждане на аквакултури, има и някои ограничения. Пробиотичните щамове, изолирани от различни източници, могат да упражняват различни, специфични за щам, ефекти върху здравословното състояние на гостоприемника. Много пробиотици, прилагани при аквакултури, произхождат от сухоземни източници, а изследванията показват, че пробиотиците, с произход аквакултури, са по-подходящи, тъй като са по-добре адаптирани да оцелеят във водна среда и променливи условия на околната среда. Следователно, изборът на пробиотични щамове е съществен фактор за осигуряване на тяхната ефективност [1].

Стабилността на пробиотиците във фуражните формулировки е друг критичен фактор за тяхната ефикасност, тъй като жизнеспособността на пробиотика може да се промени от съдържанието на влага, температура и нива на окисление. Поради това, условията на

⁶ Артемията, дафнията и ротиферите са сред най-популярните живи храни за аквариумни рибки

съхранение на фуражните добавки трябва да се контролират. Да се вземе предвид разработването на нови стратегии, например техники за капсулиране или използването на по-стабилни форми на пробиотици, включително спорообразуващи щамове на *Bacillus* [1].

Друго основно предизвикателство при прилагане на пробиотици е индивидуалният отговор, който може да варира в зависимост от физиологичните характеристики на гостоприемника и околната среда. Един и същ бактериален щам може да има благоприятен ефект върху едно водно животно, но може да бъде неефективен или патогенен за друго. Следователно, всеки пробиотик трябва да бъде избран за специфичния целеви гостоприемник и условия на култивиране. Сладководните и морските видове имат различни физиологични характеристики и хранителни предпочитания, което изисква използване на специално подбрани щамове и дози пробиотици. Дозите на пробиотичните добавки и продължителността на приложението не са универсални и остават слабо стандартизирани. Повечето проучвания използват ниво на включване на пробиотици в диапазон от $10^7 - 10^{11}$ CFU/kg дажба, за периоди, вариращи от 6 дни до повече от 5 месеца. Продължителното приложение се използва често в експериментални проучвания, а дългосрочният ефект остава недостатъчно проучен. Микробните взаимодействия могат да повлияят на здравето на рибите главно чрез нарушаване на чревния микробен баланс, което увеличава чувствителността към патогени. При аквакултурните системи следва да се отчита и потенциалното въздействие върху микробните общности и биоразнообразието във водната среда [1].

Важно ограничение при употреба на пробиотици е рискът от съдържание на мобилни генетични елементи, като профаги, плазмиди и инсерционни последователности, които са основните двигатели на хоризонталния генен трансфер. Това може да доведе до разпространение на антибиотична резистентност, тъй като тези детерминанти могат да се прехвърлят между патогенни и непатогенни бактерии във водните екосистеми. Поради това, изборът на пробиотици трябва да включва интегрирана геномна характеристика чрез идентифициране на фактори на вирулентност, гени за антибиотична резистентност, за да се оцени безопасността и екологичната устойчивост във водните местообитания [1].

Ефикасността на пробиотиците е вариабилна и се влияе от факторите на околната среда и характеристиките на самите продукти за биоконтрол. Много фитобиотици са оценявани при експериментални условия, където количеството на екстрактите е строго контролирано. Съществува необходимост от оценка в голям мащаб при реални условия [1].

Сътрудничеството между изследователи, практикуващи отглеждане на аквакултури, производители на фуражи и регулаторни органи е важно за стандартизацията на дозите, а разработването на хармонизирани насоки в различните страни е от съществено значение за максималното им използване, като същевременно се гарантира тяхната безопасност за водните животни, околната среда и потребителите [1].

9. Заключение

Прилагането на пробиотици, пребиотици и фитобиотици има значителен потенциал за подобряване на растежа, стимулиране на имунната защита и повишаване на устойчивостта към различни заболявания при аквакултури. Бъдещите изследвания трябва да се фокусират върху изясняване на точните механизми, лежащи в основата на благоприятните ефекти, както и върху оптимизиране на дозировката, формулировката, продължителността и методите на приложение, съобразени с различните видове животни и етапи на развитие. От съществено значение за повишаване на тяхната ефективност е оценката на потенциалните синергични или антагонистични взаимодействия, когато тези съединения се използват в комбинация. Необходими са дългосрочни проучвания, за да се оценят възможните неблагоприятни ефекти, хоризонтален трансфер на гени или екологични рискове, особено в интензивни и отворени аквакултурни системи. Съществува и нарастващ интерес към изясняване на специфичните за щама характеристики, взаимодействията гостоприемник-микробиом и влиянието на факторите на околната среда, включително качеството на водната среда и температурата,

върху ефикасността на тези биоактивни съединения. Преодоляването на тези пропуски ще позволи интегрирането на пробиотици, пребиотици и фитобиотици в цялостна стратегия за поддържане на добро здравословното състояние на аквакултури без конвенционални химични средства [1].

10. Значение за България

По данни на Изпълнителната агенция по рибарство и аквакултури (ИАРА), към края на 2024 г. [3], общият брой на активните рибовъдни стопанства в страната е 690. От тях, 668 са за сладководни аквакултури и 22 – за морски аквакултури. През 2024 г. в специализираните рибовъдни стопанства са произведени общо 14 844 тона аквакултури (зарибителен материал, и други водни организми за консумация) – с 3,2% повече спрямо предходната година. През 2024 г. производството на риба и други водни организми за консумация е в размер на 13 251,8 тона – с 2,4% повече на годишна база.

Традиционно най-голямо е производството на риба за консумация от видовете дъгова пъстърва, шаран и пъстър толстолоб. Спрямо предходната година се наблюдава съществено нарастване на производството на риба за консумация от видовете дъгова пъстърва – с 20,9%, шаран – с 4,5%, бял толстолоб – с 36,1%, бял амур – с 20,2% и моруна – със 78,6%. През годината е отчетено производство на видове риби, които са прилов в екстензивните и полуинтензивни топловодни стопанства – платика, уклея, речен костур и червеноперка. Тези видове не са обект на целенасочено развъждане и отглеждане в аквакултурното производство.

Основният вид от морските аквакултури, отглеждани в крайбрежните акватории на страната, е черната морска мида. През 2024 г. нейното производство спада с 33,5% спрямо предходната година, до 1697,9 тона. През 2025 г. се очаква нарастване на броя на рибовъдните стопанства и съответно на производството на аквакултури.

Делът на рибите в производството на аквакултури варира от 75% до 84,5% (средно 79,1%), следвани от мекотелите с дял между 15,5% и 25% (средно 20,7%). Останалите групи организми (ракообразни, водорасли, земноводни) са представени с дял под 1%. Наблюдава се тенденция за навлизане на нови местни видове като обект на аквакултурно отглеждане. За развитие на сектора допринасят изграждането на нови стопанства, както и модернизиранието и увеличаването на производствените мощности на съществуващите стопанства [4].

В доклада на Европейския съюз “The EU Fish Market” за 2019 г. България е на предпоследно място по потребление на продукти от риба и аквакултури в ЕС, с изчислено потребление от 7,3 kg на глава от населението (по данни от 2017 г.). Средното ниво за ЕС е 24,3 kg на човек или 3,33 пъти по-високо отколкото в България. Водещи страни са Португалия с 56,8 kg на човек и Испания с 45,6 kg на човек. Доминиращият модел за консумация на риба сред населението на България е веднъж седмично. Общо над половината жители (54%) консумират риба поне веднъж седмично, 77% го правят поне няколко пъти месечно, а 89% поне веднъж на месец [4].

Изготвен е **Многогодишен национален стратегически план за аквакултурите в България (2021 – 2027)** [4], който има за цел да насърчи конкурентоспособни, устойчиви и иновативни практики за отглеждане на аквакултури. Като приоритети в плана са посочени модернизация на съществуващи стопанства, въвеждане на рециркулационни системи, развитие на устойчиви технологии и по-добро управление на ресурсите.

В плана [4] са очертани някои основни проблеми и източници на неустойчивост пред сектора в България:

- слаба връзка между научните организации и практиката;
- ограничен брой съвместни проекти в реални производствени условия и

- недостатъчен трансфер на научни резултати към производители. Осезаема е липсата на подкрепа на сектора от страна на науката в областта на иновациите, но от друга страна и рибопроизводителите не търсят научните институти за съвместна дейност. Малък е броят на проектите, изпълнявани от научни организации заедно със стопански субекти в реални производствени условия. В страната не се изграждат модерни центрове за изследвания в областта на аквакултурите, които да отговорят на изискванията и нуждите на съвременното аквапроизводство, вкл. индустриалното производство. Значителна част от резултатите от научни изследвания в областта на аквакултурите рядко достигат до реално заетите в производството и не успяват да окажат съществен принос за устойчивото развитие на аквакултурите в страната. Намалява значително провеждането на научни форуми, посветени на аквакултурите. Опити да посредничат между науката и практиката правят някои фирми, опериращи в сектора на продажба на фуражи, медикаменти, апаратура и др., които представят своите продукти пред производителите. Но тези представяния са крайно недостатъчни, за да запълнят необходимостта от знания, информираност и квалификация на заетите в сектора. Дефицит на знания в практиката има особено в диагностиката, профилактиката и лечението на болестите по рибите и другите хидробионти, в прилагане на методите за репродукция и др.
- **Източник на неустойчивост на сектора е проблемът с липсата на адекватна, навременна и достъпна ветеринарно-медицинска грижа за аквакултурите. Специалистите с професионални познания в областта на превенцията и лечението на болести по рибите и другите водни организми са малко и достъпът до тях е труден. Съответно липсват и достатъчно лаборатории в страната, които да провеждат контрол, превенция, диагностика и лечение при рибите. Това води до зачестяване на случаите на „самолечение“, нерядко завършващи с висока смъртност и съответно големи икономически загуби.**
- Друг фактор, който предизвиква неустойчивост на сектор аквакултури е недостатъчното собствено производство на фуражи. Това важи в най-голяма степен за интензивните производствени технологии, при които качеството и количеството на използваните фуражи за рибите е ключов фактор за интензификация на производството. Понастоящем фуражите за този дял от българските аквакултури е изцяло от внос, макар че в недалечното минало в България се е развивало такова производство.

Отглеждането на аквакултури представлява бързо развиващ се и обещаващ сектор за задоволяване на нуждите от храна в световен мащаб. През следващите години се очаква нарастване на броя на рибовъдните стопанства и производството на аквакултури и в България и са необходими мерки за гарантиране на устойчиво отглеждане на водните организми. Трябва да се търсят всички възможни пътища за въвеждане на принципите на кръговата икономика, като производство на местни фуражи и употреба на естествени продукти за биоконтрол при аквакултурите, с цел постигане на висока икономическа и екологична ефективност, както и социална добавена стойност. Предвид многобройните им предимства, тези фуражни добавки могат да намалят зависимостта от антибиотици и други конвенционални средства за контрол на заболяванията, като подпомагат доброто здравословно състояние и продуктивността на водните животни и да насочат производството на аквакултури към по-устойчиви практики. Употребата на алтернативни средства за контрол на патогени при аквакултури ще доведе до намаляване на риска от замърсяване на хранителните продукти и риска от разпространение на антимикробна резистентност. Както е отбелязано в плана [4], ползите от развитието на подсектор аквакултури засягат косвено, но с голямо влияние, развитието на други сектори от българската икономика като туризъм (морски, селски, екологичен, културен) и допринасят за по-здравословния начин на живот на населението.

Източници:

[1] Jouga, F.; Mourabiti, F.; Soukri, A.; de Miguel, T.; El Khalfi, B. Natural Biotics as Biocontrol Agents for Sustainable Aquaculture. Appl. Sci. 2026, 16, 2258. <https://doi.org/10.3390/app16052258>

<https://www.mdpi.com/2076-3417/16/5/2258>

[2] Food and Agriculture Organization of the United Nation, Fisheries and Aquaculture, Blue Transformation, <https://www.fao.org/fishery/en/bluetransformation>

[3] Годишен доклад за състоянието и развитието на земеделието, 2025, https://www.mzh.government.bg/media/filer_public/2025/12/08/ad_2025

[4] Хубенова, Т., Узунова, Е, Зайков, А., Марков, Я. Делчева, С., 2020. Многогодишен Национален Стратегически План за Аквакултурите в България (2021-2027). 151 стр. <https://www.eufunds.bg/bg/pmdr/node/6968>



Други информации в областта на замърсители по хранителната верига, остатъци от ветеринарни лекарствени продукти, здраве на животните и хуманно отношение към тях, фуражи и фуражни добавки могат да бъдат намерени на интернет страницата на ЦОРХВ: – <https://corhv.government.bg/>.

<https://shortlink.uk/1ovh->

<https://shortlink.uk/1tNxw>

Кратка информация: Състояние и мерки за борба с антимикробната резистентност (AMP) в сектора на аквакултурите

<https://shortlink.uk/1tNxw>

Изготвил:

д-р Виктория Монева, главен експерт, дирекция ОРХВ, ЦОРХВ,

Дата: 27.04.2026 г.