

MIKROKAPSULIUOTŲ BRAŠKIŲ SULČIŲ FIZIKINĖS SAVYBĖS

Brigita ZUBAVIČIŪTĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Agronomijos fakultetas:
brigita.zubaviciute@vdu.lt

Santrauka

Mikrokapsuliuotos braškių sultys buvo gautos liofilizacijos būdu, naudojant maltodekstriną ir inuliną skirtingomis koncentracijomis (10–25 proc.). Tyrimo tikslas – įvertinti mikrokapsuliuotų braškių sulčių miltelių fizikines savybes (piltinę masę, išeigą, rehidracinį santykį ir spalvines charakteristikas) bei nustatyti kapsuliuojančių medžiagų rūšies ir koncentracijos įtaką šiems rodikliams. Duomenys analizuoti taikant dispersinę analizę (ANOVA), statistškai reikšmingus skirtumus vertinant esant $p \leq 0,05$. Tyrimo rezultatai parodė, kad mikrokapsuliuotų braškių sulčių miltelių piltinės masės statistškai reikšmingi skirtumai tarp skirtingų maltodekstrino ir inulino koncentracijų nenustatyti. Didėjant kapsuliuojančių medžiagų koncentracijai nustatyta kapsuliuotų miltelių išeigos didėjimo tendencija, o didžiausios vertės (apie 24–25 proc.) gautos mėginiuose su 25 proc. maltodekstrino arba inulino priedu. Priešingai, didėjant kapsuliuojančių medžiagų koncentracijai, rehidracinis santykis mažėjo, kas siejama su didesniu sausųjų medžiagų kiekiu ir mažesniu miltelių tirpumu. Spalvos analizė CIE Lab* sistemoje parodė, kad didėjant kapsuliuojančių medžiagų koncentracijai statistškai reikšmingai didėjo miltelių šviesumo (L^*) vertės, o raudonumo (a^*) ir geltonumo (b^*) reikšmės mažėjo. Didžiausios L^* vertės nustatytos naudojant 25 proc. kapsuliuojančių medžiagų, ypač taikant inuliną, kuris sudarė šviesesnius miltelius nei maltodekstrinas. Gauti rezultatai rodo, kad kapsuliuojančių medžiagų rūšis ir koncentracija reikšmingai veikia mikrokapsuliuotų braškių sulčių miltelių fizikines savybes bei jų technologinį pritaikomumą.

Reikšminiai žodžiai: mikrokapsuliacija, braškių sultys, maltodekstrinas, inulinas.

Įvadas

Braškės (*Fragaria × ananassa*) yra vienos populiariausių uogų pasaulyje, vertinamos dėl savo malonaus skonio, aromato ir didelės biologinės vertės. Jose gausu bioaktyvių junginių, tokių kaip fenoliniai junginiai, flavonoidai, antocianinai ir askorbo rūgštis, kurie pasižymi stipriu antioksidaciniu aktyvumu ir gali turėti teigiamą poveikį žmogaus sveikatai (Giampieri et al., 2012). Nepaisant didelės biologinės vertės, braškėse esančios bioaktyvios medžiagos yra gana nestabilios ir gali degraduoti veikiamos įvairių aplinkos veiksnių, tokių kaip šviesa, deguonis, temperatūra ar drėgmė (Patras et al., 2010). Pasak S. Patras ir kt. (2010), technologinio apdorojimo ir laikymo metu gali sumažėti fenolinių junginių ir antocianinų kiekis, taip pat gali pakisti produktų spalva ir juslinės savybės. Dėl šios priežasties ieškoma būdų, leidžiančių apsaugoti jautrius bioaktyvius junginius išsaugant jų funkcines savybes. Viena iš efektyviausių tokių technologijų yra mikrokapsuliuojimas. Ši technologija leidžia apsaugoti jautrius bioaktyvius junginius nuo nepalankių aplinkos sąlygų, pagerinti jų stabilumą ir prailginti produkto galiojimo laiką (Fang, Bhandari, 2010). Pasak Z. Fang ir B. Bhandari (2010), mikrokapsuliuojimo metu bioaktyviosios medžiagos įterpiamos į apsauginę matricą, kuri sumažina jų sąlytį su aplinkos veiksniais ir padidina junginių stabilumą laikymo metu. Mikrokapsuliuojimui gali būti naudojami angliavandeniai ar baltymai, dažnai naudojamos tokios medžiagos kaip maltodekstrinas, inulinas, proteinų izoliatai. Maltodekstrinas yra viena dažniausiai naudojamų kapsuliuojančių medžiagų dėl gero tirpumo, mažo klampumo ir gebėjimo sudaryti stabilias kapsules (Gharsallaoui et al., 2007). Tuo tarpu inulinas pasižymi ne tik geromis technologinėmis savybėmis, bet ir gali turėti papildomą funkcinę vertę dėl prebiotinio poveikio (Saenz et al., 2009). Pastaraisiais metais vis daugiau tyrimų skiriama vaisių ir uogų sulčių mikrokapsuliuojimui, siekiant pagerinti jų stabilumą, išsaugoti bioaktyvias medžiagas ir išplėsti jų panaudojimo galimybes maisto produktuose (Shishir, Chen, 2017). Tačiau kapsuliuojančių medžiagų rūšis ir jų koncentracija gali turėti reikšmingą įtaką gautų miltelių fizikinėms savybėms, todėl šiame tyrime siekiama įvertinti mikrokapsuliuotų braškių sulčių miltelių fizikines savybes ir nustatyti maltodekstrino bei inulino koncentracijos įtaką miltelių piltinei masei, išeigai, rehidraciniam santykiui ir spalvai.

Tyrimo tikslas – įvertinti kapsuliuojimui naudotų angliavandenių įtaką kapsuliuotų skirtingų veislių braškių sulčių fizikinėms savybėms.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti mikrokapsuliuotų skirtingų veislių braškių sulčių išeigą.
2. Nustatyti naudotų angliavandenių ir jų koncentracijos įtaką mikrokapsuliuotų braškių sulčių fizikinėms savybėms.

Tyrimų objektas ir metodai

Ekspperimentas 2025 m. atliktas Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Augalų biologijos ir maisto mokslų katedros Augalinių maisto žaliavų kokybės laboratorijoje. Tyrimams naudotos *Malwina* ir *Asia* veislių braškių sultys, kukurūzų maltodekstrinas (14–17 dekstrozės ekvivalentų) ir cikorijų inulinas.

Mėginiai buvo homogenizuoti su 10 proc., 15 proc., 20 proc., 25 proc. priedais iki vienalytės masės homogenizatoriumi VWR VDI 25 (USA) 10 min. ir liofilizuoti liofilizatoriuje (ZIRBUS (Bad Grund (Harz), Vokietija) –55 °C temperatūroje 48 val.

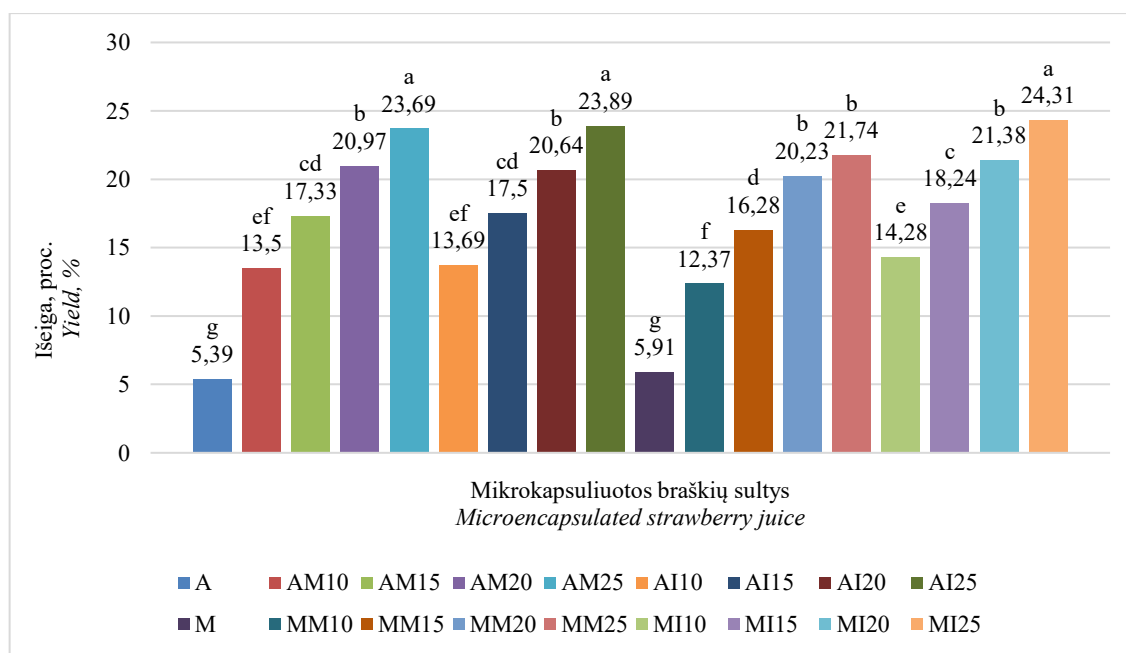
Kapsuliuotų braškių sulčių išeiga buvo nustatyta apskaičiuojant liofilizuotų miltelių masės ir pradinio ekstrakto bei apvalkalo medžiagų mišinio masės santykį (Drosou, Krokida, 2024). Miltelių spalva nustatyta spektrofotometru ColorFlex (Hunter Associates Laboratory Inc., USA). Šviesos atspindžio režimu nustatyti parametrai: L* – nuo baltos iki juodos, a* – nuo žalios iki raudonos, b*– nuo mėlynos iki geltonos. Kapsuliuotų miltelių piltinė masė ir rehidracijos santykis buvo apskaičiuotas pagal M. Ling Ng ir R. Sulaiman (2018) aprašytą metodą su keliais pakeitimais.

Tyrimų duomenys įvertinti dispersinės analizės metodu (ANOVA), naudojant kompiuterinę programą STATISTICA (Sakalauskas, 2003). Atlikta dviejų veiksnių statistinė analizė, apskaičiuoti bandymų duomenų aritmetiniai vidurkiai, skirtumai tarp vidurkių įvertinti Fišerio LSD testu ($p < 0,05$).

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Kapsuliuotų miltelių išeiga parodo, kokia pradinės medžiagos dalis paverčiama stabiliu produktu, todėl yra svarbi tiek technologiniu, tiek ekonominiu požiūriu. Mokslininkai teigia, kad išeiga priklauso nuo džiovavimo sąlygų ir kapsuliuojamui naudotų medžiagų sudėties ir koncentracijos, o tinkamai parinktos kapsuliuojančios medžiagos gali padidinti mikrokapsuliacijos efektyvumą ir produkto stabilumą (Bastos et al., 2024).

Tyrimo metu nustatyta, kad braškių sulčių miltelių be kapsuliuojančios medžiagos išeiga, nepriklausomai nuo veislės, buvo reikšmingai mažiausia (5,39 ir 5,91 proc., priklausomai nuo kapsuliuojamui naudotos medžiagos) (žr. 1 pav.). Didėjant maltodekstrino ir inulino koncentracijai, pastebėta išeigos didėjimo tendencija, o esmingai didžiausia kapsuliuotų miltelių išeiga nustatyta kapsuliuojamui naudojant 25 proc. priedą, išskyrus *Malwina* veislės braškių sultis su 25 proc. maltodekstrino. Panašias tendencijas nustatė Y. Bastos ir kt. (2024), pabrėždami nešiklių koncentracijos reikšmę mikrokapsuliuojimo efektyvumui.



Pastaba. Skirtingos raidės tarp vidurkių rodo esminius skirtumus. Tikimybės lygis $p \leq 0,05$. A – *Asia* veislės braškių sulčių milteliai be priedo, AM10 *Asia* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. maltodekstrino, AM15 – su 15 proc. maltodekstrino, AM20 – su 20 proc. maltodekstrino, AM25 – su 25 proc. maltodekstrino, AI10 – *Asia* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. inulino, AI15 – su 15 proc. inulino, AI20 – su 20 proc. inulino, AI25 – su 25 proc. inulino, M – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai be priedo, MM10 – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. maltodekstrino, MM15 – su 15 proc. maltodekstrino, MM20 – su 20 proc. maltodekstrino, MM25 – su 25 proc. maltodekstrino, MI10 – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. inulino, MI15 – su 15 proc. inulino, MI20 – su 20 proc. inulino, MI25 – su 25 proc. inulino

Note: Different letters between means indicate significant differences. Probability level $p \leq 0.05$. A – strawberry juice powder of the cultivar *Asia* without encapsulating agent; AM10 – *Asia* strawberry juice powder with 10% maltodextrin; AM15 – with 15% maltodextrin; AM20 – with 20% maltodextrin; AM25 – with 25% maltodextrin; AI10 – *Asia* strawberry juice powder with 10% inulin; AI15 – with 15% inulin; AI20 – with 20% inulin; AI25 – with 25% inulin; M – strawberry juice powder of the cultivar *Malwina* without encapsulating agent; MM10 – *Malwina* strawberry juice powder with 10% maltodextrin; MM15 – with 15% maltodextrin; MM20 – with 20% maltodextrin; MM25 – with 25% maltodextrin; MI10 – *Malwina* strawberry juice powder with 10% inulin; MI15 – with 15% inulin; MI20 – with 20% inulin; MI25 – with 25% inulin.

1 pav. Mikrokapsuliuotų braškių sulčių išeiga, proc.

Fig. 1. Yield of microencapsulated strawberry juice powders

Spalva yra vienas svarbiausių mikrokapsuliuotų braškių miltelių kokybės rodiklių, kuris daro didelę įtaką vartotojų priimtinumui. Liofilizuotų produktų CIE Lab* parametrai leidžia objektyviai įvertinti pigmentų išsaugojimą ir kapsuliuojančių medžiagų poveikį vizualinėms savybėms. Spalvos intensyvumas yra esminis veiksnys naudojant uogų miltelius kaip natūralius dažiklius maisto produktuose (Gomez Mattson et al., 2021).

Įvertinus mikrokapsuliuotų braškių sulčių miltelių spalvą nustatyta, kad didėjant kapsuliuojančių medžiagų koncentracijai statistiškai reikšmingai didėjo šviesumo (L^*) vertės, milteliai tapo šviesesni (žr. 1 lentelę). *Asia* veislės braškių sulčių miltelių kontrolinio mėginio L^* vertė buvo 36,69, o mėginiuose su maltodekstrinu ji padidėjo iki 60,34 (AM25), naudojant inuliną – iki 68,81 (AI25). Panaši tendencija nustatyta ir *Malwina* veislės mėginiuose, kurių L^* vertės padidėjo nuo 33,21 kontroliniame mėginyje iki 55,37 (MM25) ir 60,48 (MI25).

Didėjant kapsuliuojančių medžiagų kiekiui taip pat mažėjo raudonumo (a^*) ir geltonumo (b^*) vertės. *Asia* veislės kapsuliuotų braškių sulčių a^* vertė mažėjo nuo 44,01 kapsuliuotų be priedo iki 29,26 kapsuliuotų su 25 proc. inulino priedu, o b^* atitinkamai – nuo 22,36 iki 9,22. Panašios tendencijos nustatytos įvertinus ir kapsuliuotų *Malwina* veislės braškių sulčių miltelių spalvą, kur a^* sumažėjo nuo 39,04 iki 34,31, o b^* – nuo 18,90 iki 14,10.

Kapsuliuotų braškių sulčių spalvos šviesėjimas siejamas su kapsuliuojančių polisacharidų praskiedimo efektu, kai didėjant sienelės medžiagos kiekiui santykinai mažėja braškių pigmentų koncentracija milteliuose. B. Cilek Tatar ir kt. (2019) nustatė, kad sienelės medžiagos sudėtis reikšmingai veikia mikrokapsuliuotų braškių produktų CIE Lab^* parametrus. P. A. Santiago-García ir kt. (2023) tyrimai taip pat patvirtino, kad didėjant kapsuliuojančios medžiagos kiekiui braškių sulčių miltelių spalva tampa šviesesnė dėl pigmentų praskiedimo kapsuliuojančioje matricoje. Gauti rezultatai rodo, kad mikrokapsuliuotų braškių sulčių miltelių spalvinėms savybėms reikšmingą įtaką turėjo tiek kapsuliuojančios medžiagos tipas, tiek jos koncentracija. Didėjant kapsuliuojančių medžiagų kiekiui miltelių šviesumas (L^*) didėjo, o inulinas lėmė statistiškai esmingai intensyvesnį spalvos šviesėjimą nei maltodekstrinas.

1 Lentelė. Mikrokapsuliuotų braškių sulčių miltelių spalvos rodiklių vertės

Table 1. Colour parameters of microencapsulated strawberry juice powders.

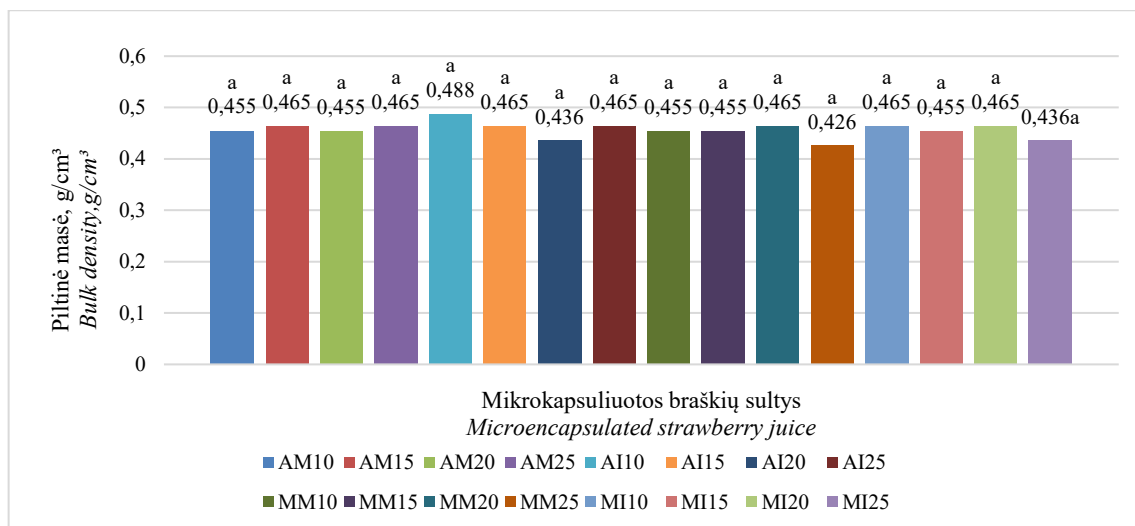
Mėginio žymėjimas Sample labeling	L^*	a^*	b^*
A	36,69k	44,01a	22,36a
AM10	49,06h	42,77b	19,00d
AM15	54,01f	41,23c	17,00f
AM20	57,53e	38,85e	14,82h
AM25	60,34d	35,60f	12,62j
AI10	52,12g	40,35d	16,88f
AI15	59,37d	36,09f	13,26i
AI20	63,66c	32,84h	11,00k
AI25	68,81a	29,26j	9,22m
M	33,21l	39,04d	18,90e
MM10	42,64j	43,16ab	21,52b
MM15	47,78i	41,96c	19,60d
MM20	50,89h	40,06d	17,62f
MM25	55,37f	37,73e	15,17h
MI10	42,93j	43,63a	21,96b
MI15	49,83h	41,34c	19,43d
MI20	55,55f	37,36e	16,22g
MI25	60,48d	34,31g	14,10i

Pastaba. Skirtingos raidės tarp vidurkių stulpeliuose rodo esminius skirtumus. Tikimybės lygis $p \leq 0,05$. A – *Asia* veislės braškių sulčių milteliai be priedo, AM10 – *Asia* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. maltodekstrino, AM15 – su 15 proc. maltodekstrino, AM20 – su 20 proc. maltodekstrino, AM25 – su 25 proc. maltodekstrino, AI10 – *Asia* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. inulino, AI15 – su 15 proc. inulino, AI20 – su 20 proc. inulino, AI25 – su 25 proc. inulino, M – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai be priedo, MM10 – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. maltodekstrino, MM15 – su 15 proc. maltodekstrino, MM20 – su 20 proc. maltodekstrino, MM25 – su 25 proc. maltodekstrino, MI10 – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. inulino, MI15 – su 15 proc. inulino, MI20 – su 20 proc. inulino, MI25 – su 25 proc. inulino

Note: Different letters between means in columns indicate significant differences. Probability level $p \leq 0.05$. A – strawberry juice powder of the cultivar *Asia* without encapsulating agent; AM10 – *Asia* strawberry juice powder with 10% maltodextrin; AM15 – with 15% maltodextrin; AM20 – with 20% maltodextrin; AM25 – with 25% maltodextrin; AI10 – *Asia* strawberry juice powder with 10% inulin; AI15 – with 15% inulin; AI20 – with 20% inulin; AI25 – with 25% inulin; M – strawberry juice powder of the cultivar *Malwina* without encapsulating agent; MM10 – *Malwina* strawberry juice powder with 10% maltodextrin; MM15 – with 15% maltodextrin; MM20 – with 20% maltodextrin; MM25 – with 25% maltodextrin; MI10 – *Malwina* strawberry juice powder with 10% inulin; MI15 – with 15% inulin; MI20 – with 20% inulin; MI25 – with 25% inulin.

Piltinė masė yra svarbus miltelių fizinis parametras, turintis įtakos technologiniam stabilumui, pakavimui ir laikymui. Milteliai, kurių sudėtyje yra didelis mažos molekulinės masės cukrų kiekis, pasižymi padidintu higroskopiškumu, todėl jų fizinės savybės gali būti nestabilios (Preciado-Ocampo et al., 2025). Tyrimo metu nustatyta, kad mikrokapsuliuotų braškių sulčių miltelių piltinė masė svyravo nuo 0,426 iki 0,488 g/cm³, tačiau statistiškai reikšmingi skirtumai nenustatyti (žr. 2 pav.).

Rehidratacijos santykis apibūdina miltelių gebėjimą atstatyti pradinę drėgmę sąlytyje su vandeniu ir yra svarbus jų funkciniam pritaikymui. Šis rodiklis priklauso nuo dalelių struktūros ir kapsuliuojančių medžiagų sudėties. Mokslininkai teigia, kad braškių sulčių miltelių rehidratacijos savybės priklauso nuo nešiklių koncentracijos ir dalelių morfologijos (Leyva-Porras et al., 2021; Castaño Peláez et al., 2023).



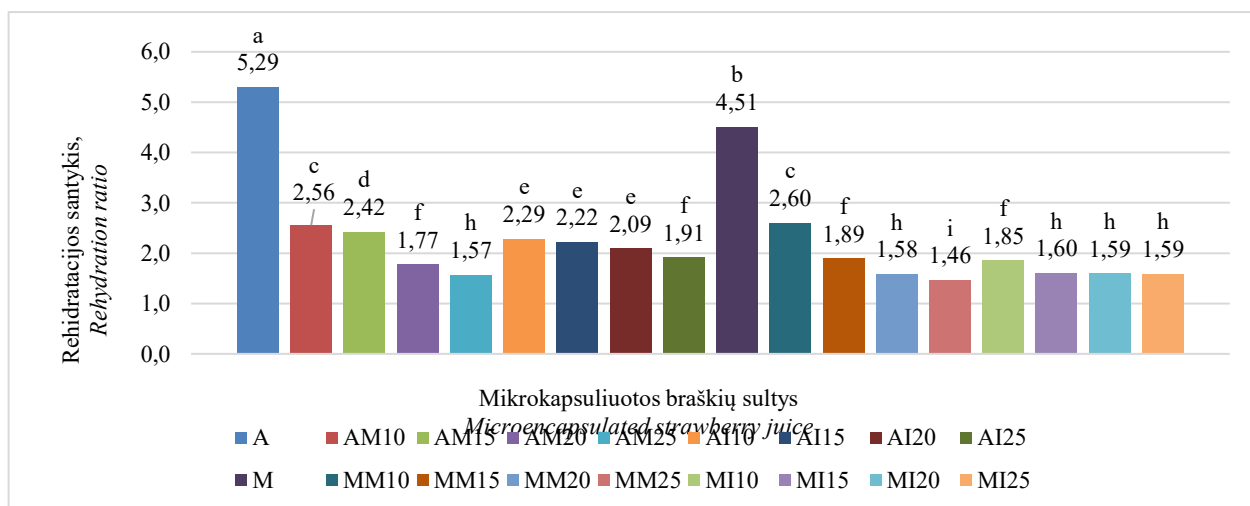
Pastaba. Visi mėginiai pažymėti ta pačia raide a, nes statistškai reikšmingų skirtumų nenustatyta ($p \leq 0,05$). AM10 *Asia* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. maltodekstrino, AM15 – su 15 proc. maltodekstrino, AM20 – su 20 proc. maltodekstrino, AM25 – su 25 proc. maltodekstrino, AI10 – *Asia* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. inulino, AI15 – su 15 proc. inulino, AI20 – su 20 proc. inulino, AI25 – su 25 proc. inulino, MM10 – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. maltodekstrino, MM15 – su 15 proc. maltodekstrino, MM20 – su 20 proc. maltodekstrino, MM25 – su 25 proc. maltodekstrino, MI10 – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. inulino, MI15 – su 15 proc. inulino, MI20 – su 20 proc. inulino, MI25 – su 25 proc. inulino

Note: Different letters between means indicate significant differences. Probability level $p \leq 0.05$. A – strawberry juice powder of the cultivar *Asia* without encapsulating agent; AM10 – *Asia* strawberry juice powder with 10% maltodextrin; AM15 – with 15% maltodextrin; AM20 – with 20% maltodextrin; AM25 – with 25% maltodextrin; AI10 – *Asia* strawberry juice powder with 10% inulin; AI15 – with 15% inulin; AI20 – with 20% inulin; AI25 – with 25% inulin; M – strawberry juice powder of the cultivar *Malwina* without encapsulating agent; MM10 – *Malwina* strawberry juice powder with 10% maltodextrin; MM15 – with 15% maltodextrin; MM20 – with 20% maltodextrin; MM25 – with 25% maltodextrin; MI10 – *Malwina* strawberry juice powder with 10% inulin; MI15 – with 15% inulin; MI20 – with 20% inulin; MI25 – with 25% inulin.

2 pav. Mikroapskapsuliuotų braškių sulčių piltinė masė

Fig. 2. Bulk density of microencapsulated strawberry juice powders

Esmingai didžiausiu rehidratacijos santykiu išsiskyrė *Asia* veislės braškių sulčių milteliai be kapsuliuojančios medžiagos, o didėjant maltodekstrino ir inulino kiekiui šio rodiklio reikšmės mažėjo. Esmingai mažiausias rehidratacijos santykis buvo kapsuliuotų *Malwina* veislės braškių sulčių su 25 proc. maltodekstrino priedu (žr. 3 pav.).



Pastaba. Skirtingos raidės tarp vidurkių rodo esminius skirtumus. Tikimybės lygis $p \leq 0,05$. A – *Asia* veislės braškių sulčių milteliai be priedo, AM10 *Asia* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. maltodekstrino, AM15 – su 15 proc. maltodekstrino, AM20 – su 20 proc. maltodekstrino, AM25 – su 25 proc. maltodekstrino, AI10 – *Asia* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. inulino, AI15 – su 15 proc. inulino, AI20 – su 20 proc. inulino, AI25 – su 25 proc. inulino, M – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai be priedo, MM10 – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. maltodekstrino, MM15 – su 15 proc. maltodekstrino, MM20 – su 20 proc. maltodekstrino, MM25 – su 25 proc. maltodekstrino, MI10 – *Malwina* veislės braškių sulčių milteliai su 10 proc. inulino, MI15 – su 15 proc. inulino, MI20 – su 20 proc. inulino, MI25 – su 25 proc. inulino

Note: Different letters between means indicate significant differences. Probability level $p \leq 0.05$. A – strawberry juice powder of the cultivar *Asia* without encapsulating agent; AM10 – *Asia* strawberry juice powder with 10% maltodextrin; AM15 – with 15% maltodextrin; AM20 – with 20% maltodextrin; AM25 – with 25% maltodextrin; AI10 – *Asia* strawberry juice powder with 10% inulin; AI15 – with 15% inulin; AI20 – with 20% inulin; AI25 – with 25% inulin; M – strawberry juice powder of the cultivar *Malwina* without encapsulating agent; MM10 – *Malwina* strawberry juice powder with 10% maltodextrin; MM15 – with 15% maltodextrin; MM20 – with 20% maltodextrin; MM25 – with 25% maltodextrin; MI10 – *Malwina* strawberry juice powder with 10% inulin; MI15 – with 15% inulin; MI20 – with 20% inulin; MI25 – with 25% inulin.

3 pav. Mikroapskapsuliuotų braškių sulčių rehidratacijos santykis

Fig. 3. Rehydration ratio of microencapsulated strawberry juice powders

Tyrimo rezultatai rodo, kad didesnė priedo dalis mažina vandens absorbcijos santykį vienam miltelių masės vienetui. Panašias tendencijas nustatė C. Leyva-Porras ir kt. (2021) bei H. I. C. Castaño Peláez ir kt. (2023), pabrėždami kapsuliuojančių medžiagų ir dalelių struktūros įtaką miltelių hidratacijos savybėms.

Išvados

1. Kapsuliuotų sulčių išeiga didėjo didėjant maltodekstrino ir inulino kiekiui, o didžiausia buvo kapsuliuvimui naudojant 25 proc. priedą.
2. Kapsuliuvimui naudojamų angliavandenių tipas ir koncentracija reikšmingai veikia mikrokapsuliuotų braškių sulčių miltelių fizines savybes: didėjant kapsuliuojančių medžiagų kiekiui, mažėjo rehidratacijos santykis ir didėjo mėginių šviesumas, o piltinė masė statistiškai reikšmingai nepriklausė nuo kapsuliuojančios medžiagos rūšies ar koncentracijos.

Literatūra

1. Bastos Y., Rocha F., Estevinho B. N. (2024). Microencapsulation of extracts of strawberry (*Fragaria vesca*) by-products by spray-drying using individual and binary/ternary blends of biopolymers. *Molecules*, 29(19), 4528. [Microencapsulation of Extracts of Strawberry \(*Fragaria vesca*\) By-Products by Spray-Drying Using Individual and Binary/Ternary Blends of Biopolymers](#)
2. Cilek Tatar B., Sumnu G., Oztop M. (2019). Microcapsule characterization of phenolic powder obtained from strawberry pomace. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43, e13892. [Microcapsule characterization of phenolic powder obtained from strawberry pomace - Cilek Tatar - 2019 - Journal of Food Processing and Preservation - Wiley Online Library](#)
3. Drosou C., Krokida M. (2024). A comparative study of encapsulation of β -carotene via spray-drying and freeze-drying techniques using pullulan and whey protein isolate as wall material. *Foods*, 13(12), 1933.
4. Fang Z., Bhandari B. (2010). Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10), 510–523.
5. Gharsallaoui A., Roudaut G., Chambin O., Voillee A., Saurel R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients. *Food Research International*, 40(9), 1107–1121.
6. Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J. M., Quiles J. L., Mezzetti B., Battino M. (2012). The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9–19.
7. Gomez Mattson M., Sozzi A., Corfield R., Gagneten M., Franceschini L., Schebor C., Salvatori D. (2021). Colorant and antioxidant properties of freeze-dried extracts from wild berries: use of ultrasound-assisted extraction method and drivers of liking of colored yogurts. *Journal of Food Science and Technology*, 59(3), 944–955.
8. Leyva-Porras C., Saavedra-Leos M. Z., López-Martínez L. A., Espinosa-Solis V., Terán-Figueroa Y., Toxqui-Terán A., Compeán-Martínez I. (2021). Strawberry juice powders: Effect of spray-drying conditions on the microencapsulation of bioactive components and physicochemical properties. *Molecules*, 26(18), 5466.
9. Ling Ng M., Sulaiman R. (2018). Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. *LWT*, 88, 80–86. [Development of beetroot \(*Beta vulgaris*\) powder using foam mat drying - ScienceDirect](#)
10. Patras A., Brunton N. P., O'Donnell C., Tiwari B. K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods. *Trends in Food Science & Technology*, 21(1), 3–11.
11. Peláez H. I. C., Cortés-Rodríguez M., Ortega-Toro R. (2023). Storage stability of a fluidized-bed agglomerated spray-dried strawberry powder mixture. *F1000Research*, 12, 1174.
12. Preciado Ocampo V., Yepes Hernandez A. L., Marratte R., Baena Y., Gutiérrez-López G. F., Ambrose K., Carvajal M. T. (2025). Effect of drying methods on the physical and surface properties of blueberry and strawberry fruit powders: A review. *Applied Sciences*, 15(24), 13094.
13. Saénz C., Tapia S., Chávez J., Robert P. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry*, 114(2), 616–622.
14. Sakalauskas V. (2003). *Duomenų analizė su STATISTIKA*. Vilnius: Margi raštai, 235 p.
15. Santiago-García P. A., León-Martínez F. M., Gutiérrez M. C., Aguirre-Loredo R. Y., Santiago-Urbina J. A., Soto-Castro D. (2023). Microencapsulation of strawberry juice in *Agave angustifolia* fructans: effect of spray-drying conditions on the anthocyanin content and physicochemical properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(12), 6725–6735. [Microencapsulation of strawberry juice in *Agave angustifolia* fructans: effect of spray-drying conditions on the anthocyanin content and physicochemical properties | International Journal of Food Science and Technology | Oxford Academic](#)
16. Shishir M. R. I., Chen W. (2017). Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 49–67.

PHYSICAL PROPERTIES OF MICROENCAPSULATED STRAWBERRY JUICE

Abstract

Microencapsulated strawberry juice powders were obtained by freeze-drying using maltodextrin and inulin as encapsulating materials at different concentrations (10–25%). The aim of the study was to evaluate the physical properties of microencapsulated strawberry juice powders (bulk density, yield, rehydration ratio, and color characteristics) and to determine the effect of the type and concentration of encapsulating materials on these parameters. The data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), and statistically significant differences were determined at $p \leq 0.05$. The results showed that no statistically significant differences in bulk density were observed between different concentrations of maltodextrin and inulin, while the bulk density of strawberry juice powder without encapsulating materials could not be determined due to pronounced hygroscopicity and stickiness after freeze-drying. Powder yield increased with increasing concentrations of encapsulating materials, with the highest values (approximately 24–25%) obtained in samples containing 25% maltodextrin or inulin. In contrast, the rehydration ratio decreased as the concentration of encapsulating materials increased, which may be associated with higher total solids content and reduced powder solubility. Color analysis using the CIE Lab* system showed that increasing the concentration of encapsulating materials resulted in a statistically significant increase in lightness (L^*) values, while redness (a^*) and yellowness (b^*) values decreased. The highest L^* values were observed in samples containing 25% encapsulating materials, particularly when inulin was used, producing lighter powders compared to maltodextrin. The results indicate that both the type and concentration of encapsulating materials significantly influence the physical properties and technological applicability of microencapsulated strawberry juice powders.

Keywords: microencapsulation, strawberry juice, maltodextrin, inulin.