



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00671

(22) Data de depozit: 24/10/2022

(41) Data publicării cererii:
30/04/2024 BOPI nr. 4/2024

(71) Solicitant:
• SILURUS MARKET S.R.L., STR.BISERICA
ALEXE, NR.16B, SECTOR 4, BUCUREȘTI,
B, RO

(72) Inventatori:
• PETREA ȘTEFAN-MIHAI, STR.RAHOVEI,
NR.214, BRĂILA, BR, RO;
• SIMIONOV IRA-ADELINĂ,
STR.MONUMENTULUI, NR.54, DUNĂVĂȚU
DE SUS, TL, RO;

• ANTACHE ALINA, STR. IONEL FERNIC,
NR. 1, BL.Y6, SC.3, AP.44, GALAȚI, GL, RO;
• NICA AURELIA, STR.VICTOR VILCOVICI,
NR. 20, BL.L16, SC.2, AP.30, GALAȚI, GL,
RO;
• CRISTEA VICTOR, STR. BRĂILEI NR. 58,
BL. BR2, AP. 101, GALAȚI, GL, RO;
• DROGEANU RĂZVAN, STR. RECOLTEI,
NR. 11, CHITILA, IF, RO;
• OPRICĂ LĂCRĂMIOARA, STR.AURORA,
NR.3, BL.BP5, SC.B, AP.9, IAȘI, IS, RO;
• CRISTEA DRAGOȘ, STR. DOMNEASCĂ,
NR. 17, BL.B, SC.C, AP.29, GALAȚI, GL, RO

(54) **SISTEM ACVAPONIC CU SUBSTRAT PENTRU CREȘTEREA DURABILĂ A BUSUIOCULUI (*OCIMUM BASILICUM*) ȘI A STURIONULUI SIBERIAN (*ACIPENSER BAERII*)**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem acvaponic cu substrat pentru creșterea durabilă a busuiocului (*Ocimum basilicum*) și a sturionului siberian (*Acipenser baerii*) utilizând un substrat de cultură a biomasei vegetale format din cochiliile de rapane încadrat ca produs rezidual al firmelor procesatoare de carne de rapane. Sistemul acvaponic conform invenției se bazează pe un substrat obținut prin prelucrarea cochiliilor de rapane prin sortare, curățare de pietriș și alte resturi organice, fierberea cochiliilor în apă de la robinet încălzită la 100°C, timp de 80 min., pentru a reduce încărcătura microbiană, urmată de spargerea vârfului cochiliei unde se acumulează o cantitate însemnată de substanță organică, spălarea sub jet de apă și uscarea acestora, după care cochiliile sunt din nou supuse unui proces de fierbere la 100°C timp de 60 min., clătite sub jet de apă și uscate la temperatura camerei fiind astfel pregătite să fie plasate ca substrat în interiorul unităților acvaponice până la un nivel de preaplin al acestora, fiind apoi acoperite de un strat subțire de 1,5 cm grosime de argilă expandată care asigură fixarea extremității inferioare a tulpinii răsadurilor de busuioc, un tub perforat pentru aerare de forma literei U, conectat la o pompă de aerare a fost plasat în interiorul substratului la o distanță de 15 cm distanță față de fundul unității acvaponice, unitățile de creștere a biomasei piscicole de sturion fiind amplasate sub unitățile acvaponice de creștere a busuiocului și sunt alimentate cu apă prin preaplin, alimentarea cu apă realizându-se cu ajutorul unei pompe submersate de recirculare cu debit de 2000 l/h, asigurând un debit constant de 500 l/h pentru

fiecare din cele 3 unități acvaponice respectiv 1500 l/h, restul de 500 l/h fiind direcționați înapoi în unitatea de creștere, iar întreg procesul de de creștere al busuiocului și al sturionilor este monitorizat cu ajutorul unor module imagistice.

Revendicări: 3
Figuri: 21

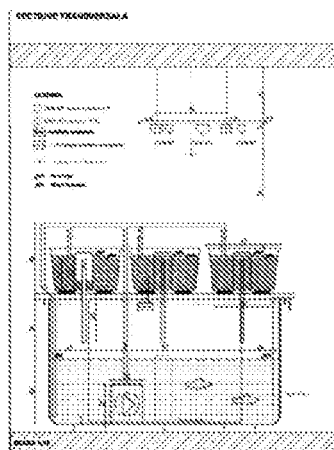


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



DESCRIEREA INVENȚIEI

SISTEM ACVAPONIC CU SUBSTRAT PENTRU CREȘTEREA DURABILĂ A BUSUIOCULUI (*OCIMUM BASILICUM*) ȘI A STURIONULUI SIBERIAN (*ACIPENSER BAERII*)

1. Motivația și domeniul de aplicare a invenției

Prezenta invenție apare ca răspuns la Orientarea Strategică pentru o Acvacultură Sustenabilă și Competitivă (OSASC) în cadrul Uniunii Europene (UE) în perioada 2021-2030, elaborată de către CE în data de 12.05.2021, care încurajează dezvoltarea și promovarea metodelor și tehnicilor de producție precum acvacultura multi-trofică și sistemele de acvacultură multitrofică integrată (SAMI), în cadrul cărora se încadrează sistemele acvaponice de producție. De asemenea, practicarea acvaculturii multi-trofice este reliefată drept o soluție menită să asigure o îmbunătățire a sustenabilității de mediu și a celei economice, propusă spre a fi adoptată în scară largă, la nivelul UE, și în cadrul Comunicatului privind economia albastră sustenabilă.

Invenția constă în dezvoltarea unui sistem acvaponic menit să asigure creșterea durabilă a busuiocului (*Ocimum basilicum*) și a sturionului siberian (*Acipenser baerii*) prin:

1. prelucrare și integrarea, ca substrat acvaponic, a cochiliilor de rapane (*Rapana venosa*), considerate produse reziduale în industria alimentară.
2. integrarea unui modul imagistic, capabil să preia imagini cu materialul piscicol și vegetal, ce pot fi folosite pentru estimarea creșterii biomasei de cultura (cea de busuioc și cea de sturioni siberieni), în vederea stabilirii cantității de hrană ce urmează a fi administrată materialului piscicol, fără a necesita cântăriri intermediare regulate a acestuia, în acest scop.

Astfel, primul rol al invenției este acela de a crește sustenabilitatea sistemelor acvaponice prin folosirea produselor reziduale (cochiliile de rapane) rezultate în urma unui proces de producție (procesarea rapanelor), ca element esențial (substrat acvaponic de creștere a busuiocului) în cadrul altui proces de producție (producția de busuioc în regim acvaponic și, drept urmare, susținerea procesului de fitoremediere în cadrul sistemelor acvaponice). Al doilea rol al invenției este acela de a oferi datele imagistice necesare pentru stabilirea cantității de furaj necesare a fi administrate, prevenind astfel stresul provocat peștilor de cântăririle necesare pentru determinarea biomasei în vederea calculării cantității de furaj ce urmează a fi administrată, în raport cu rația procentuală de furajare (% din biomasa pisciolă ce urmează a fi furajată).

2. Stadiului cunoscut al tehnicii în domeniul obiectului invenției

Este cunoscut faptul că există o multitudine de substraturi acvaponice consacrate ce sunt folosite în cadrul sistemelor acvaponice în vederea asigurării dezideratelor principale și anume acelea de a oferi stabilitate materialului vegetal de-a lungul procesului de producție și, de asemenea, de a facilita menținerea concentrației necesare de nitraților pentru creșterea materialului vegetal, prin menținerea procesului de nitrificare (oxidarea amoniului existent în apă ca urmare a practicării acvaculturii, la forma de nitrit și a nitriților la nitrați, în prezența bacteriilor nitrificatoare ce se dezvoltă de-a lungul procesului de producție). Cu toate acestea, aceste substraturi de creștere sunt fie costisitoare (ex. bile de argilă expandată, perlit, rocă vulcanică), greu de manevrat (ex. pietriș) sau necesită a fi schimbate din cauza degradării la care sunt supuse în timp (ex. sfărâmarea perlitului). Este cunoscut faptul că au fost testate recent, la nivel internațional, substraturi precum cojile de sămburi sau nucă de cocos, dar durata de folosire a acestora rămâne limitată datorită structurii acestora în condițiile menținerii în regim continuu de submersie, de-a lungul ciclului de producție.

De asemenea, se cunosc multiplele preocupări legate de utilizarea tehnicilor inteligente de recunoaștere vizuală pentru optimizarea proceselor tehnologice în acvacultură. Cu toate acestea, modul de prelevare a imaginilor cu biomasa piscicolă și cea vegetală este variat. S-au folosit camere subacvatice costisitoare, sisteme complexe dotate cu senzori de proximitate/sonare și camere sau tuneluri subacvatice prevăzute cu echipamente submerse de captare a imaginii. Cu toate acestea, necesitatea unui design simplu, ușor de implementat, accesibil ca preț și versatil, pentru prelevarea de imagini conforme cu materialul piscicol și vegetal, în vederea prelucrării ulterioare a acestora utilizând tehnici de recunoaștere vizuală este evidentă.

3. Problema tehnică pe care o rezolva invenția

Astfel, problemele tehnice pe care le rezolvă invenția implică două direcții și anume:

1. oferirea unei soluții sustenabile de substrat acvaponic provenit din categoria produselor reziduale, capabil să asigure performante de creștere, calitate și capacitate de fitoremediere asociată biomasei de busuioc, asemănătoare cu cele asigurate de substraturile de creștere convenționale;
2. oferirea unei soluții simple, accesibile din punct de vedere al prețului, pentru prelevarea imaginilor cu biomasa piscicolă și vegetală crescute într-un sistem acvaponic integrat, în vederea folosirii acestora pentru identificarea sporului de creștere cu ajutorul diverselor tehnici de recunoaștere vizuală.

4. Prezentarea sistemului acvaponic cu substrat pentru creșterea durabilă a busuiocului (*Ocimum basilicum*) și a sturionului siberian (*Acipenser baerii*)

Sistemul acvaponic constă în poziționarea unităților acvaponice la un nivel superior unităților de creștere a biomasei piscicole, asigurând astfel posibilitatea de evacuare gravitațională a apei, printr-o instalație tip preaplin. Alimentarea apei este realizată prin intermediul unei pompe submersate, de recirculare, ce funcționează cu un debit de 2000 L/h, asigurând astfel un debit constant de 500 L/h pentru fiecare unitate acvaponică (3 unități x 500 L/h = 1500 L/h), restul celor 500 L/h fiind direcționați către un traseu ce conduce volumul de apă rămas nefolosit, înapoi, în unitatea de creștere. Fiecare alimentare a unităților acvaponice este dotată cu robinet de reglare a debitului. De asemenea, instalația ce asigură deversarea surplusului de apă, rezultat în urma pompării, înapoi, în unitățile de creștere, este dotată cu robinet de control a debitului. Acest lucru permite controlul debitului (creșterea sau scăderea acestuia) de alimentare a modulelor acvaponice, de-a lungul procesului de producție, în funcție de specificul tehnologiei aplicate (ex. necesarul de nutrienți ai biomasei vegetale; calitatea apei tehnologice din sistemul acvaponic, la un moment dat, în cadrul procesului tehnologic).

Inovația la nivelul sistemului constă, în primul rând, în folosirea unui substrat de creștere inovativ reprezentat de cochiliile de rapane (*Rapana venosa*), considerate produse reziduale în industria alimentară. Substratul de creștere la nivelul unui sistem acvaponic are funcție multiplă, de susținere a biomasei vegetale (de busuioc, în cazul de față) dar, în același timp, joacă și rolul de filtru biologic, întrucât servește ca substrat de creștere pentru dezvoltarea bacteriilor nitrificatoare, ce asigură oxidarea amoniului la forma de nitriți și a nitriților în formă de nitrați, compuși necesari în special plantelor cu frunze verzi (precum salata, spanacul sau, în cazul de față busuiocul) pentru asigurarea unei creșteri sănătoase.

Astfel, inovația privind folosirea cochiliilor de rapane drept substrat de creștere în acvaponie include și elaborarea unei tehnologii de pregătire a acestora. Cochiliile de rapane încadrate ca produs rezidual de către firma de procesare Interfrig Fish – Cataloi, Tulcea, au fost preluate în saci și transportate la Departamentul de Știința Alimentelor, Ingineria Alimentelor, Biotehnologii și Acvacultură din cadrul Facultății de Știința și Ingineria

Alimentelor, Universitatea "Dunărea de Jos", Galați unde au fost sortate în vederea excluderii diverselor resturi de cochilii sparte sau alte elemente (ex. pietriș, resturi organice) ce s-au strecurat sau au rămas la nivelul acestora (Figura 1). Apoi, cochiliile de rapane au fost curățate în exterior cu dispozitive abrazive (perii de sârmă) pentru a putea îndepărta eventualele depozite de minerale și alte elemente, prezente la nivelul acestora. Următoarea etapă a procesului de pregătire a substratului a implicat fierberea în apă de la robinet a cochiliilor (temperatura de 100°C) timp de 80 minute, pentru a reduce încărcarea microbiană la nivelul acestora și pentru a facilita îndepărtarea ulterioară a resturilor organice din interiorul acestora. Cochiliile au fost scoate la uscat, la temperatura camerei, și cu ajutorul unei pense curbate au fost îndepărtate resturile organice în măsura în care acest lucru a fost posibil, întrucât conformația unor exemplare de cochilii nu a permis acest lucru.

Este cunoscut faptul că o cantitate semnificativă de substanță organică este acumulată la nivelul vârfului cochiliei (apex), în interiorul acesteia. Acest lucru face imposibilă îndepărtarea acesteia fără a sparge vârful cochiliei. Astfel, următorul pas al prelucrării cochiliilor în vederea folosirii acestora drept substrat inovativ a implicat spargerea vârfului acestora (Figura 2) și spălarea suprafeței rămase din cochilie, sub jet de apă. Cochiliile au fost supuse iar, unui proces de fierbere pentru reducerea încărcăturii microbiene rămase (100°C temperatura apei, timp fierbere 60 minute) și apoi au fost scoase, clătite sub jet de apă, uscate la temperatura camerei și plasate în interiorul unităților acvaponice (Figura 1) până la un nivel de preaplin al acestora, fiind apoi acoperite de un strat subțire, de 1,5 cm grosime, de argilă expandată, ce asigură fixarea extremității inferioare a tulpinii răsadurilor de busuioac. Un tub perforat pentru aerare, de forma literei U, a fost conectat la o pompă de aerare și plasat în interiorul substratului inovativ, la o distanță de 15 cm față de fundul unității acvaponice.

Întrucât sistemul nou creat implică și poziționarea unor module imagistice în vederea prelevării pozelor cu material piscicol și vegetal pentru a fi supuse unor prelucrări ulterioare, utilizând tehnici consacrate ce vor indica în timp real dinamica creșterii și posibile deficiențe (în cazul biomasei vegetale), designul menit să asigure captarea unor imagini potrivite este esențial. Astfel, designul inovativ al modulelor imagistice, de preluare a imaginilor la nivelul biomasei piscicole, constă în poziționarea unui perete de separare, confecționat din material pexiglas, incolor, de o grosime de 5 mm, perpendicular cu fundul unității de creștere, de o înălțime superioară cu 5 cm față de nivelul apei existent cadrul acesteia, la o distanță de 38 cm față de peretele lateral de prindere și la 24 cm față de pereții laterali din extremități (Figura 3, Figura 4, Figura 5). În capetele laterale ale peretelui separator, din pexiglas, sunt inserate tuburi rigide de plastic, tăiate longitudinal, în vederea protejării materialului sturionicol de un eventual impact fizic ce poate provoca leziuni la nivelul tegumentului. La o distanță de 35 cm față de luciul de apă, în planul superior acestuia, este poziționată o cameră de profunzime Intel® RealSense Depth Camera D455, legată la un microcontroler RaspberryPi (RPi), conectat la o rețea WiFi cu ajutorul unui router ce facilitează comunicarea acestora cu un server principal. De asemenea, a fost configurat router-ul pentru atribuirea de adrese statice atât pentru server, cât și pentru RPi-uri pe baza adreselor MAC. Pentru achiziția datelor a fost creat un script pentru captarea imaginilor rezultate din folosirea camerelor V2. A fost creat un script pentru captarea imaginilor și extragerea de informații adiționale de la camerele Intel Realsense, pentru care au fost necesare configurarea camerei, captarea și alinierea frame-urilor pentru extragerea imaginilor și a informațiilor de adâncime utile pentru măsurarea peștilor și a plantelor și urmată de calibrarea informațiilor depth utilizând parametrul scale. De asemenea, pentru fiecare RPi a fost setat serviciul *cronjob* pentru execuția scripturilor la intervale prestabilite de timp. Pentru transferul datelor colectate au fost configurate conexiunile SSH dintre server și RPi-uri. Stocarea datelor achiziționate se face pe SD card-ul microcontrolerului și acestea pot fi accesate de la distanță. Imaginile luate

cu ajutorul modulului imagistic acoperă numai zona delimitată de peretele separator. Poziționarea acestuia este importantă pentru a dirija sturionii să înoate de-a lungul peretelui bazinului, în zona acoperită de câmpul vizual al camerei, fapt ce asigură captarea în imagini cu materialului sturionicol într-o poziție relativ paralelă cu peretele bazinului și nu perpendiculară, fapt necesar pentru prelucrarea ulterioară. De asemenea, distanța limitată dintre peretele unității de creștere și peretele de separare împiedică întoarcerea sau aglomerarea excesivă a materialului sturionicol, în timpul înotului, în zona din câmpul vizual al camerei, prevenind suprapunerea sturionilor în imagini, deziderate urmărite pentru a asigura o calitate optimă a materialului imagistic ce urmează a fi supus prelucrării.

Designul inovativ al modulelor imagistice, de preluare a imaginilor la nivelul biomasei vegetale, are drept deziderat identificarea în timp real a ritmului de creștere și a eventualelor deficiențe nutriționale ce pot apărea la nivelul culturii de busuioc. Astfel, camerele folosite pentru preluarea imaginilor în vederea identificării posibilelor deficiențe la nivelul suprafeței foliare a busuiocului sunt V2 și HQ (16mm) de la RPi, în timp ce pentru identificarea parametrilor de creștere (suprafața foliară totală și înălțimea plantei) s-a folosit o cameră de profunzime Intel® RealSense Depth Camera D455. Modulul format din cele 3 camere, conectate la 2 microcontrolere RPi, este poziționat deasupra unităților de iluminat, la distanță de 79cm față de substratul de creștere al busuiocului (Figura 6).

În vederea optimizării calității imaginilor, atât în cazul modulului imagistic pentru biomasa piscicolă, cât și a celui pentru biomasa vegetală, s-au stabilit 8 intervale de timp scurte, de 20 min, de-a lungul cărora camerele video vor prelua imagini cu biomasa piscicolă, timp în care luminile folosite pentru creșterea busuiocului se vor stinge, iar becuri cu led Philips® E27/13W/230V 2700K se vor aprinde, acțiuni posibile cu ajutorul prizelor cu timer la care ambele surse de iluminat sunt conectate (Figura 7).

5. Testarea experimentală a sistemului acvaponic cu substrat pentru creșterea durabilă a busuiocului (*Ocimum basilicum*) și a sturionului siberian (*Acipenser baerii*)

Testarea experimentală a sistemului a debutat cu activitatea de activare a substratului de creștere. Întrucât substratul inovativ revendicat în cadrul prezentei cereri de brevet și anume cel constituit din cochilii de rapane se dorește a fi un înlocuitor pentru substratul convențional utilizat în cadrul sistemelor acvaponice iar argila expandată este cel mai cunoscut substrat acvaponic convențional, s-a luat decizia efectuării unei analize comparative între cele două substraturi în cauză. Astfel, s-au realizat două variante experimentale, în duplicat, (SR – varianta cu substrat format din cochilii de rapane și SH – varianta cu substrat de argilă expandată). Cele două substraturi au fost montate în patru sisteme acvaponice diferite, fără material piscicol, pentru început. Activarea biologică a substratului a fost realizată folosind bacterii Bio-Digest® (administrarea a 2 fiole, la un interval de 12 zile, una față de cealaltă) și adaos zilnic de clorură de amoniu (10 mg/L), timp de 47 zile calendaristice. Compușii azotului (N-NH₄, N-NO₂, respectiv N-NO₃) au fost monitorizați cu ajutorul sistemului de senzori Libelium® Smart Water Sensor Platform Adds Ion Monitoring. Pompa submersă de recirculare, plasată în interiorul unității de creștere destinată a fi populată cu biomasa piscicolă, a fost pornită și recircularea apei între unitățile acvaponice și unitățile piscicole a fost menținută timp de 47 zile, în vederea asigurării condițiilor optime de formare a filmului de bacterii nitrificatoare la nivelul substratului inovativ format din cochilii de rapane. Astfel, rezultatele obținute în urma monitorizării procesului de activare a substratului inovativ-SR (cochilii de rapane) indică necesitatea asumării unei perioade mai îndelungate pentru activarea completă a acestuia, comparativ cu substratul consacrat, de argilă expandată (SH). Astfel, N-NH₄ a înregistrat o valoare medie superioară, de 10,62±6,27mg/L în cazul SR,

comparativ cu $6,55 \pm 3,95 \text{ mg/L}$ în SH, de-a lungul unei perioade de activare de 47 zile. De asemenea, startarea mai îndelungată a SR, comparativ cu SH, este reliefată de valorile medii inferioare înregistrate de substratul inovativ în cazul N-NO₂ ($3,04 \pm 2,63 \text{ mg/L}$), respectiv N-NO₃ ($8,43 \pm 3,76 \text{ mg/L}$), comparativ cu $4,15 \pm 2,15 \text{ mg/L}$ N-NO₂, respectiv $20,22 \pm 8,67 \text{ mg/L}$ N-NO₃ în cazul SH. Evoluția concentrației de N-NH₄, N-NO₂ și, N-NO₃ înregistrată la nivelul apei (Figura 8) indică abilitatea SR de a fi folosit drept substrat în cadrul sistemelor de producție piscicolă, acesta având reale proprietăți de biofiltrare a apei, dar necesitând un timp mai îndelungat în vederea activării, comparativ cu SH.

După 47 de zile, întreg volumul de apă de la nivelul celor 4 sistemelor acvaponice a fost înlocuit cu apă dechlorinată, în condițiile menținerii nivelului de recirculare. Sistemele au fost populate cu biomase diferite de sturioni (sistemele A-SH și A-SR au fost populate cu sturioni cu biomasă individuală medie de $51,00 \pm 5,3 \text{ g/ex}$, la o densitate de stocare de $2,56 \text{ kg/m}^3$, biomasă totală de 2,05 kg, în timp ce sistemele B-SH și B-SR au fost populate cu exemplare cu material sturionicol cu o biomasă individuală de $30,93 \pm 3,72 \text{ g/ex}$, biomasă totală de 1,24 kg, la o densitate de stocare de $1,55 \text{ kg/m}^3$. De-a lungul perioadei de testare, s-a aplicat o rație de furajare de 1,5% din biomasă totală sturionicolă, ceea ce se rezumă la o cantitate totală de hrană administrată de 2,49 kg pentru fiecare din sistemele A-SH, respectiv A-SR și 1,55 kg pentru fiecare din sistemele B-SH și B-SR. Răsadurile de busuioc au fost plantate la nivelul unităților acvaponice (densitatea de cultură 70 plante/m²), în total 51 plante pe sistem (17 plante x 3 unitati acvaponice).

Acest design experimental de testare a sistemului inovativ a fost adoptat, având drept fundament următoarele considerente: 1. identificarea potențialului substratului SR de a asigura creșterea busuiocului, calitatea și capacitatea de fitoremediere a acestuia în diverse scenarii tehnologice de producție, date în cazul de față de input-uri variate de furaj (respectiv nutrienți) în cadrul sistemului multi-trofic integrat; 2. identificarea abilității sistemului imagistic de a capta imagini optime, cu biomasă sturionicolă (în diverse stadii de dezvoltare) și cea vegetală (crescută cu input-uri diferite de nutrienți), destinate spre a fi trimise pentru prelucrare în vederea identificării parametrilor de creștere (valabil pentru ambele biomase) și a posibilelor deficiențe nutriționale (valabil numai pentru biomasă de plante).

Astfel, perioada experimentală a durat 43 zile, la sfârșitul căroră, din punct de vedere a înălțimii medii a busuiocului, variantele cu substrat inovativ (SR) au obținut valori superioare (A-SR: $61,41 \pm 10,24 \text{ cm}$; B-SR: $43,67 \pm 5,60 \text{ cm}$) comparativ cu variantele cu substrat convențional (A-SH: $57,68 \pm 8,97 \text{ cm}$; B-SH: $39,44 \pm 6,43 \text{ cm}$) (Figura 9). De asemenea, această situație a fost confirmată de numărul total de frunze per plantă (A-SR: 105 ± 42 frunze, A-SH: 100 ± 32 frunze; B-SR: 87 ± 26 frunze; B-SH: 81 ± 31 frunze) (Figura 9), biomasă individuală medie (A-SR: $35,24 \pm 14,43 \text{ g}$; A-SH: $27,27 \pm 8,99 \text{ g}$; B-SR: $22,97 \pm 8,05 \text{ g}$; B-SH: $19,21 \pm 4,71 \text{ g}$) (Figura 10), suprafața foliară totală per plantă (A-SR: $6143,28 \pm 3568,16 \text{ cm}^2$; A-SH: $5629,86 \pm 2813,59 \text{ cm}^2$; B-SR: $4123,49 \pm 2095,14 \text{ cm}^2$; B-SH: $3732,13 \pm 2630,10 \text{ cm}^2$) (Figura 11) și raportul biomasă parte aeriană/biomasă rizosferă (A-SR: $0,30 \pm 0,05$; A-SH: $0,33 \pm 0,08$; B-SR: $0,25 \pm 0,07$; B-SH: $0,24 \pm 0,07$) (Figura 12). Se observă faptul că utilizarea substratului inovativ format din cochilii de rapane (SR) asigură indicatori superiori de creștere, în ambele scenarii tehnologice (A și B), comparativ cu utilizarea substratului convențional format din argilă expandată. Cu toate acestea, diferențe semnificative din punct de vedere statistic ($p < 0,05$) între variantele ce folosesc diferite substraturi de creștere sunt înregistrate numai în cazul biomasei individuale medii a busuiocului.

Calitatea producției de busuioc a fost determinată prin evaluarea concentrației de fosfor (P), calciu (Ca), magneziu (Mg), fier (Fe), potasiu (K), polifenoli și flavonoide la nivelul biomasei foliare a busuiocului.

Astfel, în ceea ce privește concentrația de P din biomasă foliară, acesta a înregistrat o valoare de $87,84 \pm 7,04 \text{ mg/100g}$ frunze proaspete (FW) în cazul A-SR și $58,73 \pm 3,57 \text{ mg/100g}$

FW la B-SR, comparative cu $84,10 \pm 5,48$ mg/100g FW la A-SH și $51,91 \pm 2,95$ mg/100g FW la B-SH (Figura 13). De asemenea, valori superioare pentru variantele experimentale cu substrat inovativ, format din cochili de rapane, se înregistrează și în ceea ce privește concentrația de Ca (A-SR: $195,73 \pm 17,04$ mg/100g FW; A-SH: $190,77 \pm 20,45$ mg/100g FW; B-SR: $144,82 \pm 25,25$ mg/100g FW; B-SH: $139,98 \pm 23,72$ mg/100g FW) (Figura 14), de K (A-SR: $359,67 \pm 7,59$ mg/100g FW; A-SH: $329,11 \pm 8,28$ mg/100g FW; B-SR: $320,46 \pm 3,41$ mg/100g FW; B-SH: $305,52 \pm 2,10$ mg/100g FW) (Figura 15), de Mg (A-SR: $93,57 \pm 4,28$ mg/100g FW; A-SH: $86,58 \pm 3,08$ mg/100g FW; B-SR: $76,66 \pm 2,30$ mg/100g FW; B-SH: $70,72 \pm 2,29$ mg/100g FW) (Figura 16) și de Fe (A-SR: $3,74 \pm 0,24$ mg/100g FW; A-SH: $3,54 \pm 0,19$ mg/100g FW; B-SR: $3,38 \pm 0,22$ mg/100g FW; B-SH: $3,17 \pm 0,18$ mg/100g FW) (Figura 17). Concentrațiile superioare de nutrienți înregistrate în biomasa foliară a busuiocului crescut în cadrul sistemelor acvaponice cu substrat inovativ format din cochili de rapane relevă calitatea superioară a biomasei vegetale în condițiile aplicării soluției revendicate prin intermediul prezentei cereri de brevet. Aceasta concluzie este o confirmată de concentrațiile în polifenoli (A-SR: $0,157 \pm 0,013$ mg GAE/g; A-SH: $0,144 \pm 0,015$ mg GAE/g; B-SR: $0,126 \pm 0,005$ mg GAE/g; B-SH: $0,119 \pm 0,003$ mg GAE/g) și flavonoide (A-SR: $0,089 \pm 0,003$ mg CE/g; A-SH: $0,074 \pm 0,007$ mg CE/g; B-SR: $0,068 \pm 0,0054$ mg CE/g; B-SH: $0,064 \pm 0,001$ mg CE/g) (Figura 18).

De-a lungul perioadei experimentale au fost monitorizate concentrațiile de compuși ai azotului ($N-NH_4$, $N-NO_2$, $N-NO_3$) din apă, atât la intrarea în unitățile acvaponice, cât și la ieșirea apei de la nivelul acestora, în vederea identificării ratei procentuale de retenție. Astfel, se observă valori medii inferioare a ratelor de retenție a $N-NH_4$ în dreptul variantelor unde a fost aplicată soluția inovativă de substrat de cochili de rapane (A-SR: $19,58 \pm 9,47\%$, B-SR: $18,95 \pm 12,88\%$), comparativ cu variantele experimentale unde a fost utilizat substrat acvaponic consacrat, de argilă expandată (A-SH: $20,75 \pm 11,1\%$, B-SH: $26,53 \pm 12,61\%$) (Figura 19). Prezența situație este confirmată și prin valorile ratei procentuale de retenție a $N-NO_3$ (A-SR: $2,02 \pm 0,02\%$, B-SR: $4,11 \pm 0,14\%$, A-SH: $3,16 \pm 0,22\%$, B-SH: $4,22 \pm 0,93\%$) (Figura 19). Cu toate acestea, procentul de retenție a $N-NO_2$ este superior în dreptul variantele cu substrat inovativ, de cochili de rapane (A-SR: $10,15 \pm 29,47\%$, B-SR: $21,14 \pm 10,14\%$), comparativ cu cele cu substrat de argilă expandată (A-SH: $19,23 \pm 10,19\%$, B-SH: $15,20 \pm 9,04\%$) (Figura 19).

Identificarea abilității sistemului imagistic de a capta imagini optime, cu biomasa sturionicolă (în diverse stadii de dezvoltare) și cea vegetală (crescută cu input-uri diferite de nutrienți) a fost testată de-a lungul perioadei experimentale. Astfel, în Figura 20 este prezentată o imagine captată cu modulul imagistic destinat biomasei sturionicole și supusă procesării ulterioare, cu succes, în timp ce în Figura 21 este prezentată o imagine captată cu modulul imagistic destinat biomasei de vegetale, busuioc, și supusă, de asemenea, cu succes, prelucrării ulterioare.

6. Avantajelor rezultate din aplicarea invenției

Drept concluzie, se poate afirma faptul că sistemul acvaponic cu substrat pentru creșterea durabilă a busuiocului (*Ocimum basilicum*) și a sturionului siberian (*Acipenser baerii*) prezintă o serie de avantaje. Astfel, un prim avantaj este legat de posibilitatea de a implica produse reziduale, din industria alimentară, în cadrul design-ului, fapt ce conferă o creștere a sustenabilității economice (costurile cu achiziția de substrat de creștere scad) a sistemelor acvaponice, cât și o creștere a sustenabilității de mediu (scăderea cantității de produse reziduale). De asemenea, substratul inovativ, format din cochili de rapane, este ușor de manipulat și accesibil spre a fi găsit în România, în special, deoarece există cantități considerabile de rapane ce sunt pescuite din Marea Neagră în vederea procesării ulterioare.

Un alt avantaj al sistemului propus este legat de parametrii de creștere a materialului vegetal, în cazul de față, a busuiocului. Astfel, conform celor prezentate mai sus, în urma testărilor realizate s-a constatat că folosirea cochiliilor de rapane ca substrat acvaponic pentru creșterea busuiocului conduce la maximizarea parametrilor de creștere a biomasei vegetale, comparativ cu performanțele înregistrate în alte sisteme acvaponice în cazul cărora a fost folosit substrat convențional de creștere (bile de argilă expandată), diferențe semnificative statistic ($p < 0.05$) înregistrându-se în special în cazul valorilor biomasei individuale medii a plantelor.

De asemenea, în urma analizelor efectuate pe materialul vegetal rezultat în urma testărilor întreprinse și prezentate anterior, plantele de busuioc crescute folosind sistemul bazat pe substrat acvaponic format din cochili de rapane prezintă o calitate superioară celor crescute în sisteme acvaponice ce folosesc substrat convențional, fapt reliefat prin valorile superioare de P, Ca, Mg, Fe, K, polifenoli și flavonoide.

În ceea ce privește capacitatea de control a calității apei reliefată prin rata de retenție a compușilor azotului (N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃), sistemul inovativ propus în actuala cerere de brevet a înregistrat performanțe asemănătoare celor raportate de sistemele bazate pe substraturi acvaponice convenționale.

Modulele imagistice de observație a biomasei sturionice și vegetale (de busuioc), au arătat capacitate excelentă de a prelua imagini optime ce pot fi prelucrate cu succes folosind tehnici de recunoaștere vizuală.

Trebuie precizat faptul că toate avantajele identificate și expuse au fost rezultate în urma etapei de testare, considerând două scenarii tehnologice diferite (A – pești mari, cantitate ridicată de hrană administrată și B – pești mici, cantitate mai scăzută de hrană administrată), fapt ce confirmă aplicabilitatea la nivel universal, indiferent de tehnologia aplicată, a sistemului inovativ propus.

REVENDICĂRI

SISTEM ACVAPONIC CU SUBSTRAT PENTRU CREȘTEREA DURABILĂ A BUSUIOCULUI (*OCIMUM BASILICUM*) ȘI A STURIONULUI SIBERIAN (*ACIPENSER BAERII*)

1. **Metodă de prelucrare a cochiliilor de rapane** (*Rapana venosa*), considerate produse reziduale în industria alimentară, spre a fi utilizate ca și integrarea, ca substrat acvaponic în cadrul sistemelor multi-trofice integrate de producție.
2. **Sistem acvaponic cu substrat format din cochilii de rapane** provenite din rezidurile fabricilor alimentare de procesare, pentru creșterea durabilă a busuiocului (*Ocimum basilicum*) și a sturionului siberian (*Acipenser baerii*).
3. **Modul imagistic pentru observația biomasei sturionice și a celei vegetale, integrat în sistem acvaponic cu substrat**, pentru creșterea durabilă a busuiocului (*Ocimum basilicum*) și a sturionului siberian (*Acipenser baerii*).





Figura 1. Sortarea, curățarea, uscarea după fierbere și plasarea în unitățile acvaponice a cochiliilor de rapane

A handwritten signature or mark in the bottom right corner of the page.

5

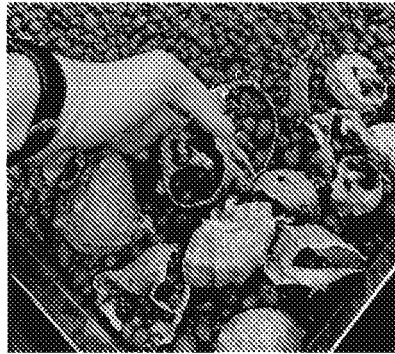


Figura 2. Cochiliile de rapane cu vârfurile sparte, în momentul plasării acestora în unitățile acvaponice

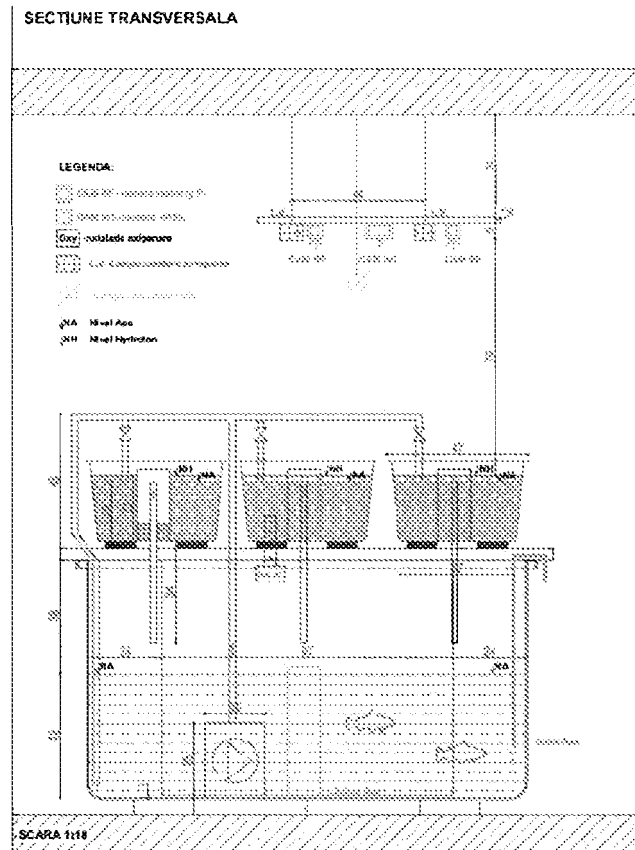


Figura 3. Secțiune transversală design sistem acvaponic

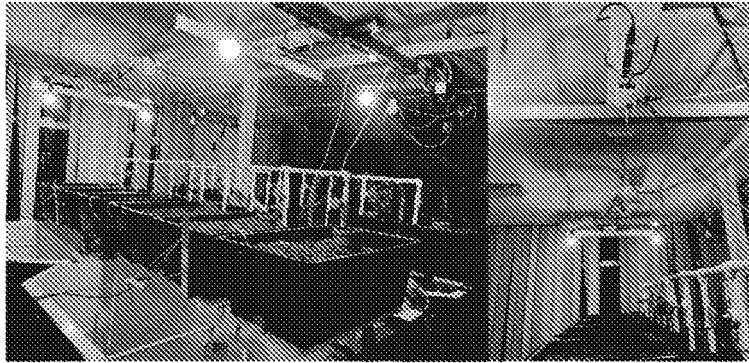


Figura 6. Modul imagistic de preluare a imaginilor cu biomasa vegetală, de busuioc

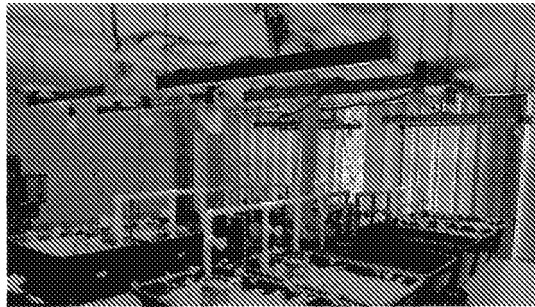
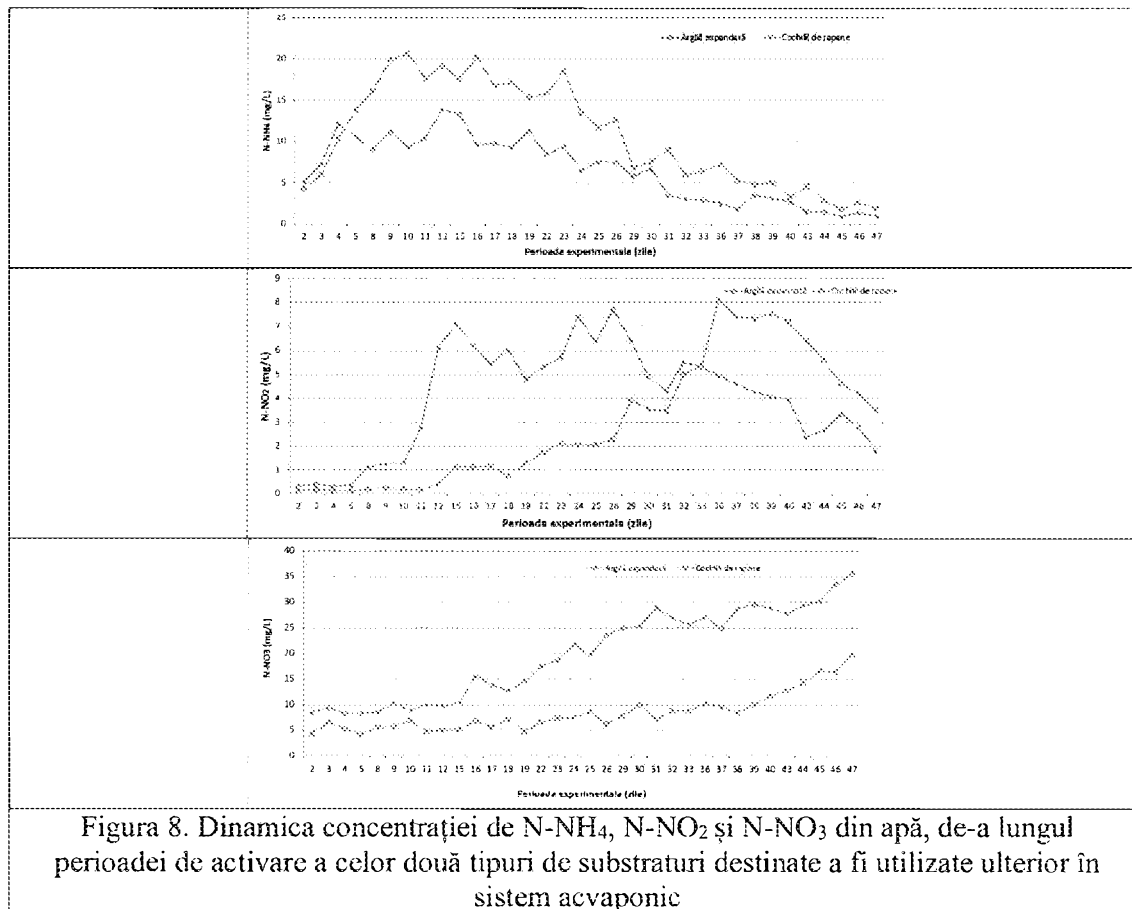


Figura 7. Sistemul de lumini integrat în cadrul celor două module imagistice



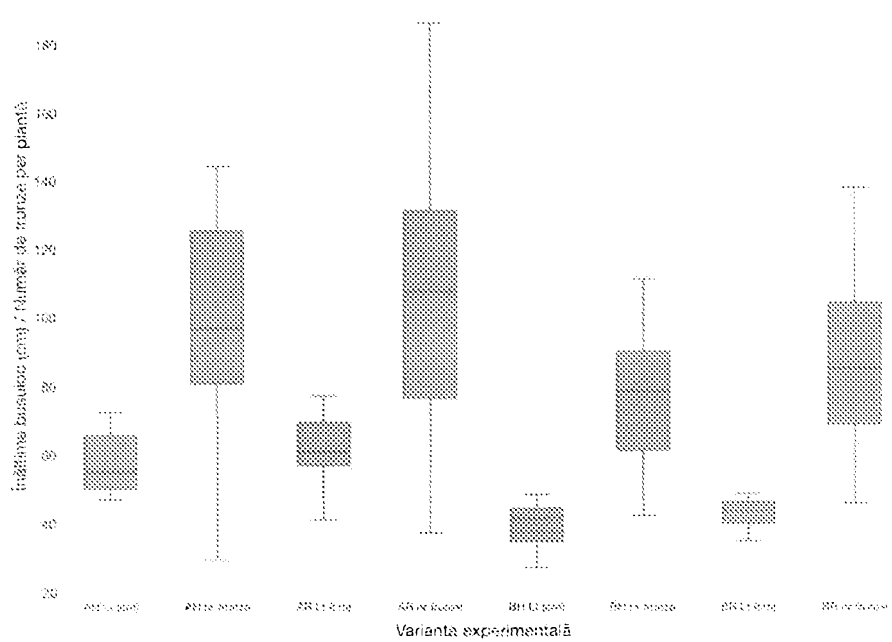


Figura 9. Înălțimea plantei și numărul de frunze per plantă pentru busuiocul crescut în condiții acvaponice, folosind sistemul acvaponic bazat pe substrat inovativ (SR) și un sistem acvaponic cu substrat convențional (SH), în diverse scenarii tehnologice (A-administrare cantitate ridicată de hrană, B- administrare cantitate scăzută de hrană)

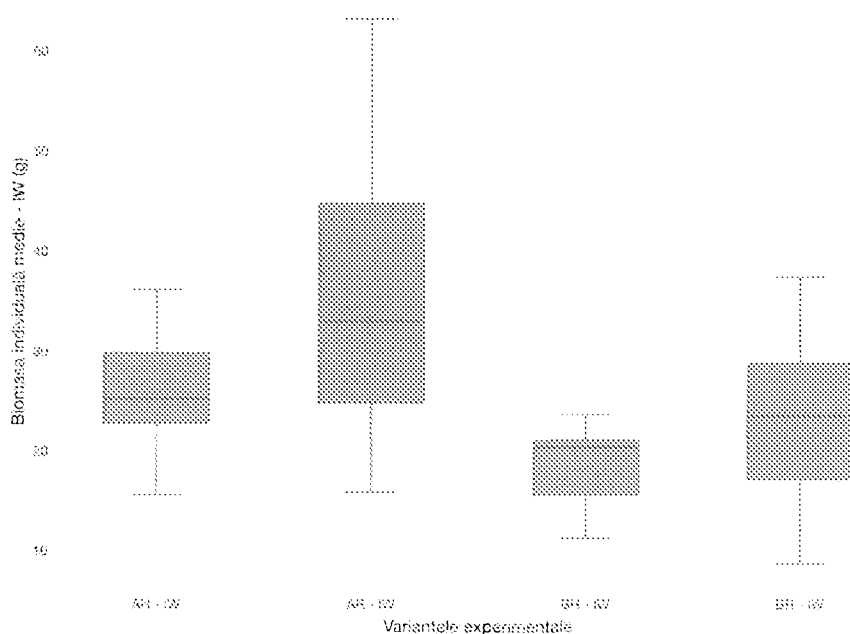


Figura 10. Biomasa individuală medie pentru busuiocul crescut în condiții acvaponice, folosind sistemul acvaponic bazat pe substrat inovativ (SR) și un sistem acvaponic cu substrat convențional (SH), în diverse scenarii tehnologice (A-administrare cantitate ridicată de hrană, B- administrare cantitate scăzută de hrană)

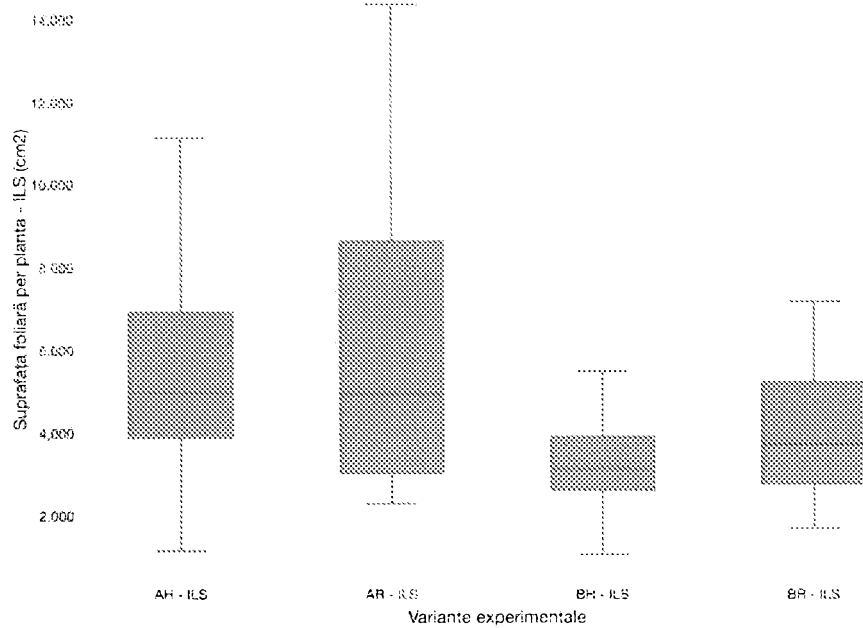


Figura 11. Suprafața foliară per plantă pentru busuiocul crescut în condiții acvaponice, folosind sistemul acvaponic bazat pe substrat inovativ (SR) și un sistem acvaponic cu substrat convențional (SH), în diverse scenarii tehnologice (A-administrare cantitate ridicată de hrană, B- administrare cantitate scăzută de hrană)

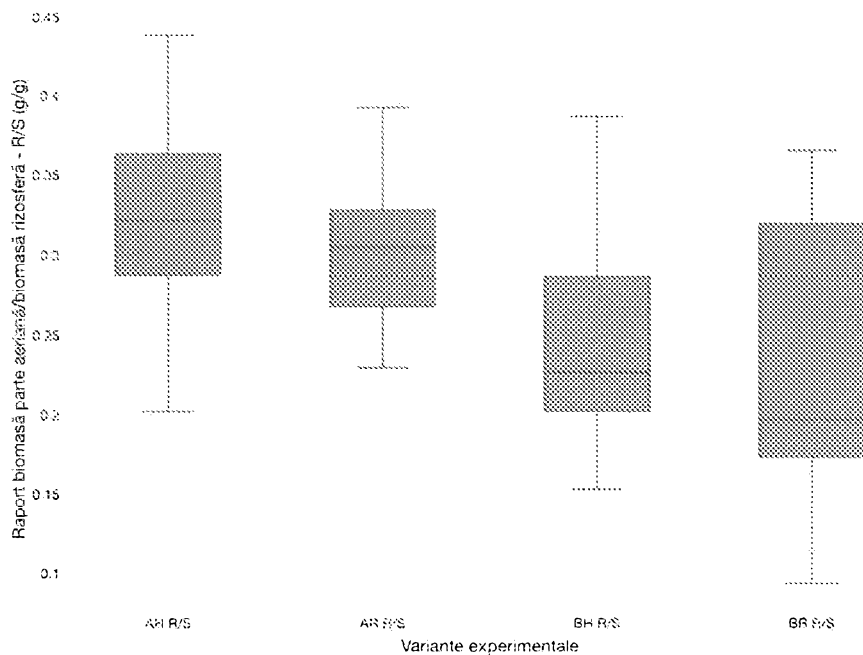


Figura 12. Raport biomasă parte aeriană/biomasă rizosferă pentru busuiocul crescut în condiții acvaponice, folosind sistemul acvaponic bazat pe substrat inovativ (SR) și un sistem acvaponic cu substrat convențional (SH), în diverse scenarii tehnologice (A-administrare cantitate ridicată de hrană, B- administrare cantitate scăzută de hrană)

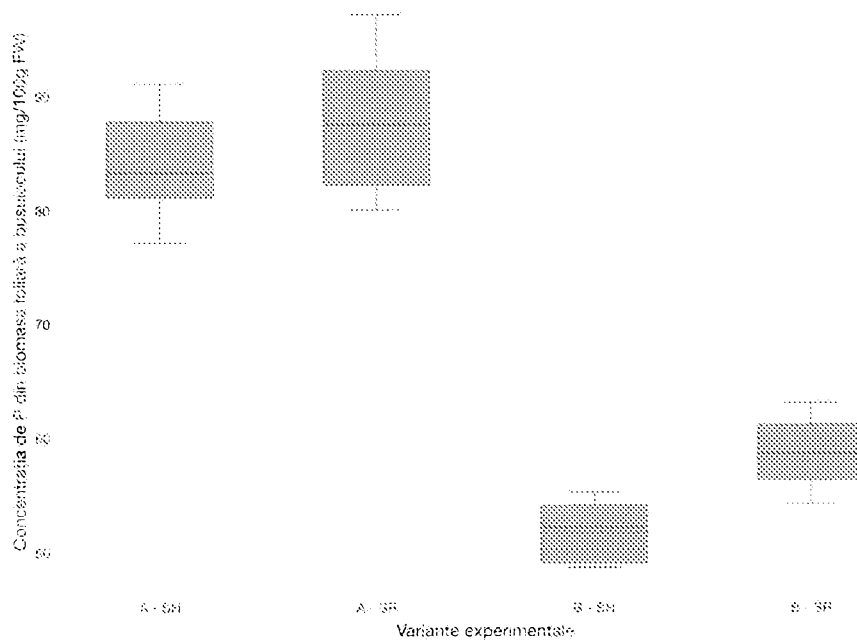


Figura 13. Concentrația de P din biomasa foliară a busuiocului crescut în condiții acvaponice, folosind sistemul acvaponic bazat pe substrat inovativ (SR) și un sistem acvaponic cu substrat convențional (SH), în diverse scenarii tehnologice (A-administrare cantitate ridicată de hrană, B- administrare cantitate scăzută de hrană)

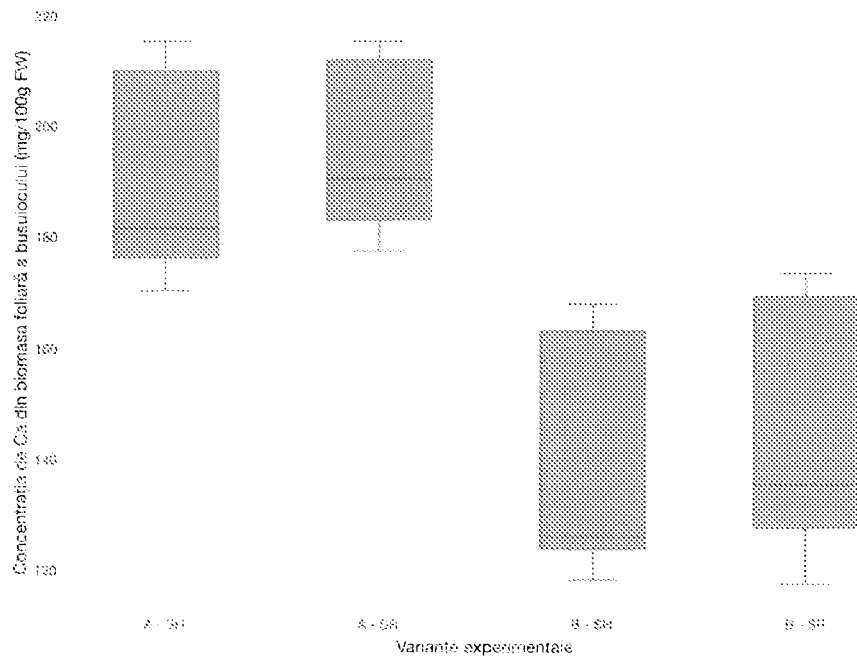


Figura 14. Concentrația de Ca din biomasa foliară a busuiocului crescut în condiții acvaponice, folosind sistemul acvaponic bazat pe substrat inovativ (SR) și un sistem acvaponic cu substrat convențional (SH), în diverse scenarii tehnologice (A-administrare cantitate ridicată de hrană, B- administrare cantitate scăzută de hrană)

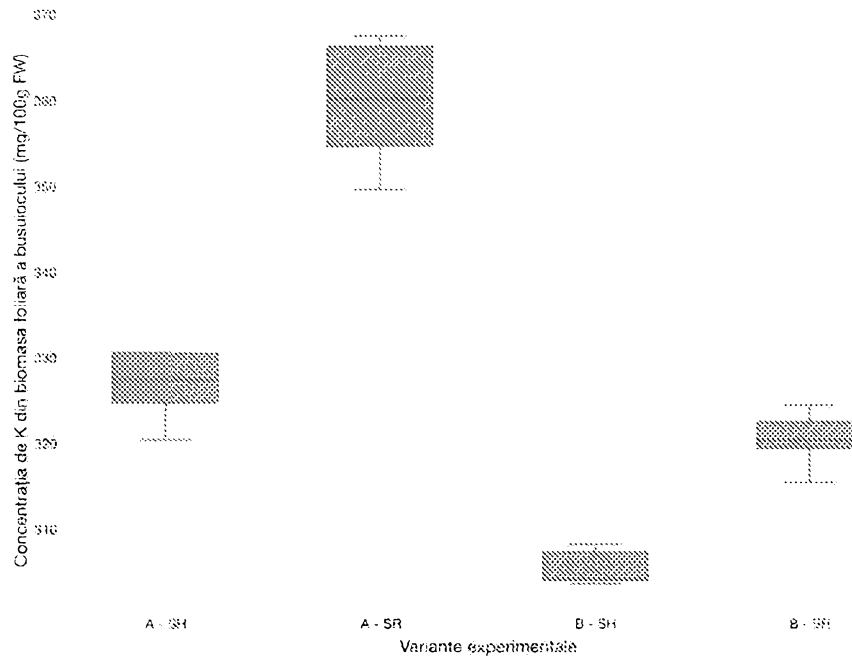


Figura 15. Concentrația de K din biomasa foliară a busuiocului crescut în condiții acvaponice, folosind sistemul acvaponic bazat pe substrat inovativ (SR) și un sistem acvaponic cu substrat convențional (SH), în diverse scenarii tehnologice (A-administrare cantitate ridicată de hrană, B- administrare cantitate scăzută de hrană)

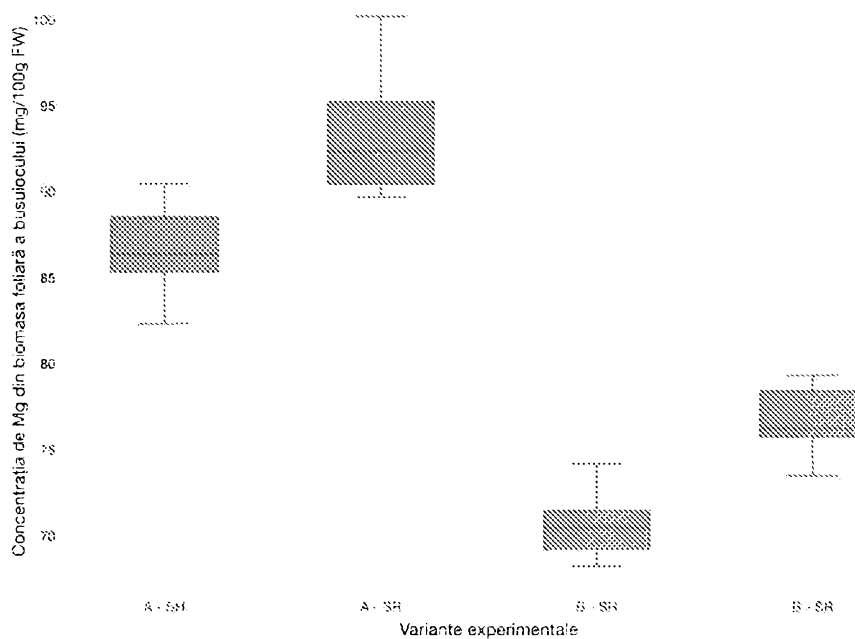


Figura 16. Concentrația de Mg din biomasa foliară a busuiocului crescut în condiții acvaponice, folosind sistemul acvaponic bazat pe substrat inovativ (SR) și un sistem acvaponic cu substrat convențional (SH), în diverse scenarii tehnologice (A-administrare cantitate ridicată de hrană, B- administrare cantitate scăzută de hrană)

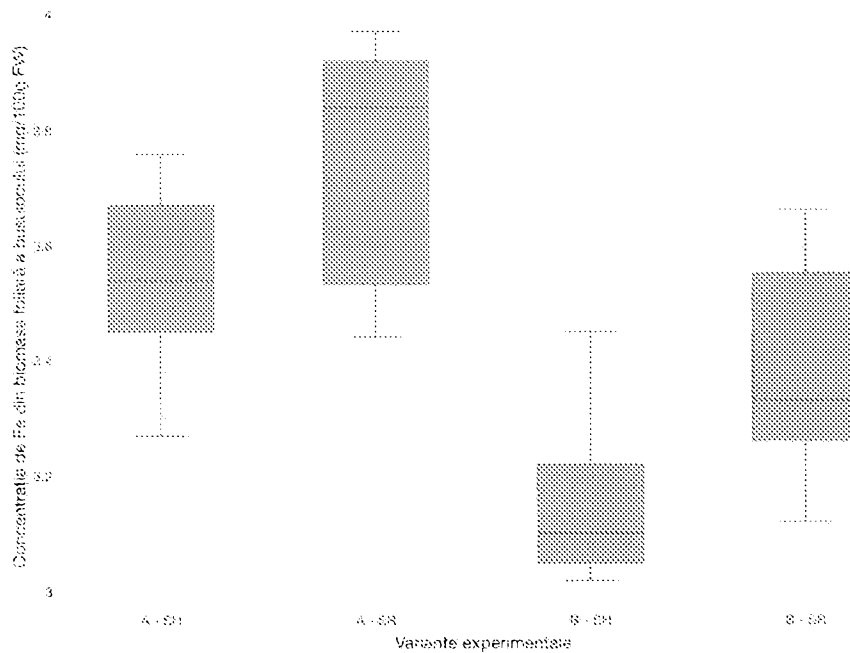


Figura 17. Concentrația de Fe din biomasa foliară a busuiocului crescut în condiții acvaponice, folosind sistemul acvaponic bazat pe substrat inovativ (SR) și un sistem acvaponic cu substrat convențional (SH), în diverse scenarii tehnologice (A-administrare cantitate ridicată de hrană, B- administrare cantitate scăzută de hrană)

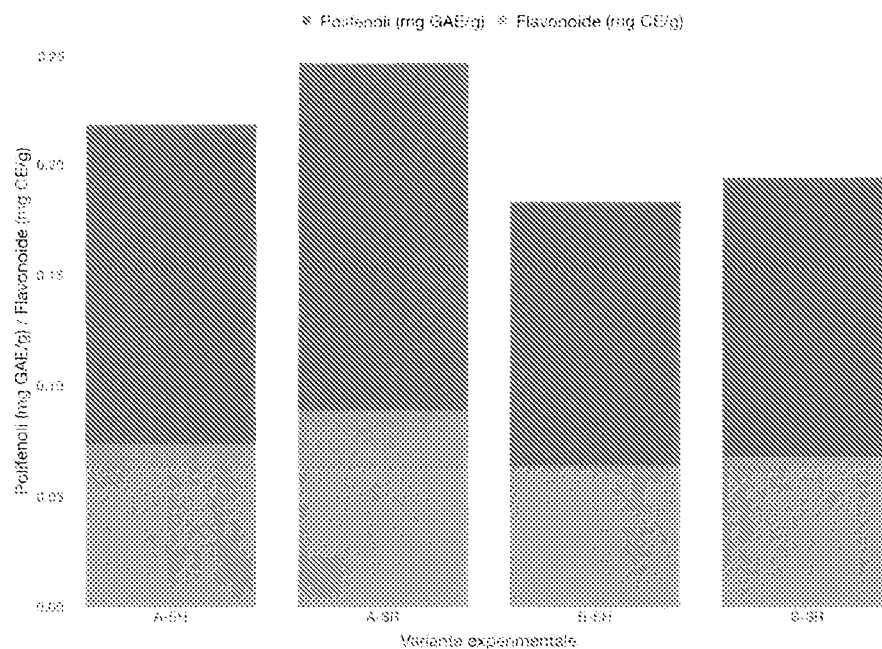
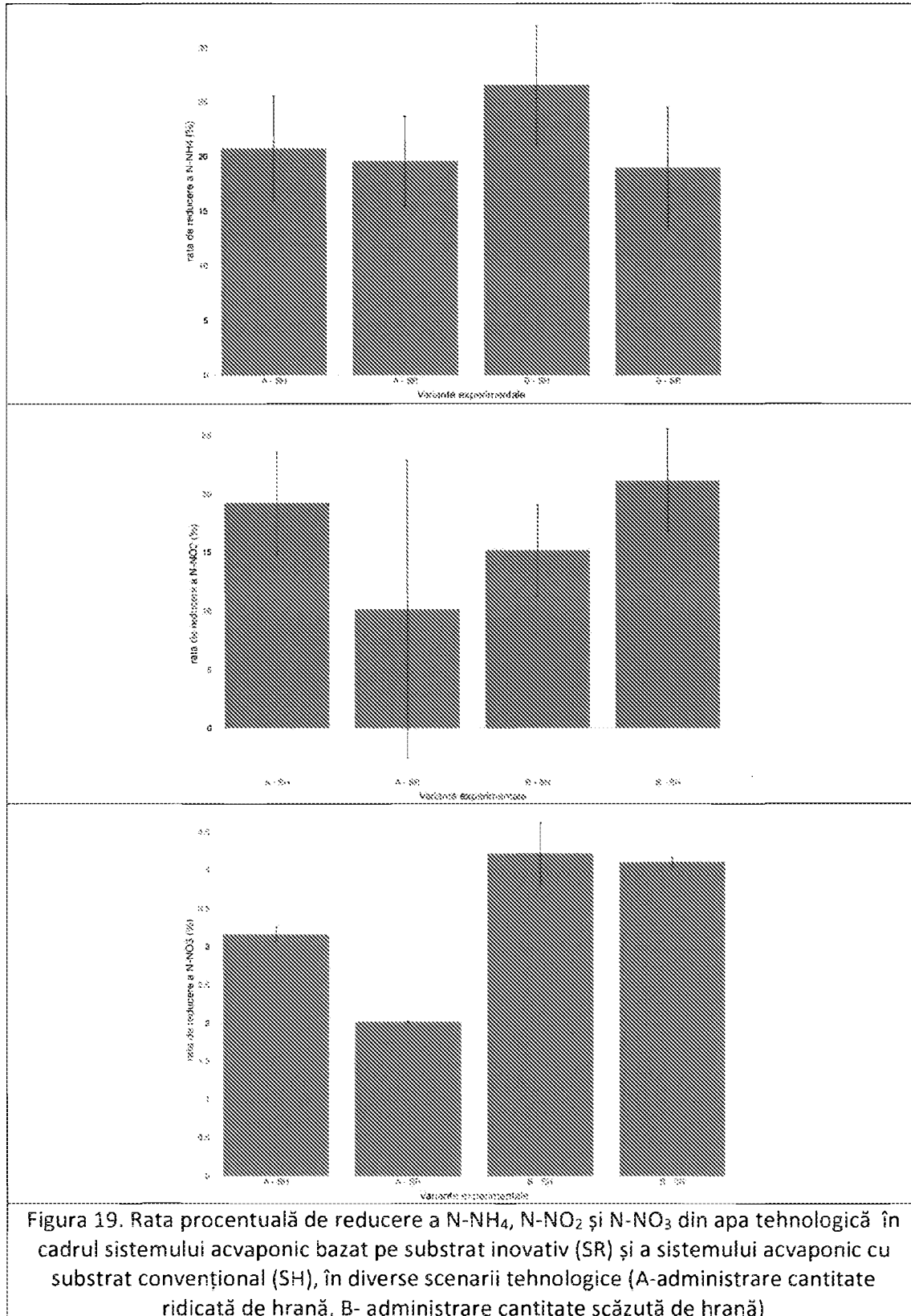


Figura 18. Concentrația de polifenoli și flavonoide din biomasa foliară a busuiocului crescut în condiții acvaponice, folosind sistemul acvaponic bazat pe substrat inovativ (SR) și un sistem acvaponic cu substrat convențional (SH), în diverse scenarii tehnologice (A-administrare cantitate ridicată de hrană, B- administrare cantitate scăzută de hrană)



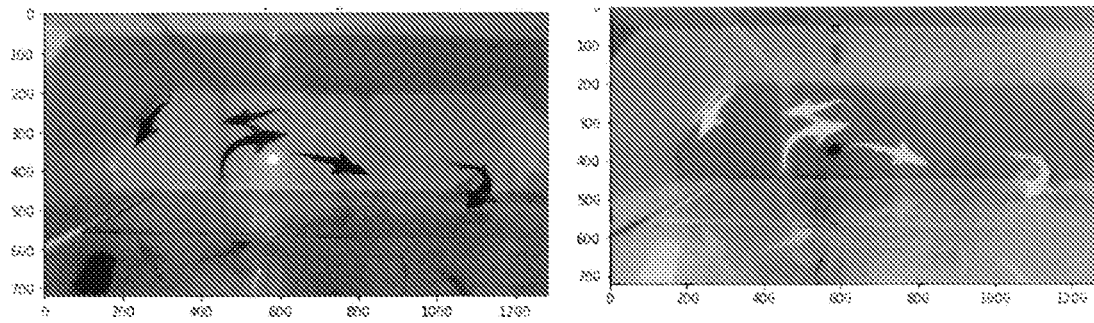


Figura 20. Imagine captată cu ajutorul modulului imagistic de observație a biomasei sturionice și supusă cu succes prelucrării ulterioare

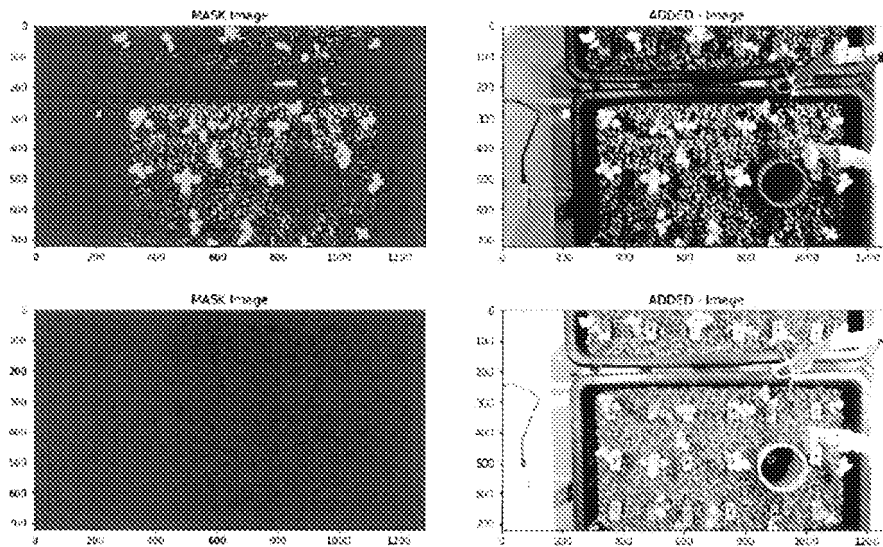


Figura 21. Imagine captată cu ajutorul modulului imagistic de observație a biomasei vegetale, de busuioc, și supusă cu succes prelucrării ulterioare