SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

BIOJAGODA

Financira Europska unija NextGenerationEU

21 Ružičkini dani
DANAS ZNANOST – SUTRA INDUSTRIJA
9. – 11. rujna 2026. • Vukovar • Hrvatska

INKAPSULACIJA I KOINKAPSULACIJA KORISNIH MIKROORGANIZAMA U KOMPOZITNE BIOPOLIMERNE MIKROČESTICE

Encapsulation and co-encapsulation of beneficial microorganisms in composite biopolymer microparticles

Karla Gašparić, Nataša Hulak, Lucija Božić, Kristina Vlahoviček Kahlina, Danijel Čičak, Nenad Jalšenjak, Marko Vinceković

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

TREHALOZA JE POVEĆALA HIDRATACIJU KONZORCIJSKIH ČESTICA, DOK JE OTPUŠTANJE OSTALO POSTUPNO I VREMENSKI OVISNO; SUŠENJE JE SMANJILO PROMJER BEZ VIDLJIVE FRAGMENTACIJE.

01 CILJ I EKSPERIMENTALNI PRISTUP

CILJ

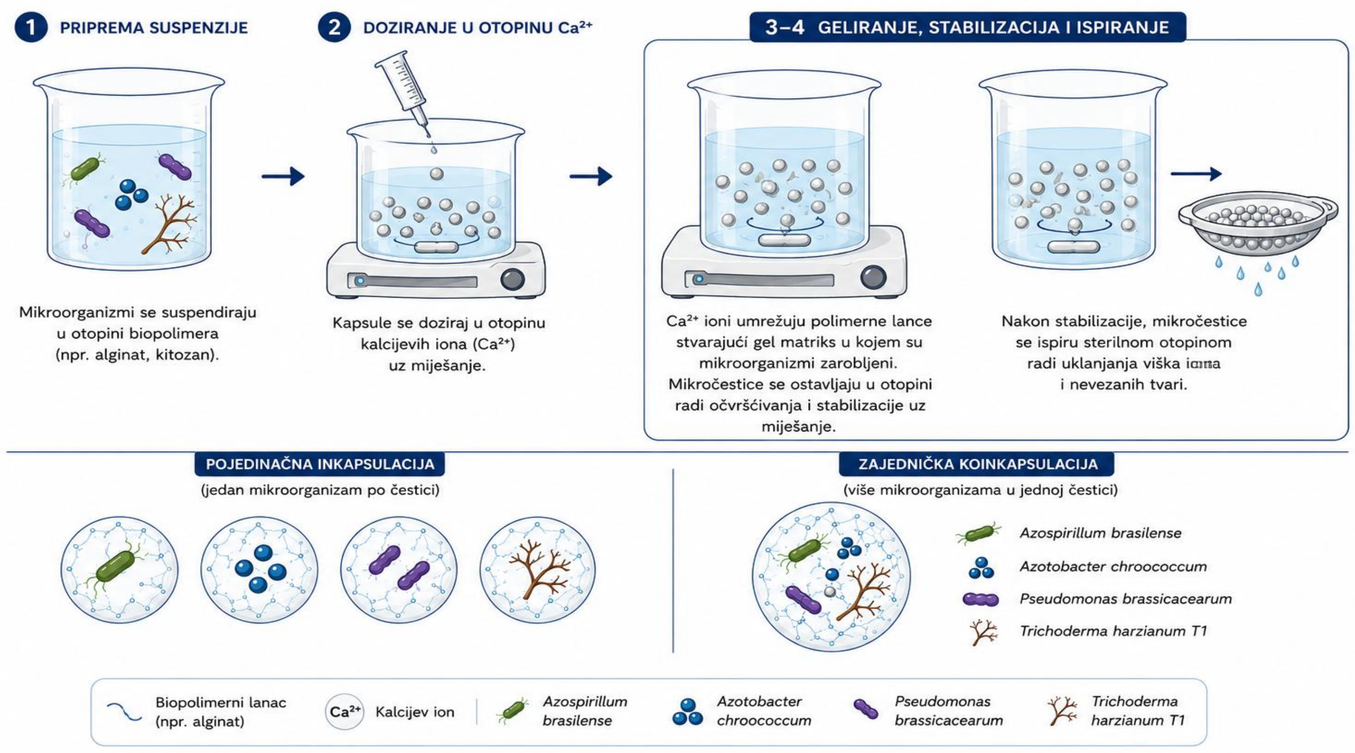
Razviti pojedinačne i zajedničke Ca-alginatne mikročestice s korisnim mikroorganizmima te procijeniti učinkovitost inkapsulacije, morfologiju, bubrenje i profil otpuštanja.

MODELNI KONZORCIJ

- *Azospirillum brasilense*
- *Azotobacter chroococcum*
- *Pseudomonas brassicacearum*
- *Trichoderma harzianum* T1

ALG = alginat | Treh = trehaloza | Trich = *T. harzianum*

IONSKO GELIRANJE ZA INKAPSULACIJU I KOINKAPSULACIJU KORISNIH MIKROORGANIZAMA



MJERENJA

Morfologija i veličina:
- Optička mikroskopija

Bubrenje:
- 0,1 g suhih čestica / 10 mL vode; 3 h; n = 3

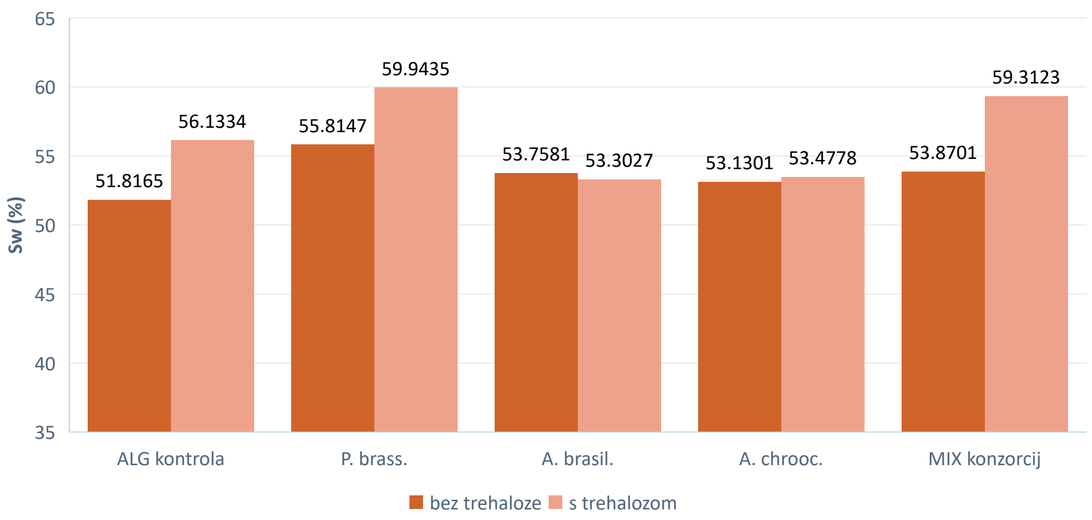
Otpuštanje:
- A600 i A550; 24–120 h; n = 2

Učinkovitost inkapsulacije:
- OD-metrijska procjena

Bubrenje: trofaktorska ANOVA

02 BUBRENJE I OTPUŠTANJE

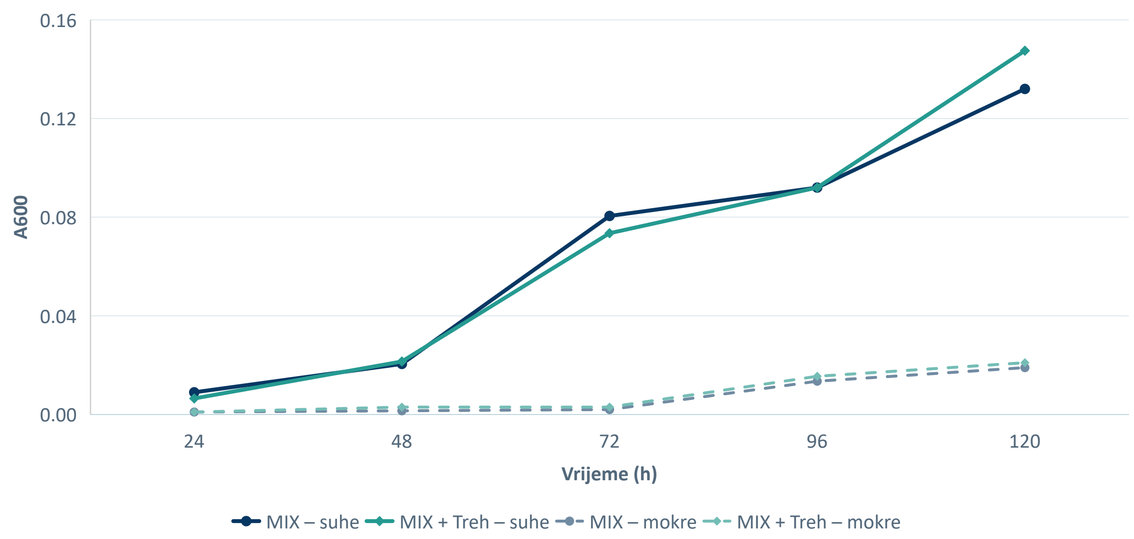
Bubrenje pojedinačnih formulacija i konzorcija



MIX: 53,87 ± 0,52 % → 59,31 ± 1,35 % uz trehalozu

Bez trehaloze konzorcij je unutar raspona pojedinačnih MO (53,13–55,81 %). Uz trehalozu postiže 59,31 %, gotovo kao najviša pojedinačna formulacija P + Treh (59,94 %). Porast MIX-a iznosi +5,44 postotna boda (+10,1 %).

MIX i MIX + Treh – profil otpuštanja pri A600

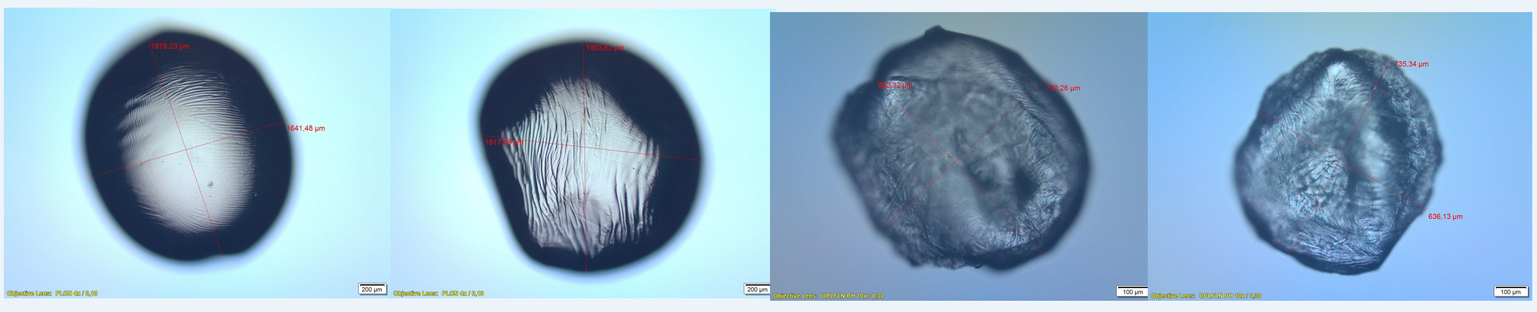


24 → 120 h SUHE: MIX 0,009 → 0,132 | MIX + Treh 0,0065 → 0,1475
MOKRE: MIX 0,001 → 0,019 | MIX + Treh 0,001 → 0,021

Tijekom prvih 24–48 h zabilježen je nizak signal, nakon čega je poslije 72 h uočen porast, što upućuje na odgođeno i postupno otpuštanje. Pri 120 h zabilježeno je povećanje A600 uz dodatak trehaloze za 11,7 % u suhim i 10,5 % u mokrim česticama, dok je pri A550 uočen isti trend.

03 MORFOLOGIJA, STRUKTURNA STABILNOST I EE

Sušenje smanjuje promjer, ali očuvana je cjelovitost matrice



Mokra čestica (MIX) | Mokra čestica (MIX + Treh) | Suha čestica (MIX) | Suha čestica (MIX + Treh)

Mokre čestice: 1,64–2,41 mm → suhe čestice: 0,64–0,80 mm.
Sušenje je rezultiralo izraženom kontrakcijom i naboravanjem površine, uz očuvanje cjelovitosti čestica bez vidljive fragmentacije.

UČINKOVITOST INKAPSULACIJE

ΔA = A(filtrat) – A(slijepa proba)

Uzorak	A_{600}	A_{550}	ΔA_{600}	ΔA_{550}
$Ca(NO_3)_2$	0,042	0,041	–	–
MIX 1	0,045	0,046	0,003	0,005
MIX 2	0,045	0,045	0,003	0,004
MIX 1 + trehaloza	0,046	0,046	0,004	0,005
MIX 2 + trehaloza	0,044	0,044	0,002	0,003

ZAKLJUČCI

1 POJEDINAČNO NASPRAM KONZORCIJA
Bez trehaloze MIX bubri slično pojedinačnim MO; uz trehalozu raste na 59,31 % (+5,44 postotna boda) i približava se najvećoj pojedinačnoj vrijednosti.

2 OTPUŠTANJE JE KONTROLIRANO VREMENOM
Nizak signal tijekom 24–48 h i porast nakon 72 h upućuju na postupno otpuštanje bez izraženog početnog naleta.

3 MATRICA JE STRUKTURNO OČUVANA
Sušenjem se čestica kontrahirala bez vidljive fragmentacije; Apsorbancije filtrata bile su vrlo bliske slijepoj probi ($Ca(NO_3)_2$), što upućuje na malu količinu neinkapsuliranog materijala nakon formiranja kapsula.