



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi Kar

Instant csipkebogyó teapor előállításának vizsgálata és modellezése

TDK DOLGOZAT

Szerző: Mazár Júlia

Konzulens: Dr. Albert Krisztina

Budapest
2022

Tartalom

1	Bevezetés.....	1
2	Célkitűzés	2
3	Irodalmi áttekintés	3
3.1	Gyógyteafogyasztás	3
3.2	Csipkebogyó tea.....	4
3.3	Instant tea	6
3.3.1	Kereskedelemben megtalálható instant tea termékek.....	7
3.4	Instant tea por készítéséhez alkalmazandó műveletek.....	9
3.4.1	Szilárd-folyadék extrakció.....	9
3.4.2	Membránszűrés.....	10
3.4.3	Porlasztva szárítás.....	15
3.5	SuperPro Designer	18
4	Anyagok és módszerek	19
4.1	Anyagok és eszközök.....	19
4.1.1	Összetevők.....	19
4.1.2	Vákuumszűrő berendezés	19
4.1.3	Mikroszűrő berendezés	20
4.1.4	RO berendezés	21
4.1.5	Porlasztva szárító.....	22
4.1.6	Digitális refraktométer.....	23
4.1.7	Szárazanyag meghatározó készülék	23
4.1.8	Spektrofotométer	23
4.1.9	Digitális kézi színmérő	23
4.2	Módszerek.....	24
4.2.1	A csipkebogyó instant teapor elkészítéséhez felhasznált módszerek.....	24
4.2.2	A csipkebogyó instant teaporhoz kapcsolódó analitikai mérések	26
5	Kísérleti eredmények és értékelésük.....	30
5.1	Előszűrések összehasonlítása.....	30
5.2	Fordított ozmózissal történő besűrítés vizsgálata	33
5.1	Száraz anyagtartalom vizsgálata	36
5.2	Összes polifenol-tartalom vizsgálata	38

5.3	Antioxidáns kapacitás vizsgálata	39
5.4	Instant teaport kiértékelése	41
5.5	Folyamat modellezése.....	41
6	Összefoglaló.....	45
7	Irodalomjegyzék	46

1 Bevezetés

Minden ember, aki elindult valaha egy őszi sétára, találkozhatott már a vadrózsabokrok dér csípte pirosan csillogó termésével, a csipkebogyóval. A csipkebogyó már évszázadok óta a népi orvoslás egyik alapanyaga. Ezt a termést már Krisztus előtti időkben is gyógynövényként hasznosították, hiszen finom íze mellett számos értékes hatóanyagot tartalmaz (pl.: C-, A-, B1-, B2- és K-vitamin). Pozitív élettani hatásainak köszönhetően számos elismerést vívott ki magának a történelem során. A csipkebogyó magas vitamin- és ásványi anyagtartalmának köszönhetően manapság is közkedvelt gyógynövény.

Jelen fogyasztói társadalom egyre nagyobb hangsúlyt fektet az egészség megőrzésre, mindezt lehetőleg természetes alapanyagok felhasználásával. Ezzel szemben viszont egyre nagyobb a kereslet a kényelmi termékek (előkészített, félkész vagy késztermékek) iránt. Ennek a két igénynek a kielégítésére tökéletes az általunk is előállított és vizsgált csipkebogyó alapú instant teapor.

Az instant tea vagy azonnal oldódó tea egy olyan por vagy granulátum, amelyhez víz hozzáadásával, főzés nélkül azonnal tea ital kapható. A piacon pillanatnyilag kevés gyógynövény alapú instant tea található, illetve ami a boltok polcain jelen van az mindösszesen 0,1%-tól 3%-ig tartalmaznak gyógynövénykivonatot és minden esetben cukorral és szőlőcukorral vannak ízesítve.

Diplomamunkám céljából egy olyan instant tea előállítását tűztem ki, ami tisztán csipkebogyó alapú és az iparban elterjedt vákuum bepárlásos besűrítési technológia helyett egy kíméletesebb, fordított ozmózis technológiát alkalmazunk. Ezáltal őriznénk meg a csipkebogyó magas antioxidáns- és polifenol tartalmát.

2 Célkitűzés

Célom egy olyan instant teapor előállítása és vizsgálata, ami csipkebogyó alapú. Az iparban elterjedt technológiával ellentétben a diplomamunkám során extarkcióval, előszűrésenként mikroszűréssel, besűrítésként fordított ozmózissal és porlasztva szárítással állítjuk elő a terméket. Kutatásomban szerepel még a kapott minták elemzése és a technológia SuperPro Designerrel történő vizsgálata. A feladat megvalósítása érdekében az alábbi lépéseket hajtottam végbe:

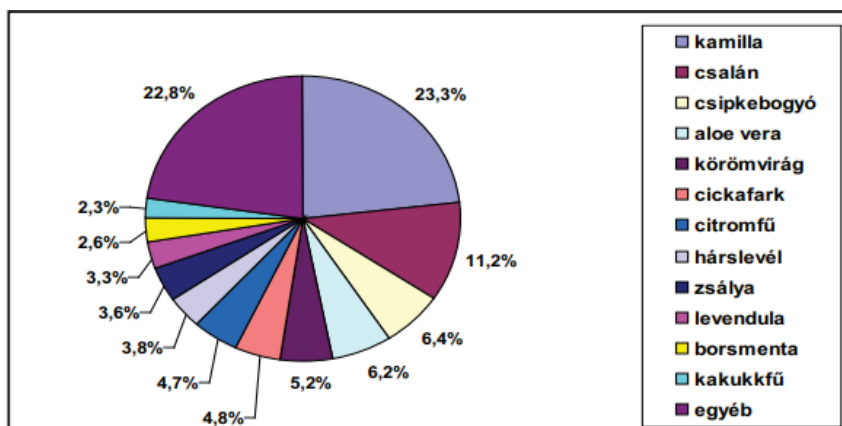
- Membrán műveletek során tiszta víz fluxus mérése a membrán tisztaság ellenőrzésének szempontjából.
- Előszűrés optimalizálása, kerámia kapilláris- és kerámia csőmembrán összehasonlítása. Csőmembránnál statikus keverő nélkül, illetve keverővel ellátott előszűrések összehasonlítása.
- Fordított ozmózis alkalmazása besűrítés során. A kapilláris- és a csőmembránnal történő előszűrésből származó permeátumok besűrítésének összehasonlítása. Fluxusváltozás és vízdoldható szárazanyagtartalom nyomon követése a folyamat során.
- Porlasztva szárítás alkalmazásával instant teapor előállítása.
- Előállítási folyamat során a teljes szárazanyag tartalom vizsgálata a különböző lépések közben.
- Instant teapor színének- és szárazanyag-tartalmának vizsgálata.
- Összes polifenol-tartalom meghatározása és nyomon követése spektrofotométer alkalmazásával az előállítási folyamat lépései során, illetve végtermékben.
- Antioxidáns kapacitás vizsgálata és nyomon követése FRAP módszer alkalmazásával az előállítási folyamat lépései során, illetve végtermékben.
- Folyamat modellezése SuperPro Designer alkalmazásával.

A vizsgálatok a célkitűzéseknek megfelelően az Élelmiszeripari Műveletek és Folyamattervezés Tanszék hozzájárulásával, illetve az általuk biztosított felszerelésekkel, laboratóriumi körülmények között zajlottak.

3 Irodalmi áttekintés

3.1 Gyógyteafogyasztás

A gyógynövényből készült termékek fogyasztása napjainkban ismét fellendülőben van, Csupor (2009) munkássága szerint a gyógynövények reneszánszát éljük. A gyógyteákból és gyógynövényekből készült teákat terápiás és gyógyító tulajdonságaik miatt szívesen és rendszeresen fogyasztják a világ számos részén az emberek. Panyor (2011) kutatásában közvetlen fogyasztói megkérdezések segítségével megállapította, hogy Magyarországon a fogyasztók közül a legtöbben teaként fogyasztják a gyógynövényeket, illetve gél vagy krém formában használják. A felmérés szerint a kamilla, a csalán, a levendula, a csipkebogyó és az aloe vera volt a legismertebb gyógynövény a válaszadók körében (lásd. 1 ábra).



1. ábra Fogyasztók által leggyakrabban ismert gyógynövények (Forrás: Panyor, 2011)

Gyógynövénynek nevezzük azokat a növényeket, amik valahol a Földön a hivatalos gyógyászat, a népi gyógyászat vagy a természetgyógyászat régebben használt vagy jelenleg is felhasznál gyógyítás céljára, valamint gyógyszeripari alapanyagok előállítására. Tágabb értelemben viszont a gyógynövény olyan növény, ami valamilyen hatóanyagot tartalmaz (Banai, 2005).

A VIII. Magyar Gyógyszerkönyv meghatározása szerint: „a gyógynövényteák (herbateák) kizárólag egy vagy több növényi drogból álló, főzéssel, forrázással vagy áztatással készült vizes készítmények, melyeket közvetlenül felhasználásuk előtt kell elkészíteni.” A gyógyteák és a gyógynövénykészítményeket friss és szárított gyógynövényekből, virágokból, gyümölcsökből, levelekből, magvakból, kérgekből és gyökerekből állítják elő, és ömlesztett formában vagy zacskóba csomagolva értékesítik. A gyógynövények és a gyógynövénykészítmények elemkoncentrációi széles tartományban

változnak a különböző növényfajták és teakészítési módok következtében. Általánosságban elmondható, hogy ezek az italok ásványi anyagok, azaz Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S és Zn forrásai, ezért mérsékelt fogyasztásuk hozzájárulhat ezeknek az elemeknek az ajánlott napi beviteli szintjének az eléréséhez. Figyelembe véve ezeknek a termékeknek a nyomelem tartalmát, beleértve az As-t, Cd-t, Co-t, Hg-t, Mo-t, Ni-t, Pb-t, Sb-t, Ti-t és V-t, fogyasztásuk nem jelent komoly egészségügyi veszélyt (Pohl, 2016).

Magyarországon a kedvező földrajzi adottságok és az éghajlati viszonyok miatt kimondottan gazdag vadontermő gyógynövényekben, ami Európa szinten kiemelkedő. Jelenleg 300-350 fajta gyógynövény található meg hazánkban, ennek csak töredékét ismeri el hivatalosan gyógynövénynek a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (Banai, 2005). Napjainkban a magyarországi gyógynövénytermelő vállalkozások, közmunka programok és szociális szövetkezetek is foglalkoznak vadon termő gyógynövények gyűjtésével, termesztésével, illetve feldolgozásával (Lakatos és munkatársai, 2015).

3.2 Csipkebogyó tea

A csipkebogyó tea az egyik leggyakrabban fogyasztott gyógytea Magyarországon és világszinten is, mivel a gyógyteák olyan bioaktív vegyületeket tartalmaznak, amelyek jótékony hatással vannak az emberi egészségre. Széles körben megtalálható a kereskedelmi forgalomban Európában és az Egyesült Államokban (Gorgulu és társai, 2016, Panyor 2011; Choi, 2009).



2. ábra Vadrózsa (Forrás: Internet 1)

A csipkebogyó teát a *Rosa canina* L., más néven vadrózsa, gyepűrózsa vagy csipkerózsa növény terméséből nyerik (lásd 2. ábra). A csipkebogyó narancsos-vöröses színű, húsos áltermés, amely szűrősebb szőrökkel körbe vett magokat tartalmaz. A csipkebogyó tea készítése során a vadrózsa termésének a magjait először eltávolítják és ezt követően egészben szárított vagy összezúzott formában alkalmazzák.

Ezt a teát nem csak kellemes gyümölcsös íze miatt fogyasztják az emberek, hanem rengeteg jótékony hatása miatt is. A csipkebogyó teát hagyományosan megfázás, influenza és ízületi gyulladás kezelésére használják (Wenzig és társai, 2008). A csipkebogyó igen magas C-

vitamin tartalommal rendelkezik, ami a citromnak a tízszeresével egyenlő, de A-, B-, K- és P-vitamint, vasat, magnéziumot is tartalmaz. A csipkebogyó gazdag még fenolokban (pl.: katechint, proantocianidint, tannint), pektinben, szerves savakban és esszenciális zsírsavakban. Ezen kívül karotinoidokat, folátot is tartalmaz. Ezeknek a vegyületeknek köszönhetően a csipkebogyó tea magas antioxidáns tartalommal, illetve rákellenes, gyulladáscsökkentő és mutagén hatásással rendelkezik (Tumbas és társai, 2002; Choi, 2009). Yildiz és Alpaslan (2012) kutatásuk során meghatározták a friss csipkebogyó egyes fizikai és kémiai tulajdonságait, amelynek adatait az 1. táblázatban foglaltam össze.

Tulajdonságok	Eredmények
Tömeg (1000db csipkebogyó)	1870.3±205 g
Gyümölcshús	66.9±12.2 %
Teljes oldható szárazanyag-tartalom	22.1±2.9 °Brix
pH	3.86±0.12
Savtartalom citromsavban	3.2±0.1 %
Teljes szárazanyag-tartalom	32.5±4.2 %
Hamu	3.2±0.5 %
Fehérje	7.2±0.4 %
Pektin	4.1±0.3 %
Teljes fenol-összetétel GAE-ben a friss gyümölcs tömegére vonatkoztatva	9982±90 mg/100g
Aszkorbinsav-tartalom (a friss gyümölcs tömegére vonatkoztatva)	895.1±58 mg/100g
FRAP antioxidáns kapacitása TE/ tömeg gyümölcs	1.840±0.22 mM/g
Antocianinok (cianidin-3-glükozidként)	28.2±3 mg/kg
Karotinok (β-karotinként)	44.2±4 mg/kg

1. táblázat Csipkebogyó gyümölcseinek fizikai, kémiai és antioxidáns tulajdonságai (saját készítésű táblázat)

3.3 Instant tea

Az instant tea vagy azonnal oldódó tea egy olyan por vagy granulátum, amelyhez víz hozzáadásával, főzés nélkül azonnal tea ital kapható. Az instant tea legkorábbi formáját az Egyesült Királyságban John William Brown fejlesztette ki 1885-ben. Ez egy koncentrált teakivonatból, párolt tejből és cukorból készült paszta volt, amelyet forrásban lévő vízhez adva feloldódott és tea italt kaptak belőle.

Ennek a szabadalomnak azonban nem történt jelentős fejlesztése mindaddig, amíg a porlasztva szárítás technológiája lehetővé nem tette a teakonzentrátumok olyan hőmérsékleten történő szárítását, amely nem károsítja a por ízét. Az új fejlesztések közül az elsőt Werner Arndt szabadalmaztatta 1943-ban. Olyan eljárást fejlesztett ki, amely két- vagy három lépcsős extrakciós eljárást foglal magában, amelyet különböző hőmérsékletű vízzel végzett el, illetve vákuumpárologtatást és porlasztva szárítást alkalmazott.

Az instant tea előállítása hat fő lépésre bontható: alapanyagok kiválasztása, extrakció, aroma sztrippelés (aroma stripping), teakrém feldolgozás (tea creaming), sűrítés és szárítás. A megfelelő minőségű tealeveleket legelőször leszüretelik és fonnyasztják, ekkor a friss tealevelek nedvesség tartalmát csökkentik. Ezt követően extrakció segítségével levélből kivonják a teaszárazanyag-tartalmát és az így kapott kivonatoldatot koncentrálják. Az extrakciós lépés után az oldatot dekanteren, centrifugán vagy szűrőprésen át derítik.

A sztrippelés egy fizikai elválasztási folyamat, ahol a komponensek gőzáram segítségével eltávolíthatók a folyadékaramból. A sztrippelő gáz, jellemzően gőz, nitrogén vagy szén-dioxid, áthalad a folyékony oldaton, és feloldja benne az aromás vegyületeket.

A fekete tea alacsony oldhatóságú vegyületeket tartalmaz, amelyek hajlamosak egymáshoz kötődni. Az oldat zavarossá válik és színe halványbarnára változik. Ezt a jelenséget teakrémezésnek nevezik. A teakrém egy kolloid anyag, amely számos olyan vegyületet tartalmaz, amelyek hozzájárulnak a fekete tea színéhez és ízéhez, illetve az összes szárazanyag akár 30%-át is tartalmazhatja. Az amerikai piacon az instant teától azt várja el a fogyasztó, hogy feloldva tiszta legyen, ami miatt a krém elfogadhatatlan az oldat részeként. Iparilag számos módszert szabadalmaztattak a probléma kezelésére, mint például a tannase enzim felhasználása a krém feloldásához. Egy másik módszer a krém két osztályának azonosításán alapult: az alacsony molekulatömegű vegyületek (például az ízesítéshez hozzájáruló polifenolok) és a nagyobb molekulatömegű vegyületek (például a poliszacharidok, polipeptidek és fehérjék). Ez az eljárás ultraszűréssel, abszorpciós

kromatográfiával vagy olajsűrűssel távolítja el a nagy molekulatömegű vegyületeket. Az összetevők megmaradnak és nem krémesednek.

Az extrakciós és teakrémezési folyamatok után a teaoldat még mindig túl híg ahhoz, hogy szárítón áthaladjon. Szárítás előtt először koncentrálják az oldatot általában 40%-os szárazanyag-tartalomra, víz elpárologtatása mellett. A lemezes hőcserélők 45 °C körüli hőmérsékleten képesek elérni a kívánt párolgást, rövid tartózkodási idővel, ami csökkenti a hőkárosodás kockázatát.

Utolsó technológiai lépés a szárítás, amelyet fagyasztva szárítottassál vagy porlasztva szárítással érnek el. A cseppeket általában körülbelül 3-5%-ra szárítják, mivel minden alacsonyabb érték növeli az égés kockázatát, és bármi, ami magasabb, csökkentheti az eltarthatósági időt a megnövekedett víz-aktivitás miatt (Willson és Clifford. 1992).

3.3.1 Kereskedelemben megtalálható instant tea termékek

A porlasztva szárítás technológiájának elterjedése után, az instant tea piaca elkezdett növekedni. Willson és Clifford 1992-es kutatásukban összefoglalták azokat az országokat, ahol elterjedt az instant teafogyasztás (lásd 2.táblázat). Általában az instant teát a legtöbb országban nem ismerik el kellően jó minőségűnek a kiskereskedelmi értékesítéshez, ezért főként automatákban és teakeverékeként értékesítik.

Ország	Instant tea piaca
Egyesült Államok	Kiskereskedelmi instant fekete tea Kiskereskedelmi ízesített hideg teakeverékek
Európa	Citromos tea árusítása
Egyesült Királyság	Instant fehér tea árusítása Kiskereskedelmi citromos tea Kiskereskedelmi fehér tea
Japán	Kiskereskedelmi fekete instant tea Kiskereskedelmi zöld instant tea

2. táblázat Az instant tea használata világszerte (saját készítésű táblázat)

Magyarországon nem igazán elterjedt az instant teafogyasztás. Kiskereskedelemben italautomatákhoz kapható instant tea por és korlátozott választékban ízesített instant tea (olyan instant teák, amelyeket illat- és / vagy ízesítő anyagok hozzáadásával készítenek). Az előzőekben felsorolt instant teák alapja fekete- vagy zöld tea.

Gyógynövényt tartalmazó instant tea csak babák és kisgyermekeknek szánt termékek között található. Ezek a termékek 0,1%-tól 3%-ig tartalmaznak gyógynövénykivonatot, viszont az összesben található cukor és szőlőcukor nagyobb mennyiségben.

Jelenleg a hipermarketek és a szupermarketek áru kínálatában a következő termékek találhatóak meg (lásd 3.ábra):



3. ábra Ekoland instant tea málna ízű 300 g, Ekland citrom ízű instant tea C-vitaminnal 300 g, Ekoland instant tea multivitamin ízű 300g, Ekoland instant tea erdeigyümölcs ízű 300g (forrás: Internet 2), Coop őszibarackízű instant teaitalpor 300 g (forrás: Internet 2), Maspex Food Citrom ízű gyorsan oldódó teaitalpor C-vitaminnal 350g, Maspex Food Erdeigyümölcs ízű gyorsan oldódó teaitalpor, C-vitaminnal 350g, Lord Nelson Citromízű instanttea-granulátum 350g, Lord Nelson Málnaízű instanttea-granulátum 350g, Kecskeméti Málna- csipkebogyó instant tea 200g, Kecskeméti Alma-citromfű instant tea 200g, Kecskeméti Narancs instant tea 200g, Milupa Málna ízű insatnt tea 200g, Milupa Gyümölcsös instant tea 200g (forrás: saját képek)

3.4 Instant tea por készítéséhez alkalmazandó műveletek

3.4.1 Szilárd-folyadék extrakció

A szilárd-folyadék extrakciós művelet során a szilárd anyagból folyékony oldószerrel való intenzív érintkeztetés segítségével oldunk ki egy vagy több meghatározott komponenst. A komponenst tartalmazó anyag a leadófázis és az oldószer a felvevőfázis. A folyamat során fontos a diffúzió, tehát az oldószer bejutása a szilárd fázisba és az extraktum kijutása a folyadék fázisba. A műveletnek a legkritikusabb paramétere a hőmérséklet. Az extrakciót magasabb hőfokon érdemes elvégezni, mivel ilyenkor nagyobb lesz a diffúziós állandó, így gyorsabban végbe megy a folyamat. A hőmérséklet hatására csökken az oldószer viszkozitása, ennek köszönhetően könnyebben bejut az oldószer a szilárd fázis pórusaiba és több értékes komponens oldódik az oldószerbe.

Ezt az extrakciós műveletet több helyen alkalmazzák az élelmiszeriparban, mint például a cukoriparban (cukor kioldása melegvízzel), a növényolaj iparban (sajtolás után a magvakban maradt olaj kivonása), illetve hatóanyagok kinyerésére növényekből (pl.:kávét, tea) (Élelmiszeripari Műveletek III., Mate egyetemi jegyzet, 2017).

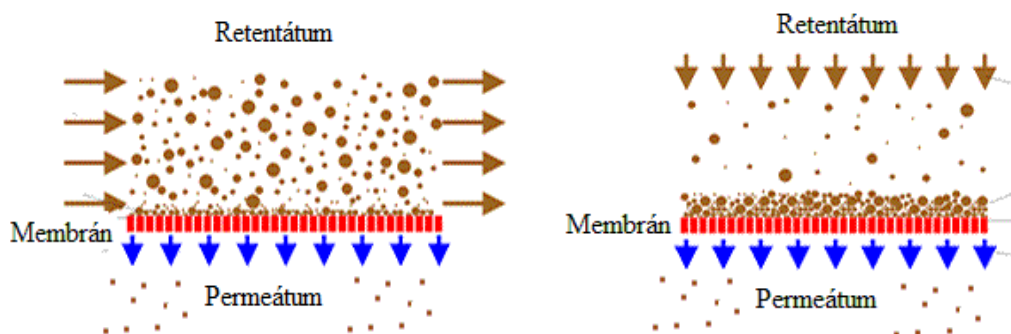
A csipkebogyó teához általában a csipkebogyót leforrázzák forró vízzel, ezt követően ázni hagyják egy rövid ideig és utána eltávolítják a leforrázott termést a teából. A főzés körülményei befolyásolhatják az antioxidáns vegyületek kivonási sebességét a csipkebogyóból a teáitalba. A legkritikusabb paraméterek az extrakciós idő és a hőmérséklet. İlyasoğlu és társai (2017) a csipkebogyó tea elkészítésének mi a legmegfelelőbb körülményeit kutatták. A csipkebogyó tea aszkorbinsav-tartalmára, TPC-értékére és FRAP-értékére modellt állítottak és RSM segítségével értékelték ki. A vizsgálatuk alapján leginkább befolyásoló változónak a víz hőmérsékletét találták. A csipkebogyó tea (2 g tea 100 ml vízben) elkészítéséhez a legjobb főzési feltételek a 84-86 °C-os vízhőmérséklet és 6-8 perces főzési időt állapították meg. Egy másik kutatás során Akar és társai (2021) hideg és meleg extrakció hatását vizsgálták a filteres teából készített csipkebogyó tea antioxidáns aktivitására TPC, CUPRAC, FRAP és ABTS antioxidáns aktivitás-meghatározó módszerek segítségével. Megállapították, hogy 90 °C-on van a legmagasabb aktivitási érték a TPC, FRAP és ABTS módszereknél. A CUPRAC tesztben azonban a legmagasabb értéket 45 °C-on határozták meg, ebből arra következtettek, hogy a csipkebogyó tea extrakciója alacsony hőmérsékleten előnyt jelenthetnek egyes fenolok oldhatósága szempontjából, amelyek magas hőmérsékleten denaturálódhatnak.

Az extrakciós folyamatot elősegíti, ha az oldószer savas, tehát a pH-ja 7-esnél alacsonyabb. Zimmermann és Gleichhangen (2011) kutatásában zöldtea extrakció során vizsgálták az aszkorbinsav, a citromsav és a foszfát-puffer hatását különböző alacsony pH-án (3pH, 4.8pH és 6 pH). Megállapították, hogy az adalékanyagok akár 20%-kal képesek növelni a flavanol koncentrációt az extraktumban. A pH-értéke a döntő tényező a koncentráció növelésében, nem pedig a felhasznált adalék kémiaja.

3.4.2 Membránszűrés

A membrán műveletek a szétválasztási eljárások közé tartoznak. A membrán műveleteknek az alapja, hogy egy permszelektív gát (membrán) segítségével két fázis között az egyensúly keresés során komponens átmenet jöjjön létre (tehát két vagy több komponensből álló elegy egyes komponenseit átereszt, másokat pedig részben vagy teljesen visszatart), ami által egy komponensben gazdagabb és egy szegényebb közeget kapunk végeredményképpen. Ez a technológia anyagkímélő, hideg művelet, emiatt az élelmiszeriparban elterjedt. A membrán műveletek lehetnek szakaszos (batch) vagy folyamatos (continuous) működésűek, illetve statikus (*dead-end*) vagy keresztáramú (*cross-flow*) kialakításúak. A statikus üzemmódnál a betáplálás árama merőleges a membrán felületre, a szűrés során szűrőlepleny képződik (ami eltömítheti a pórusokat) (lásd. 4. ábra).

A keresztáramú üzemmód esetén a betáplálási irány párhuzamos a membrán felületével, ami gátolja a szűrőlepleny kialakulását és csak egy vékony filmréteg keletkezik (lásd 4. ábra). A membránszűrésnek ez a formája az elterjedtebb (Élelmiszeripari Műveletek I., Mate egyetemi jegyzet, 2016, Bélafiné Bakó és Nemestóthy, 2020).



4. ábra Statikus szűrés vázlata (bal) Keresztáramú szűrés vázlata (jobb) (Forrás: Fogarassy 2012)

Az összefoglaló táblázatban (lásd 3. táblázat) látható az élelmiszeriparban elterjedt membránszűrési műveletek membrán pórusméret, transzmembrán nyomáskülönbség és kiszűrhető részecskék (mérete) alapján való csoportosításuk szerint.

Műveletek	Membrán pórusméret	Transzmembrán nyomáskülönbség (bar)	Kiszűrhető részecskék (mérete)
Mikroszűrés	~ 0,1-1 µm	1-3	Keményítő, pigmentek, baktériumok, élesztőgombák (100 000-10 ⁶ Da)
Ultraszűrés	~ 0,01-0,1 µm	3-8	Makromolekulák, kolloidok, vírusok, proteinek (1 000-100 000 Da)
Nanoszűrés	~ 0,001-0,01 µm	1-20 (30)	Nagyobb molekulák, cukrok kétértékű ionok (100-1 000 Da)
Fordított ozmózis	~ 0,1-1 nm	10-80	Egyértékű ionok (10-100 Da)

3. táblázat Membránszűrési műveletek (saját készítésű táblázat)

A membrán műveletét a következő képletek írják le:

- Transzmembrán nyomáskülönbség:

Transzmembrán nyomáskülönbség (ΔP_{TM}) fontos paramétere a membrán technológiáknak, az 1. egyenlet szerint:

$$\Delta P_{TM} = \frac{P_b + P_r}{2} - P_p \quad [bar]$$

P_b – betáplálási oldali nyomás

P_r – retentátum oldali nyomás

P_p – permeátum oldali nyomás

- Fluxus, fajlagos szűrletteljesítmény:

A membrán teljesítményét az áteresztőképességgel (J) jellemezzük. Az a térfogat, amelyet a membrán egységnyi felülete egységnyi idő alatt átereszt (2. egyenlet).

$$J = \frac{W_p}{A} \quad \left[\frac{l}{m^2 h} \right]$$

W_p – permeátum térfogatáram

A – membránfelület

- Visszatartás, retenció:

A visszatartás (R_i) megmutatja, hogy az adott membrán a kiszűrendő molekulát hány százalékba tartja vissza, tehát mekkora a szűrés hatásfoka a 3. egyenlet alapján:

$$R_i = \frac{c_{Ri} - c_{Pi}}{c_{Ri}} * 100 = \left(1 - \frac{c_{Pi}}{c_{Ri}}\right) * 100 \quad [\%]$$

c_{Pi} – a szűrletben (permeátumban) a kiszűrendő anyag koncentrációja

c_{Ri} – a sűrítményben (retentátumban) a kiszűrendő anyag koncentrációja

Ha $R_i=0$, a membránon minden anyag zavartalanul átáramlik (nincs visszatartás), ha $R_i=100$, a membrán az oldott anyagokat teljesen visszatartja (Élelmiszeripari Műveletek I., Mate egyetemi jegyzet 2016, Fogarassy 2012).

- Sűrítési arány

Szakaszos szűrés során számolható (4. egyenlet) a sűrítési arány (f).

$$f = \frac{V_B}{V_R} \quad [-]$$

V_B – betáplált elegy térfogata

V_R – a sűrítmény (retentátum) térfogata

- Vágási érték:

Megmutatja azt a molekula tömeget, amelyet a membrán 90%-ban képes visszatartani.

- *Szelektivitás:*

A szelektivitást ($\alpha_{A/B}$) szeparációs (vagy szelektivitási) faktorról tudjuk megadni (5.egyenlet).

$$\alpha_{A/B} = \frac{\frac{y_A}{x_A}}{\frac{y_B}{x_B}} \quad [-]$$

y_A, y_B – két komponens koncentrációja a permeátumban

x_A, x_B – két komponens koncentrációja a sűrítményben

A szelektivitási tényező értéke általában az egységnél nagyobb. Ha nagyjából a B komponens jut át a membránon, akkor érdemesebb $\alpha_{B/A}$ -ként definiálni a faktort. Abban az esetben, ha a $\alpha_{A/B} = 1$, nincs szeparáció (Bélafiné Bakó és Nemestóthy, 2020).

3.4.2.1 Mikroszűrés (MF)

A mikroszűrést (Microfiltration, MF) rengeteg eljáráshoz alkalmazzák a különböző iparágakban (pl.: italok és gyógyszerek hidegen történő sterilizálása; gyümölcslevek, borok, sörök tisztítása; baktériumok szeparálása vízből; olaj-víz emulzió szeparálása; előkezelés nanoszűréshez és fordított ozmózishoz) (Internet 3).

A mikroszűrés az egyik legrégebbi, kereskedelemben alkalmazott nyomásvezérelt membránalkalmazás. Fizikai elválasztás elve alapján képes eltávolítani a mikrométeres méretű anyagokat ($100\ 000 - 10^6$ Da), például a lebegő részecskéket, a kórokozókat, a baktériumokat, a fehérjéket és az élesztősejteket. A nagy léptékű szennyeződések visszatartásának képessége miatt a mikroszűrést sokoldalú membráneljárássá teszi. Ennél a membránszűrés típusnál a membránok pórusmérete $0,1 - 1\ \mu\text{m}$ tartományban vannak. Mivel alacsony a hidrodinamikai ellenállása, az ilyen membránok alacsony hidrosztatikai nyomást (1-3bar) igényelnek a szennyeződések visszatartása és az oldószerfluxus érdekében (Anis és társai, 2019).

Bánvölgyi (2009) doktori értekezésében feketeribiszkelé besűrítésével foglalkozott. Feketeribiszkelé tükrösítésére az ultraszűrést, illetve a mikroszűrést hasonlította össze. Az analitikai vizsgálatok alapján megállapította, hogy az alkalmazott 100 kDa-os ultraszűrő membrán nagymértékben visszatartotta az értékes komponenseket, ezért nem alkalmas a feketeribiszkelé előszűrésére. Ellenben az alkalmazott $0,45\ \mu\text{m}$ pórusméretű mikroszűrő membrán értékes anyag visszatartása 1% alatt volt, ezáltal megfelelő módszer a gyümölcsle előszűrésére.

Chandini és munkatársai (2012) a feketetea kivonatok derítését kétfajta membrántechnológia összehasonlításával végezték el: mikroszűréssel (200 és 450 nm) és ultraszűréssel (25, 50, 100 és 500 kDa). Vizsgálataik alapján arra következtettek, hogy a membrán pórusméretének csökkenésével nőtt a teakomponensek visszatartása, beleértve azokat a komponenseket is, ami a tea zavarosságát okozzák. A membránnal feldolgozott kivonatok tisztasága kiváló volt, még 30 napos hűtött tárolás után is. Az 500 kDa membránnal történő ultraszűrés és a mikroszűrések során az eredeti szín jobban megmaradt, valamint a tea szárazanyagainak, beleértve a polifenolokat is, nagyobb visszanyerését érték el a tisztított kivonatban.

3.4.2.2 Fordított ozmózis (RO)

A fordított ozmózis (Reverse Osmosis, RO) különböző ipari területeken (pl.: tengervíz sótalánítás, ivóvíztisztítás, szennyvíztisztítás, cukorgyártás, gyümölcslé besűrítés, tejipar) széles körben elterjedt módszer napjainkban.

A fordított ozmózis kis molekulatömegű oldott anyagok 10-100 Da (pl.: aminosavak, a konyhasó és az egyértékű ionok) elválasztásánál alkalmazható. A membrántól függően a visszatartás elérheti akár a 99 - 99,5%-ot is. A folyamat során a túlnyomást alkalmazzuk, ami miatt a hígabb oldat irányából a töményebb oldat irányába történik az komponensáramlás. A transzport a hőmérséklettől, a nyomástól és a permeátum és a retentátum közötti koncentrációkülönbségtől függ. A nyomás és a hőmérséklet növekedése a membránon keresztüli áramlás növekedését eredményezi (eltérő mértékben). Az oldott anyag koncentrációja szintén nagymértékben befolyásolja az fordított ozmózis folyamat teljesítményét. Az oldott anyag koncentrációjának növekedésével az ozmotikus nyomás is nő. Ez növeli az áramlás természetes irányának megfordításához szükséges, alkalmazott nyomás mértékét. Ez a koncentráció egyik fő korlátja az fordított ozmózis eljárásoknál (Sousa, 2015).

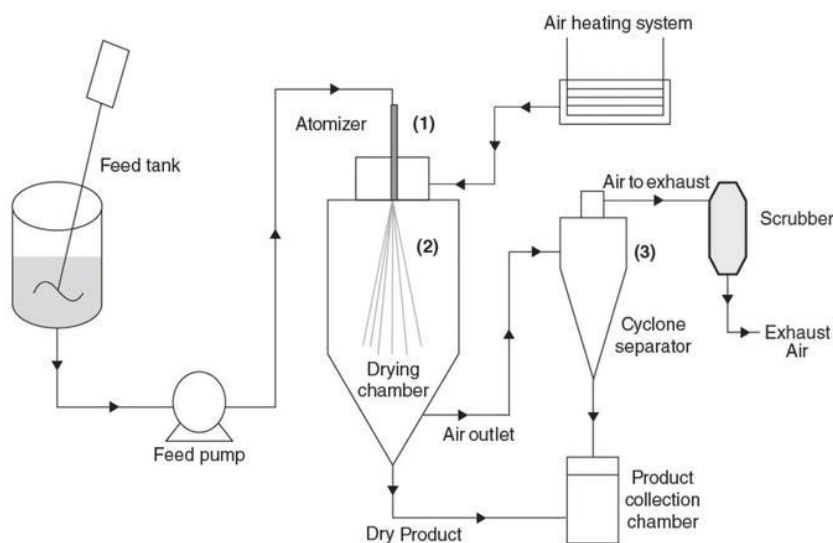
Fordított ozmózisnál a membrán pórusmérete 0,1-1 nm közötti tartományba esik. A kisméretű pórusok miatt és a jelentkező ozmózisnyomás leküzdésére az alkalmazott nyomás 10 - 100 bar között van és a szűrlet fluxus (a membrán áteresztőképessége) tartománya 0,05-1,4 L/(m²h) (Mulder, 1997). Kutatások szerint 100 és 200 bar közötti nyomást is alkalmaznak egyes fordított ozmózis berendezéseknél (Günther és társai 1996).

Vas-Vincze (2010) doktori értekezésében integrált membránműveletek alkalmazásával foglalkozott egészséges félkész termékek előállítása során. A kutatása során kávé- és homoktövis lé sűrítmenyt készített fordított ozmózis művelettel. A kávé besűrítést 180 L/h recirkulációs térfogatáramon, 25 °C-on és 30 bar transzmembrán nyomáskülönbségen végezte el. A folyamat alatt a fluxus folyamatosan csökkent (kb. 20%-kal), míg a sűrítmeny szárazanyag-tartalma a 6-szorosára növekedett. A homoktövis besűrítésénél 500 L/h recirkulációs térfogatáramot, 30 °C-ot és 48 bar transzmembrán nyomáskülönbséget alkalmazott. A vizsgálata eredményképpen megállapította, hogy a fluxus jelentősen (64%-kal) csökkent a mérés során. A besűrítés folyamata közel 8,5 órán keresztül tartott, amely során a szárazanyag-tartalom 4,5 ref%-ról 17,6 ref%-ra növekedett.

Lai és munkatársai (2021) a teafeldolgozás során keletkező megmarad melléktermék tealevelek fordított ozmózissal való feldolgozását vizsgálták. A kutatásuk során friss tealevelekből készült extraktumot alkalmaztak. A besűrítést lapmembrános keresztáramú rendszerrel, 15 L/perc-es betáplálási sebességgel, 30 és 40 bar üzemi nyomással végezték el. A kutatási eredményeik alapján megállapították, hogy a permeátum fluxusa nőtt az üzemi nyomás növekedésével. Az előállított sűrítmény összes szárazanyag-tartalma, polifenol- és az antioxidáns kapacitása és tartalma 40 bar üzemi nyomáson magasabb volt, mint 30 bar-nál. A maximális szárazanyag elméleti tartalmát 40 bar nyomáson 341 g/L-re becsülték. A vizsgálatuk során megállapították, hogy a fordított ozmózis alkalmazása tea kivonat besűrítésére alkalmas, amelyből instant teapor állítható elő.

3.4.3 Porlasztva szárítás

A porlasztva szárítás műveletet mind gyógyszeriparban (pl.: porinhalációs készítmények), mind az élelmiszeriparban (pl.: tejpor, tojáspor, levesporok, zöldségporok) gyakran alkalmazott módszer. A művelet célja, hogy egy nedves anyagból meleg levegő segítségével eltávolítsuk a nedvességet. A folyamat három lépésből leírható, de egyes szakirodalmak inkább öt lépésben határozzák meg. Amint az 5. ábrán látható, az előre már besűrített oldatot egy porlasztóba pumpálják és a betáplált folyadékot finom cseppecskékből álló permetre bontják. Ezután a cseppek egy szárító gázkamrába kerülnek, ahol a nedvesség elpárolog, aminek eredményeképp a polimer kapszulahéjat alakít ki, kiválva a szemcsék felületére. Végül megfelelő eszközzel a szárított részecskéket elválasztják a szárítóközegetől, majd egy tartályba gyűjtik (Santos és társai, 2017, Dévay 2013).



5. ábra Porlasztva szárítás (Forrás: Santos és társai, 2017)

A porlasztva szárítás hatásfokát és a végtermék minőségét több paraméter is befolyásolja. A folyamatot meghatározza a szivattyú betáplálási sebessége, a porlasztófej átmérője, a kompresszor légnyomása, a szárítólevegő hőmérséklete, a szárítókamra kialakítása, a szárítókamrában eltöltött idő, a ciklon kialakítása, a betáplált elegy hőmérséklete, a betáplált elegy szárazanyag-tartalma, a betáplált elegy anyagi minősége, a betáplált elegy koncentrációja, a betáplált elegy viszkozitása és a betáplált elegy cukortartalma (Markó, 2017). Az előzőekben felsoroltak alapján ez a technológia több előnnyel is rendelkezik. Az eljárást gyakorlatilag bármilyen kapacitásra tervezhető. A betáplálási sebesség néhány dekagrammtól óránként több mint 100 tonnáig terjedhet. A működés folyamatos és teljesen automatikus vezérléshez igazítható. Hőálló és hőérzékeny termékekkel egyaránt használható (Patel és társai, 2009).

Az instant porteák elkészítéséhez alkalmas a porlasztva szárítás művelete, amit több kutatás is alátámaszt. Thuong és munkatársai (2020) által elvégzett kutatás során *Codonopsis javanica* L. gyógynövény gyökerének kivonatából állítottak elő instant teát porlasztva szárítás alkalmazásával. A vizsgálatuk során 40.3% szárazanyag-tartalomú extraktumot alkalmaztak, szárító adalékként és maltodextrint. 140 °C-on, 120 ml/h betáplálási sebességgel végezték el a szárítást. Megállapították, hogy alacsony (140 °C) szárítási hőmérsékleten a kapott részecskék alakja jellemzően gömb alakú volt, zsugorodott és homorú külső felülettel rendelkeztek, ami arra utal, hogy az alacsony szárítási hőmérséklet egyértelműen jobb belső összetevővédelmet biztosít. ANOVA- (variancia analízis) és LSD-tesztek (legkisebb szignifikáns különbség) segítségével azt is kimutatták, hogy a legnagyobb szárítási hozamot 140 °C-on és 300 ml/h betáplálási sebességgel lehet elérni. Ahogy a hőmérséklet 140 °C-ról 200 °C-ra emelkedett, a szárítási hozam csökkent, mivel a magas bemeneti/kimeneti hőmérséklet karamellizálódási reakcióhoz vezetett, ami csökkentette a szárítási hozamot. A betáplálási sebesség növelésével a csepp porlasztási szakaszban nagyobb cseppekhez vezetnek. Ezek a cseppek magas víztartalommal rendelkeznek és emiatt magasabb lett a nedvességtartalma a porított terméknek (Jumah és társai, 2000).

Egy másik kutatási munka alapján, amit Vladić és munkatársai (2016) végeztek el miközben filteres teaipari melléktermékeinek újra hasznosításán belül cickafark teaport állítottak elő porlasztva szárítási technikával, megállapították, hogy az előállított porok fizikai jellemzői javíthatók maltodextrin szárítószerként történő alkalmazásával. Ez a maltodextrin külsőleg aktív szénhidrátjaival magyarázható, amelyek a kivonatokban

illékony vegyületekhez kapcsolódnak. Ennek eredményeként a szárító adalékanyagok nagyobb koncentrációja támogathatja a megmaradt illékony anyagok megkötését, ezzel egyidejűleg növelheti a porlasztva szárítás hozamát. A kapott cickafark teaporok amorf szerkezetűek, kis szemcseméretűek, 7,8 μm -esek és kedvező gömb alakúak voltak. Magas antioxidáns tartalommal rendelkeztek az előállított porok, valamint az egészségre jótékony összetevők, mint a chamazulene, kariofilén-oxid, -eudesmol tartalma is magas volt.

Susantikarn és Donlao (2016) tanulmányban a zöld tea kivonat optimális porlasztva szárítási körülményeit vizsgálták. A kutatás során 1 kg porított zöld tea szárítmányt 20 liter 90 °C-os vízzel 60 percig extraháltak. A szilárd anyag eltávolítása után az extraktumot bepárlás alkalmazásával 10%-os teljes szárazanyag-tartalmú oldatot készítettek. A extraktumhoz 3, 5 és 7 w/v% arányban maltodextrint adtak és porlasztva szárították. Az eredmények alapján megállapították, hogy a 210 °C-on, 80 °C-os kimeneti hőmérséklet, 2500 ford./perc betáplálási sebesség és 3% maltodextrin tartalom mellett végzett porlasztva szárításnál érhető el legkedvezőbb tulajdonságokkal rendelkező zöld teapor (alacsony vízaktivitást, jó színjellemző, jó oldhatóság, alacsony térfogatsűrűséget, alacsony nedvességtartalommal és magas összes polifenol tartalommal).

3.5 SuperPro Designer

SuperPro Designer programot (TIBCO Software Inc.) egy amerikai cég, az Intelligen, Inc. fejlesztette. Ez egy folyamatábra vezérelt szimulációs program, amely kezeli az anyag- és energiamérlegeket, a berendezések méretezését és költségszámítását, a gazdasági értékelést, a környezeti hatás vizsgálatot, a folyamatütemezést, valamint a szakaszos és folyamatos műveletsorok optimalizálását. Ez az eszköz a mérnökök és a tudósok számára az eljárások fejlesztéséhez és a gyártási folyamatok megtervezéséhez is hasznos lehet. A SuperPro Designert széles körben használják a gyógyszeriparban, a biotechnológiában, a speciális vegyiparban, az élelmiszeriparban, a kohászatban és egyéb iparágakban. A SuperPro a víztisztítási, szennyvízkezelési és légszennyezés-szabályozási folyamatok modellezését is megkönnyíti, ezáltal a környezetvédelemmel foglalkozó területeken alkalmazható modellező program.

Elsősorban vegyészek számára fejlesztették ki ezt a folyamatszimulátort, ezért nemcsak az egyes berendezések, de a használt anyagok paraméterei is megadhatók. Adatbázisa több mint 1200 anyag fizikai és termodinamikai tulajdonságait tartalmazza, illetve 140 berendezés és művelet található a programban. Alkalmas költségelemzésre és környezetvédelmi hatástanulmány elkészítésére is. Ezen kívül a SuperPro-ban a felhasználók képesek meghatározni anyagokat és berendezéseket, amiket még nem tartalmaz (forrás: Internet 4).

Az élelmiszeriparban a SuperPro Designer program nagyon hasznos lehet a gyártási folyamatok megtervezése, illetve a változtatások nyomon követése során. Fogarassy (2012) doktori dolgozata során ezt a programot használta a komplex membrán technológiával történő kajsziabaracklé feldolgozásához. Ennek segítségével meghatározta a legalkalmasabb membrántechnikai kapcsolást, amit összehasonlított a hagyományos bepárlással történő eljárással. Suharamanto és munkatársai (2020) SuperPro Designer segítségével szimulálták a derítés folyamatát az étolajgyártás során. Ennek köszönhetően meg tudták határozni, hogy melyek az optimális paraméterek a megfelelő étolaj előállításához.

4 Anyagok és módszerek

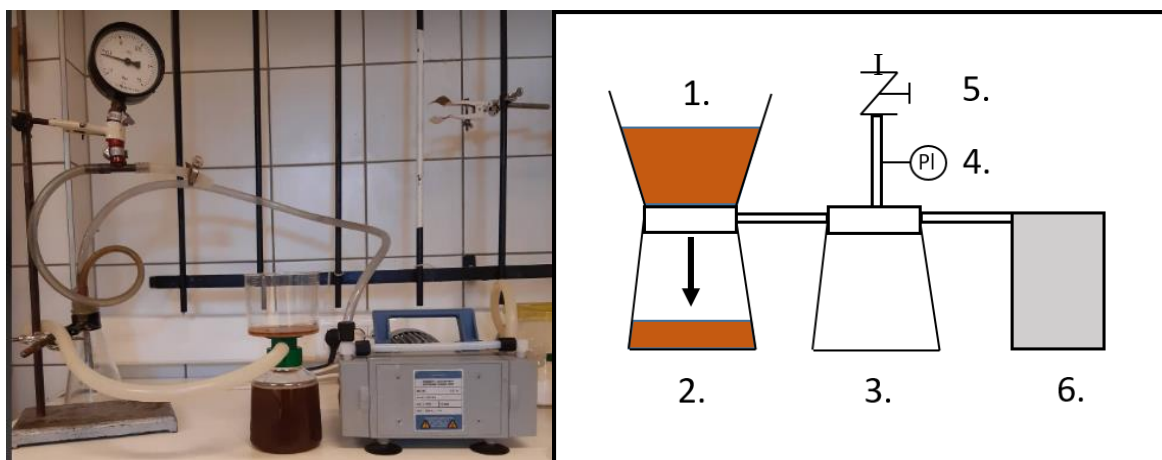
4.1 Anyagok és eszközök

4.1.1 Összetevők

Az instant tea alapjaként szolgáló extraktumhoz három fő alapanyagot használtunk: Herbaria szárított csipkebogyó átermést (hús), citromsavat és desztillált vizet. A porlasztva szárítás során maltodextrint alkalmaztunk.

4.1.2 Vákuumszűrő berendezés

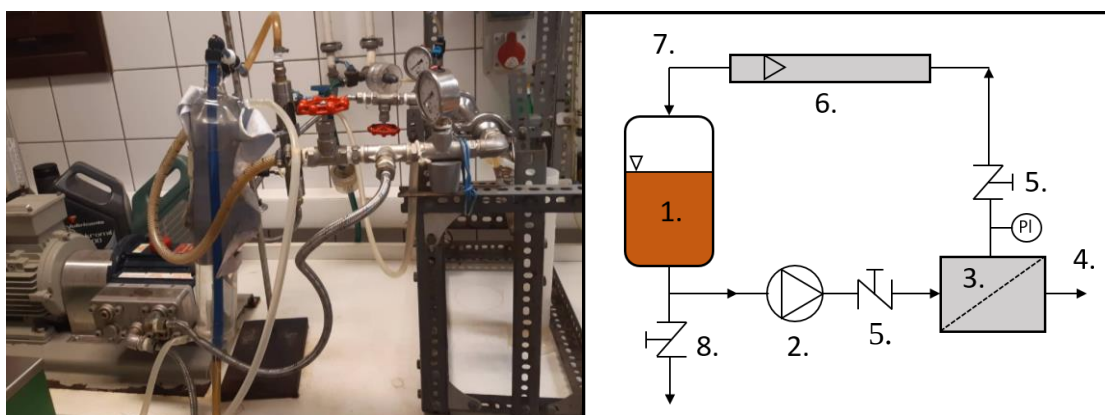
Az extrakciót követően a csipkebogyó extraktumot vákuumszűrő segítségével leszűrjük. A berendezés elvi vázlatát a 6. számú ábrán látható. A berendezés egy vákuumszivattyúból, egy szűrőtartályból, egyszűrő tölcserből és egy vákuumpalackból áll. A szűrőtartályon helyezkedik el a szűrőtölcse, amiben található a szűrőpapír. A szűréshez szükséges nyomáskülönbséget a vákuumszivattyú biztosítja, amelynek szívócsőnkje a vákuumpalackon keresztül van összekötve a szűrőtartállyal. A nyomást a vákuumszabályozóval lehet beállítani, ami a szűrőpalack és a szűrőtartály között helyezkedik el. A vákuum nagyságát egy manométeren követhetjük nyomon. A szűrőtartályba gyűjtjük a szűrletet, a vákuumpalack pedig felfogja a vákuum hatására keletkező párákat, emiatt az nem jut a vákuumszivattyúba.



6. ábra Vákuumszűrés (1- szűrőtölcse, 2-szűrőtartály, 3-vákuumpalack, 4-manométer, 5-vákuumszabályozó, 6-vákuumszivattyú)

4.1.3 Mikroszűrő berendezés

Az előszűrést egy mikroszűrő berendezéssel hajtjuk végre. Az alkalmazott laboratóriumi membránszűrő folytonos üzemű és keresztáramú kialakítású. A berendezés elvi vázlata a 7. számú ábrán látható. A berendezésben a folytonos fázist a táptartályból keringtető szivattyú recirkuláltatja a membrán belső oldalán. A retentátum recirkulációs térfogatárama a rotaméterről olvasható le. A membrán bemeneti- és kimeneti oldalán manométerek jelzik a nyomást, ezek ismeretében a transzmembrán nyomáskülönbség meghatározható. A diszperz fázis nyomását kompresszorral előállított sűrített levegő biztosítja, amelyet szelepek segítségével finomra hangolhatjuk. A keletkező termék leeresztő szelepeken keresztül távolítható el a berendezésből.



7. ábra Mikroszűrés berendezés és elvi vázlata (1-táptartály, 2-szivattyú, 3-membrán, 4-szűrlet, 5-nyomásszabályozó szelep, 6-rotaméter 7-sűrítmény, 8-leengedő szelep)

A berendezés tulajdonságai a következők:

Max. transzmembrán nyomásérték	5bar
Max. recirkulációs térfogatáram	600l/h



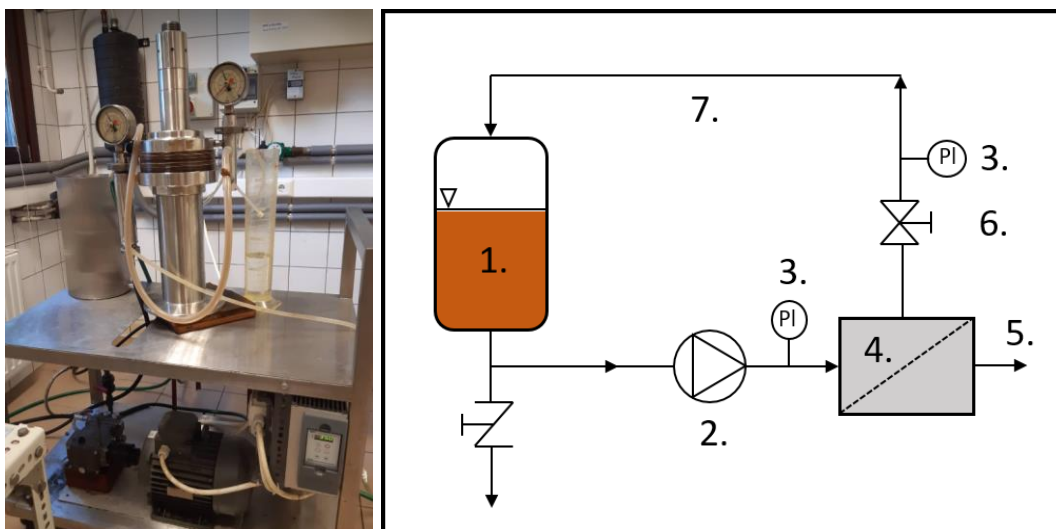
8. ábra Membránok: kapilláriskapillár membrán (bal), csőmembrán (közép), statikus keverő (jobb)

A mikroszűréshez alkalmazott membránok (lásd 8.ábra):

- 200 nm pórus méretű 0,04 m² kapilláris (hollow fiber module) kerámia membrán betét.
- 5 μm pórus méretű 0,005 m² kerámia csőmembrán betét. Ehhez tartozik egy statikus keverő, amely elősegíti, hogy a membrán pórusai később, ill. kevésbé tömődjenek el.

4.1.4 RO berendezés

A fordított ozmózissal történő besűrítéshez a MILLIPORE laboratóriumi membránberendezését használjuk. A berendezés elvi vázlata a 9. számú ábrán látható. A berendezés működési elve azonos a mikroszűrő berendezésével: a táptartályból szivattyú segítségével juttatjuk el a szűrendő anyagot a membrán felületére, ahol keresztirányú áramlás valósul meg. A sűrítmény visszajut a tartályba, miközben a szűrletet folyamatosan elvezetjük a rendszerből. A berendezésen két manométer található, melyek segítségével meghatározható a transzmembrán nyomáskülönbség (1. egyenlet). Az állandó hőmérséklet biztosítása a tartálynak köpenyterében keringtetett hideg csapvízzel történt.



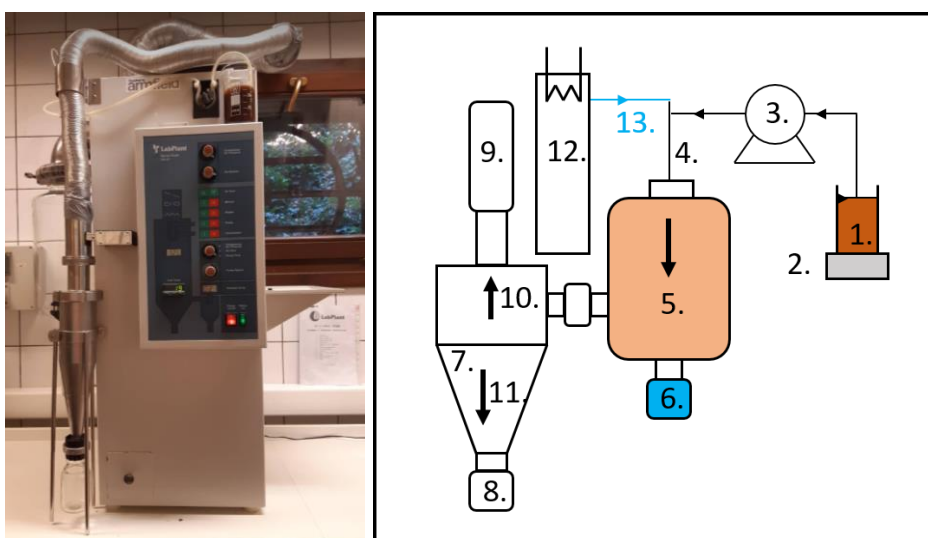
9. ábra RO berendezés és elvi vázlata (1-táptartály, 2-szivattyú, 3-manométer, 4-membrán, 5-szűrlet, 6. nyomásszabályozó szelep, 8. sűrítmény, 9. leengedő szelep)

A berendezés tulajdonságai a következők:

Só visszatartás	93%
Membrán felület	0,18 m ²
Max. transzmembrán nyomásérték	40bar
Max. recirkulációs térfogatáram	500l/h
Max. hőmérséklet	40 °C

4.1.5 Porlasztva szárító

Kutatás során a SD-05 LabPlant márkájú laboratóriumi porlasztva szárítót használtuk a csipkebogyó sűrítmény leszártásához. A berendezés elvi vázlata a 10. számú ábrán látható. A berendezésbe egy perisztaltikus pumpa segítségével tápláljuk be a sűrítményt. Ezt követően egy szórófej az anyagot cseppekké porlasztva a szárítótartályban levő forró levegővel érintkeztetve gyors szárítást hajt végre. A por a szárítótartály falához áramlik, ahol a tartály henger alakja miatt a ciklonba kerül a forró poros levegő. A ciklonban az áramlástól spirális irányban leülepszik a por, ami egy gyűjtőtartályba ülepedik le. A fáradt levegő, mely kevesebb port tartalmaz, egy légszűrőn keresztül távozik a rendszerből. A nedvesség összegyűlhet a szárítótartály alatti edényben.



10. ábra Porlasztva szárító és elméleti vázlata (1-táptartály, 2-mágneses keverőgép, 3-perisztaltikus pumpa, 4-porlasztófej, 5-(konvekciós) szárító tartály, 6-folyadékgyűjtő tartály, 7-ciklon, 8-porgyűjtő tartály, 9-légszűrő, 10-tiszta levegő, 11-ülepített por, 12-automata szabályozó panel, 13-kompresszált levegő

A berendezés tulajdonságai a következők:

A víz párolgási sebessége 250 °C	1500 ml/h
Száritó levegő hőmérséklete	40-250 °C
Levegő térfogatárama	38-73 m ³ /h
Fűtőelem teljesítménye	3 kW
Kompresszor teljesítménye	1 bar - 4 bar
Perisztaltikus pumpa max. sebessége	65 ml/perc
Porlasztó	0,5 mm
Tápegység	220/250 V- 50/60 Hz -13 amper

4.1.6 Digitális refraktométer

A vízdíszíthó szárazanyag-tartalmat digitális refraktométerrel határozzuk meg. A mérés során az ALTAGO PAL- α típusú digitális refraktométert használjuk. A vízben oldható szárazanyag-tartalom meghatározása a minta törésmutatóján alapszik. A berendezésben egy nagy felbontású optikai szenzor méri egy speciális LED fényforrás által kibocsátott fénysugár teljes visszaverődésének határszögét, a kritikus szögét. Ebből kalkulálja a berendezés az adatokat (pl.: törésmutató, BRIX, ref%).

4.1.7 Szárazanyag meghatározó készülék

A teljes szárazanyag meghatározáshoz a Kern MLS-N szárazanyag-tartalom/nedvesség mérő berendezést alkalmazzuk. A gépbe elhelyezhető alumínium tálcára helyezett mintát a berendezés 121 °C-on folyamatos tömegmérés közben tömegállandóságig szárítja. A minta kezdeti tömegének és végső tömegének a különbségéből határozza meg a berendezés programja a szárazanyag-tartalmat.

4.1.8 Spektrofotométer

A vizsgálat során a Milton Roy Spectronic Genesys 5 spektrofotométert alkalmazzuk. A berendezés elméleti háttére a Lambert–Beer-törvényen alapszik, mely alapján kimondható, hogy a fényelnyelés egyenesen arányos az oldatban lévő anyag koncentrációjával, továbbá a mérendő oldaton áthaladó fény úthosszával. Ez a berendezés az abszorbeált sugárzási energiát (fényt) méri. A fény transzmisszióját (ilyenkor a fény teljesen átmegy az vizsgálandó anyagon) vagy diffúziós reflexióját (a fény behatol a minta mátrixba, ahol csökken az energiája és utána azonos oldalt lép ki mint, ahol behatolt) detektálja. Mivel a mérés állandó úthosszal rendelkező küvettában történik, ezért az abszorbancia csak a mérendő anyag koncentrációjától függ.

4.1.9 Digitális kézi színmérő

Minolta CR-200 digitális színmérő a fényvisszaveréséből származó spektrális adatok alapján reprodukálható színértékeket ad, így lehetővé téve az objektív színmeghatározást. A CIELAB színtér rendszere az ellentétes színpátokon alapul. Azt mutatja meg, hogy a fényforrásból érkező jelek besorolhatók világos/sötét, piros/zöld és kék/sárga érték alapján. A rendszer koordinátái: az a^* és b^* szíenkoordinátákat egymásra merőlegesen ábrázolja ($+a^*$ piros, $-a^*$ zöld, $+b^*$ sárga, $-b^*$ kék). Emellett a függőleges tengelyen található a világossági tényező (L^*). Ez az érték 0 és 100 között változhat. (0-fehér, 100-fekete) (Serup, 1990).

4.2 Módszerek

4.2.1 A csipkebogyó instant teapor elkészítéséhez felhasznált módszerek

A csipkebogyó instant teaport extrakcióval, mikroszűrővel való előszűréssel, fordított ozmózissal történő besűrítéssel és porlasztva szárítással állítjuk elő a kutatásunk során.

- **Extrakciókészítés**

A kutatásunk során savas szilárd-folyadék extrakciót fogunk használni a kívánt komponensek kinyeréséhez a csipkebogyóból, tehát a tea elkészítéséhez. Kísérlethez Susantikarn és Donlao (2016) módszere alapján 1 kg szárított csipkebogyó átermés húsát használjuk fel, amelyet 20 L desztillált vízzel extrahálunk 1 órán keresztül. Zimmermann és Gleichhangen (2011) következtetései alapján savas pH-ra állítottuk be a desztillált vizet, így növelve a folyamat hatékonyságát. A 20 L vízhez 24 g citromsavat adunk, így 3 pH-ra állítottuk be az oldószert. İlyasoğlu és társai (2017) eredményei alapján az extrakciót 84-86 °C-on fogjuk végrehajtani laboratóriumi keverőmotor segítségével folyamatos keverés mellett. Az extrahálást követően leszűrjük az elegyet és enzim kezeljük. Ez azért szükséges, mert a csipkebogyónak nagy a pektin tartalma, ami későbbiekben a membránszűrési eljárások elvégzését megnehezítené. Az elkészült extrakciót vízfürdő segítségével lehűtjük, amíg 50 °C alá nem ér a hőmérséklete, mivel az alkalmazandó enzim 50 °C felett nem alkalmazható. Ezt követően az extraktumhoz hozzáadunk 0,6 g Everzym liquid pektinbontó enzimet és 2 órán keresztül hatni hagyjuk. A kapott terméket 4 °C-on tároljuk a következő lépésig.

- **Vákuumszűrés**

A mikroszűrés előkészítéseként az enzimkezelt extraktumot vákuumszűrjük. Ehhez a kapott elegyet beleöntjük a szűrőtölcsérbe. A szűrést 0,7 bar szűrési nyomáskülönbség mellett végezzük el.

- **Előszűrés mikroszűrővel**

Tapasztalataink, illetve előzetes mérések alapján a termék elkészítéséhez szükséges előszűrés. Bánvölgyi (2009), illetve Chandini és munkatársai (2012) tanulmányaiból kiindulva a mérésünk során mikroszűrést alkalmazunk. A vákuumszűrés követően végezzük el mikroszűrő segítségével előszűrést. A mikroszűrés által el tudjuk távolítani a rostanyagokat az extraktumból.

Az előszűrés előtt meghatározzuk a víz fluxusát, ehhez különböző nyomásértékeken (1; 1,5; 2; 2,5 bar) megmérjük, hogy 10 ml szűrlet mennyi idő alatt folyik ki 200 L/h recirkulációs térfogatáram mellett. A mérést desztillált vízzel végezzük el. Ezt követően a termékkel elkezdjük a mikroszűrést.

Az előszűrést kétféle membrán segítségével fogjuk végre hajtani. A kapott extraktum felét egy 200 nm pórus méretű 0,04 m² kapilláris (hollow fiber module) kerámia membrán betétet alkalmazásával hajtjuk végre. A technológiát 2bar transzmembrán nyomáson és 200 L/h recirkulációs térfogatáramon végezzük el. A folyamat hossza miatt az előszűrést több körben kell elvégeznünk. A mérés megszakítása után a berendezést és a membránt megtisztítjuk. Első körben 2 liter 2%-os Ultrasil oldattal és többszöri vizes öblítéssel tisztítjuk, ez a lúgos tisztítása a berendezésnek. Ezt követően savas tisztítást hajtunk végre, amihez 2 liter 2%-os citromsavoldatot és többszöri vizes öblítést alkalmazunk. A kapilláris membrános szűrést 3 bar transzmembrán nyomáson folytatjuk a folyamat felgyorsítása érdekében.

Az extraktum másik felét egy 5 µm pórus méretű 0,005 m² kerámia csőmembránnal szűrjük elő. A vizsgálat egyik felét statikus keverő nélkül hajtjuk végre, a másikat annak használatával. Különböző membránműveletek esetében, a statikus keverő alkalmazása, már számos esetben bizonyult hatékonynak. A módszer lényege, az áramlási paraméterek megváltoztatása a csőmembrán belsejébe helyezett terelőlemezekkel, a membrán mechanikus módosításával (Albert, 2018). A mérést 3 bar transzmembrán nyomáson és 200 L/h recirkulációs térfogatáramon végezzük el. Minden megszakítás és membrán csere között a gépet kitisztítjuk és mérés előtt újra lemérjük a víz fluxusát.

A mérés során nem gyűjtünk mintát a sűrítményből adott időközönként, mivel a táptartály korlátozott méretei miatt a folyamat során utántöltéssel tudjuk megoldani a betáplálást.

- **Besűrítés fordított ozmózissal**

Vizsgálatunk során, a csipkebogyó tea besűrítéséhez a fordított ozmózis technológiáját fogjuk alkalmazni, mivel kíméletesebb, mint az iparban elterjedt bepárlás. Ezt a technológiát kisebb hőmérsékleten tudjuk majd alkalmazni, ami azért előnyös, mert a csipkebogyó tea vitamin tartalma és az antioxidáns aktivitása nagy mértékben függ az alkalmazott hőmérséklettől.

Vas-Vincze (2010) kutatása és a berendezés paraméterei alapján a besűrítést 40 bar transzmembrán nyomáson, 500 L/h recirkulációs térfogatáramon és 25 °C-on hajtjuk végre. A kétféle membránnal történő előszűrés permeátumát külön-külön sűrítjük be, ezáltal összehasonlítva az előszűréseket.

A vizsgálat előtt lemérjük a tiszta desztillált víz fluxusát. 10, 20, 30 és 40 bar nyomásértékeken megmérjük, hogy 10 ml szűrlet mennyi idő alatt folyik ki 500 L/h recirkulációs térfogatáram mellett. Ez után elindítjuk a besűrítést. A folyamat során szintén mérjük a szűrlet fluxusát. Minden 100 ml szűrlet elvételénél lemérjük az időt, valamint mintát veszünk a tartályból (sűrítmenyből) és megmérjük a vízoldható szárazanyag-tartalmukat refraktométerrel. A mérést 3,5 L szűrlet elvételéig folytatjuk.

Minden besűrítést követően a membránt és a berendezést megtisztítjuk. Átmossuk desztillált vízzel a gépet és ezt követően 0,2%-os NaOH oldattal 45 percig járattatjuk a gépet. A NaOH oldat leengedése után desztillált vízzel 15 percig mossuk a gépet. A vizes mosást követően 2%-os citromsav oldattal mossuk 45 percig a berendezést és ezután ismételt 15 perces desztillált vizes öblítés következik.

- **Porlasztva szárítás**

Végző lépésként a besűrített csipkebogyó teát porlasztva szárítjuk. Vladlyk és munkatársai (2016) kutatásaiból kiindulva szárító anyagként maltrodextrint alkalmazunk 20 v/v%-ban. Szárítás során a szárítási hőmérsékletét Thuong és munkatársai (2020) tanulmányai alapján 140 °C-on, 70 °C-os kimeneti hőmérsékleten és 800 NI/h (1,21bar-on) levegő áram mellett végezzük el a szárítást. Az alacsony hőmérsékletet a Maillard reakció elkerülése miatt alkalmazzuk, így kevésbé károsítjuk a termék tulajdonságait és a szárítási hozamot is növelhetjük. A kompresszor nyomása 2,6 bar volt.

4.2.2 A csipkebogyó instant teaporhoz kapcsolódó analitikai mérések

- **Vízoldható szárazanyag-tartalom meghatározása**

A vákuumszűrés, az előszűrés és a besűrítés során a vízoldható szárazanyag-tartalmat digitális refraktométerrel határozzuk meg. A berendezést desztillált vízre kalibráljuk. Három párhuzamos mérést végezzünk mintánként. Fordított ozmózis során meg 10 percenként mérjük a sűrítmeny brix%-át.

- **Nedveségtartalom meghatározása**

A nedveségtartalom meghatározása a Kern MLS-N szárazanyag-tartalom mérő berendezést alkalmazzuk. Három párhuzamos teapor mintát a gép 121 °C-on tömegállandóságig szárít. A kezdeti és a végső minta tömegéből a gép megállapítja a berendezés a keresett adatot.

- **Szín meghatározása**

Digitális kézi színmérő készülék alkalmazásával meghatározzuk a zöld/vörös hányadosát (a^*), a kék/sárgahányadosát (b^*) és a termék világossági tényezőjét (L^*). Három párhuzamos mérést végezzünk mintánként.

- **Összes polifenol-tartalom meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel (TPC)**

A kísérlet során minden folyamat befejezése után a termékből vettük mintát. Ezeknek a mintákban az összes polifenol-tartalom meghatározására Singleton és Rossi (1965) által alkalmazott módszert alkalmazzuk.

A mérés során a következőkben felsorolt vegyszereket alkalmazzuk:

- Folin-Ciocalteu oldat: 200ml desztillált vízzel 1:10 arányú hígítása
- Hígítószer: 100ml metil-alkohol és desztillált víz 80:20 arányú elegye
- Nátrium-karbonát oldat: 14,84 g vízmentes NaCO_3 200 ml desztillált vizes elegye
- Galluszsav oldat: 5,1 mg szilárd galluszsav 10,0 ml hígítószer elegye A kapott 3M koncentrációjú galluszsav oldat 10-szeresére felhígítjuk használat előtt.

A polifenol-tartalom vizsgálatához galluszsavval készített kalibrációs görbét készítünk, ez alapján hajtjuk végre majd a kiértékelést. A 4. táblázat alapján mértük össze a kémcsövekbe a Folin-Ciocalteu oldat, a hígítószer és a galluszsav oldat keverékét. A keverék összekeverését követően 1 perccel hozzáadjuk a megfelelő mennyiségű nátrium-karbonát oldatot. Ezt követően 5 percig 50 °C-os vízfürdőbe helyezzük. Az idő letelte után 760 nm-en megmérjük az abszorbanciájukat spektrofotométerrel.

<i>Kalibrációs sor</i>	<i>Folin-Ciocalteu oldat (μl)</i>	<i>Hígítószer (μl)</i>	<i>Galluszsav oldat (μl)</i>	<i>Nátrium-karbonát oldat (μl)</i>
1	1250	250	0	1000
2	1250	250	0	1000
3	1250	225	25	1000
4	1250	200	50	1000
5	1250	175	75	1000
6	1250	150	100	1000
7	1250	125	125	1000
8	1250	100	150	1000
9	1250	50	200	1000

4. táblázat Kalibrációs sor a TPC meghatározásához

A kalibrációs görbe felvétele után a galluszsavat nem tartalmazó 1 és 2 oldatokat összeöntjük és a spektrofotométert erre kalibrálva alkalmazzuk a tea minták során. A mérés során minden mintából 3 párhuzamos mérést végzünk el és ezeknek átlagával dolgozunk a továbbiakban. A vizsgált mintákat a mérés előtt centrifugáljuk 6000 rpm-en 20 percig. A mérés során 1250 μl Folin-Ciocalteu oldatot, 220 μl oldószert, 30 μl vizsgálandó mintát elegyítünk össze, majd a kalibrációhoz hasonlóan 1 perccel később 1000 μl nátrium-karbonát oldatot adunk hozzá (ebben az esetben az összes mérés során az végtérfogat 2500 μl lesz). A por minta esetén 0,05g terméket oldottunk fel 0,2ml desztillált vízzel és ezt az oldatot alkalmazzuk mérés során. 5 percre 50 °C-os vízfürdőbe helyezzük az elegyet. Ezt követően az elegyek tartalmát küvetákba áttöltjük és 760 nm-en vizsgáljuk spektrofotométerrel. A kapott abszorbancia értékekből a kalibrációs egyenes meredekségének segítségével kiszámoljuk a minták összes polifenol-tartalmát (amit μg galluszsav egyenérték/ml-ben kapjuk meg).

- **Antioxidáns kapacitás meghatározása FRAP módszerrel**

A csipkebogyó magas antioxidáns tartalmát az előállítás során a Benzie és Strain (1996) módosított módszere szerint végeztük el. Az eljárás a vasredukálóképességén alapszik. A triazin-oldat kelátképző vegyületként működik a reakcióban. A vizsgálat során a desztillált vízzel kivonható antioxidáns kapacitssal rendelkező vegyületek FRAP értékét határozzuk meg.

A mérés során a következőkben felsorolt vegyszereket alkalmazzuk:

- Acetát puffer: 3,10 g kristályvizes nátrium-acetátot és 16,0 ml ecetsavat 1000 ml-es mérőlombikban jelre töltjük desztillált vízzel. A kapott oldat pH-ja 3,6 és koncentrációja 300 mM.

- Vas-klorid oldat: 0,135 g kristályvizes vas(III)-kloridot 25 ml desztillált vízben feloldottuk.
- TPTZ-oldat: 50 ml-es mérőlombikban 0,1562 g 2,4,6-tri (2-piridil)-s-triazin és 168 µl 37%-os sósavat mérünk be. Ezt követően jelre töltjük desztillált vízzel a mérőlombikot.
- Aszkorbinsav oldat: 17,613 mg szilárd aszkorbinsavat 10,0 ml desztillált vízben feloldjuk. A kapott 10 mM koncentrációjú oldat 1 ml-ét 9 ml desztillált vízzel 1 mM oldatra hígítjuk fel.
- FRAP reagens: 200 ml acetát puffert, 20 ml vas-klorid oldatot és 20 ml TPTZ-oldatot mérünk össze.

Az antioxidáns vizsgálatához kalibrációs görbét készítünk, ez alapján készítjük el a kiértékelést. Az 5. táblázat alapján mértük össze a kémcsövekbe a FRAP reagenst, az aszkorbinsav oldatot és a desztillált vizet. Az oldatok összekeverését követően pontosan 5 perccel 593 nm-en megmérjük az abszorbanciájukat spektrofotométerrel.

Kalibrációs sor	FRAP reagens (µl)	Aszkorbinsav oldat (µl)	Desztillált víz (µl)
1	4500	0	150
2	4500	0	150
3	4500	30	120
4	4500	60	90
5	4500	90	60
6	4500	120	30
7	4500	150	0

5. táblázat Kalibrációs sor a FRAP meghatározásához

A kalibrációs görbe felvétele után az aszkorbinsavat nem tartalmazó 1 és 2 oldatokat összeöntjük és a spektrofotométert erre kalibrálva alkalmazzuk a minták során. A mérés során minden mintából 3 párhuzamos mérést végzünk el és ezeknek átlagával dolgozzunk a továbbiakban. A vizsgált mintákat a vizsgálat előtt centrifugáljuk 6000 rpm-en 20 percig. A mérés során 4500 µl FRAP reagenst, 60 µl mintát és 90 µl desztillált vizet öntünk össze, majd a kalibrációhoz hasonlóan 5 perccel később 593nm-en megmérjük a spektrofotométer segítségével. A por minta esetén 0,05g terméket oldottunk fel 0,2ml desztillált vízzel és ezt az oldatot alkalmazzuk mérés során. A mért abszorbancia értékekből a kalibrációs egyenes meredekségének segítségével kiszámoljuk a minták összes antioxidáns tartalmát (amit µg ASE/ml-ben kapjuk meg).

5 Kísérleti eredmények és értékelésük

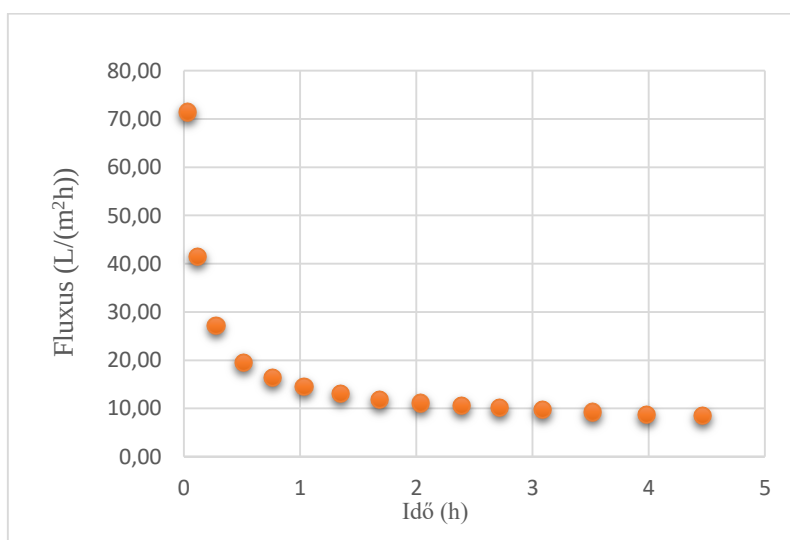
A csipkebogyó instant teapor előállítási technológiája során, nyomon követtük és megvizsgáltuk a folyamat lépéseit, kiemelten az előszűrés szempontjából. A kapott végtermék minőségének a vizsgálatainak eredményeit a következő alfejezetekben mutatom be.

5.1 Előszűrések összehasonlítása

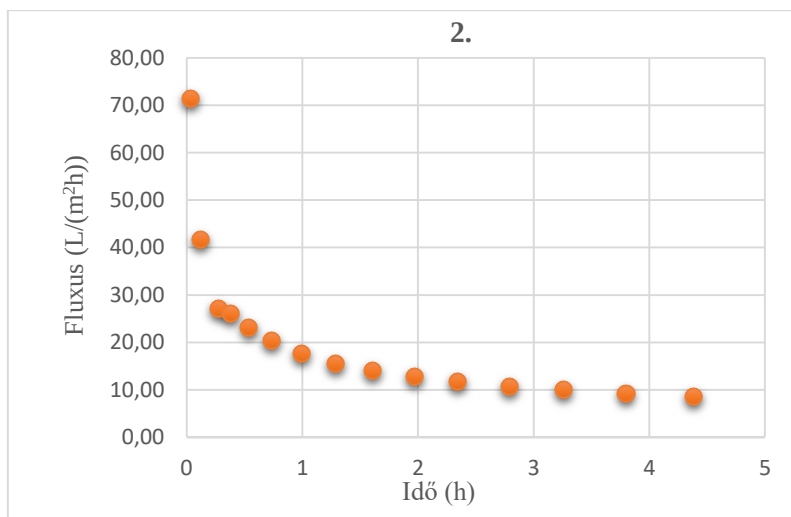
A kísérlet során a vákuumszűréssel előkezelt terméket előszűrtük mikroszűrő segítségével. A művelthez kétféle membránt alkalmaztunk: 200 nm pórus méretű 0,04 m² kapilláris (hollow fiber module) kerámia membránt és 5 µm pórus méretű 0,005 m² kerámia csőmembránt. A csőmembránnal történő mérés során összehasonlítottuk a statikus keverővel és anélküli alkalmazás hatékonyságát. Célul azt tűztük ki, hogy mindkét membrán alkalmazásával 4-4 liter permeátum eléréséig végezzük a műveletet.

- Mikroszűrés kapilláris membránnal:

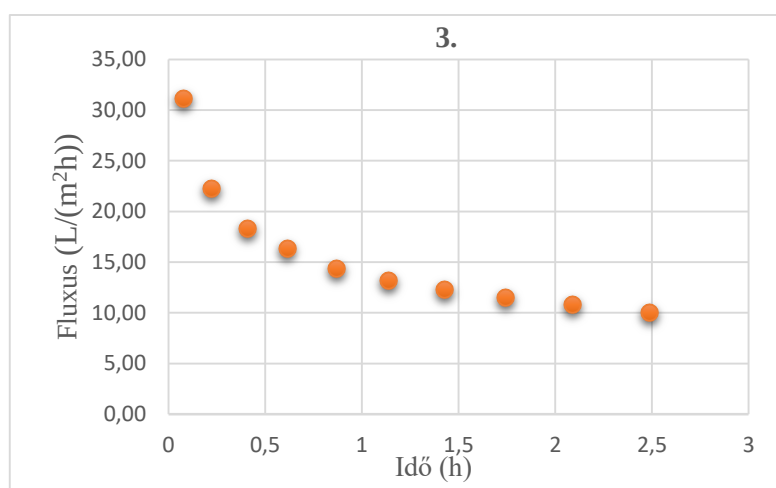
A kapilláris membránnal történő szűrésnél a 4 liter permeátumot elérése közel 11,5 órán át tartott. A folyamatot három részletben végeztük el a művelet hossza és a membrán eltömődése miatt. A mérést addig folytatjuk, amíg a fluxus 9 L/(m²h) alá nem csökken. Ezt követően a mérés sorozatok között a berendezést és a membránt megtisztítjuk. Az első mérés során 2 bar transzmembrán nyomást alkalmaztunk, viszont a folyamat felgyorsításának érdekében a további mérések során ezt az értéket 3 bar-ra növeltük. Mindhárom mérés sorozatnál a recirkulációs térfogatáram 200 L/h volt. A kapilláris membránnal kapott fluxus eredmények a 11., 12. és a 13. ábrákon láthatók.



11. ábra Mért fluxus adatok kapilláris membránnál (1. mérés)



12. ábra Mért fluxus adatok kapilláris membránnál (2.mérés)

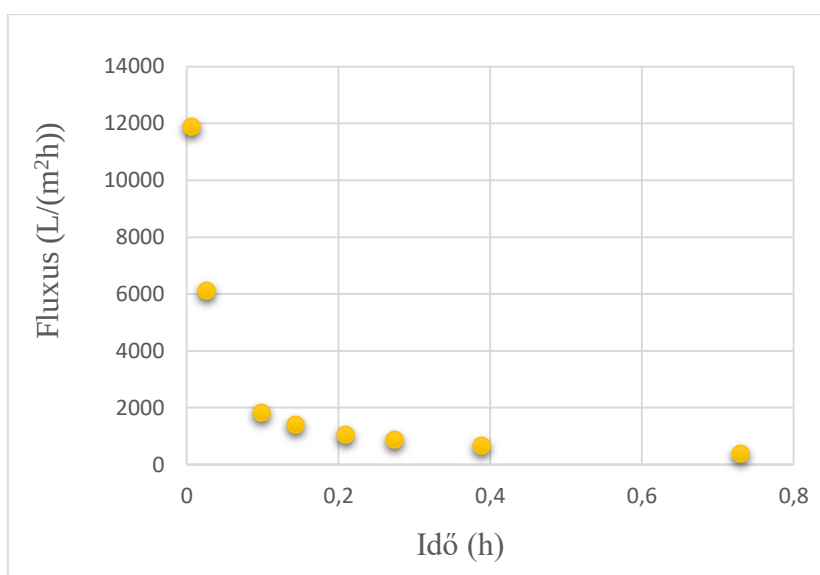


13. ábra Mért fluxus adatok kapilláris membránnál (3. mérés)

Mindhárom mérésünk során megfigyeltük, hogy az idő előrehaladtával a membrán pórus eltömődés és az esetleges szűrőlepeny kialakulása következtében a fluxus folyamatosan csökkent. Ezt alátámasztja, hogy az első mérést követően a fluxus 11,75%-ra, a másodiknál 11,98%-ra és a harmadiknál 32,24%-ra csökkent. A harmadik mérésnél azért nem érte el a 11-12% körüli értéket, mert a folyamatot rövidebb ideig folytattuk. A vizsgálat során a besűrítési arány átlagosan 4,45 volt.

- Mikroszűrés csőmembránnal (statikus keverő nélkül)

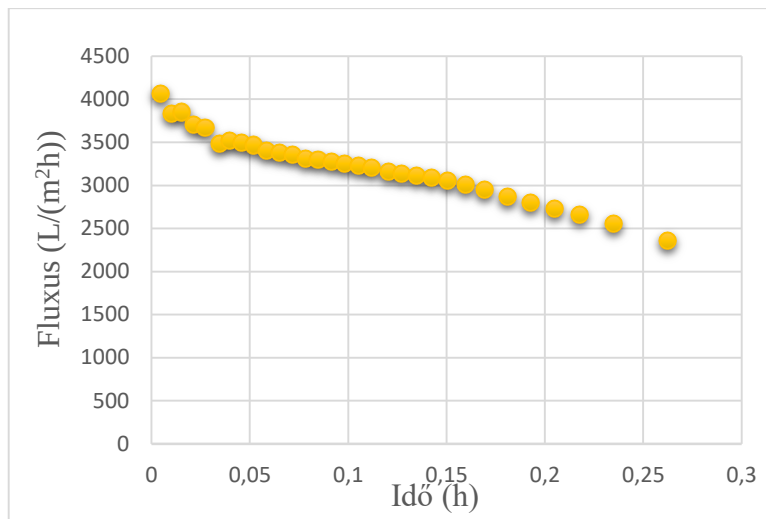
Csőmembránnal végzett előszűrésnél a folyamat végére, ami 43 percig tartott 1 liter permeátumot állítottunk elő. Az előző mérés alapján a csőmembrános előszűrés mérésénél is 3 bar transzmembrán nyomást és 200 L/h térfogatáramot állítottunk be. Az alkalmazott membrán pórus mérete 5 μm , ami a membránszűrés témakörében nagynak számít. Ennek köszönhetően a kezdeti fluxus értékünk kiemelkedően magas volt (lásd 14. ábra), emiatt a mérés során nehézségekbe is ütköztünk. A folyamat további részében a fluxus rohamosan csökkent, a membráneltömődés miatt. A mérés végére a fluxus 3,2%-ra csökkent. Ebből adódóan a mérésünket statikus keverővel folytatjuk a továbbiakban.



14. ábra Mért fluxus adatok csőmembránnal

- Mikroszűrő csőmembrán statikus keverővel

A statikus keverő alkalmazása ismét hatékonynak bizonyult. Használatával a membrán eltömődést késleltetni tudtuk (lásd 15. ábra). A fluxus mindösszesen 58,13%-ra csökkent vissza 15 perc elteltével és ez idő alatt 3,3 liter permeátum keletkezett. A 4 liter fluxus előállításához ezzel a módszerrel nagyságrendekkel kevesebb idő lenne szükséges, mint az előzőekben tesztelt módszerekkel. Az általunk tapasztaltak megegyeznek Gáspár és munkatársai (2011) kutatási eredményeivel.



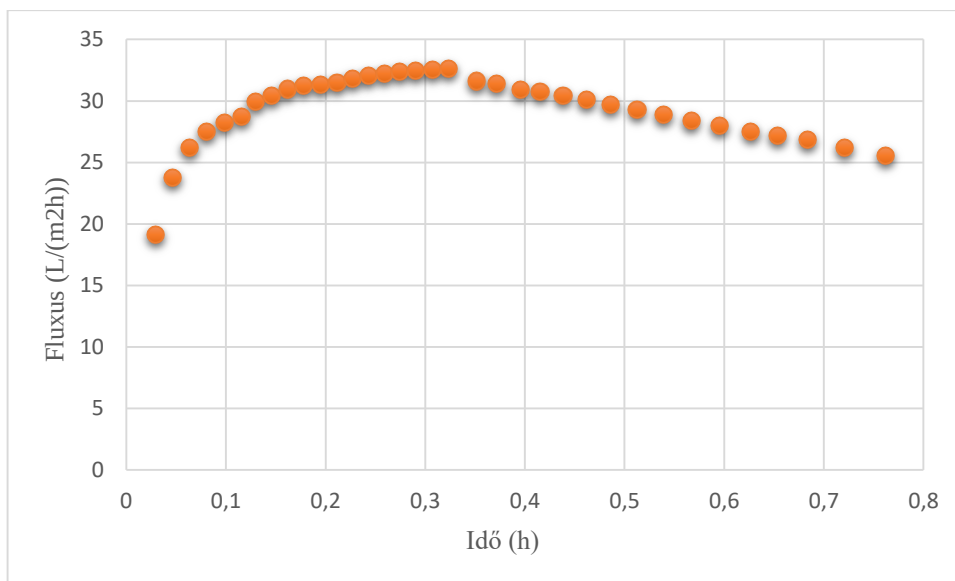
15. ábra Mért fluxus adatok csőmembránnal statikus keverő alkalmazásával

5.2 Fordított ozmózissal történő besűrítés vizsgálata

Vizsgálat során a kapilláris membránnal és a csőmembránnal nyert permeátumot külön-külön sűrítettük be fordított ozmózis eljárás segítségével. Mindkét mérés során 40 bar transzmembrán nyomást, 500 L/h térfogatáramot és 25 °C-ot alkalmaztuk. A következő pontokban mutatom be a besűrítés által mért adatainkat.

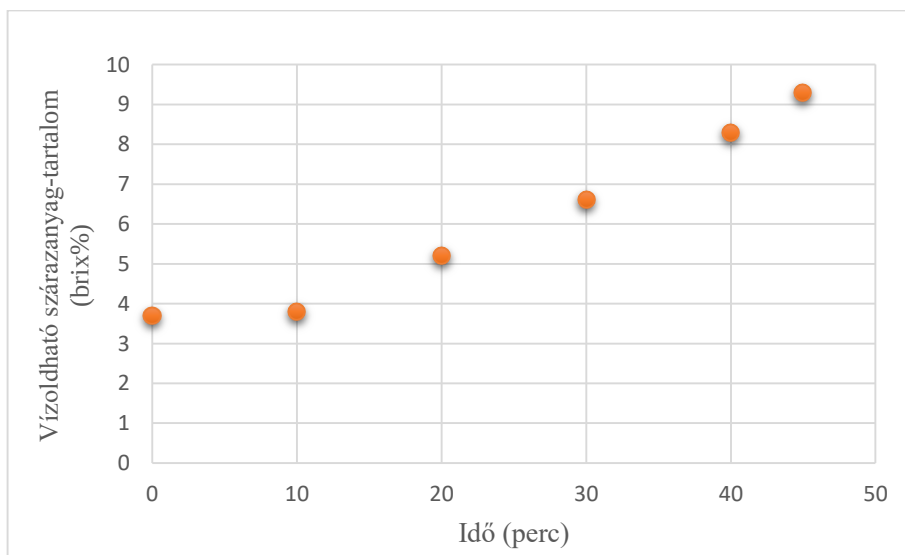
- Besűrítés kapilláris membrán előszűrésből származó permeátummal

A folyamat végére, ami 45 percen át tartott 3,5 liter permeátumot sikerült kinyerni. A 16. ábrán látható a mérés közben végbement fluxus változás. A fluxus a mérés első felében növekedett, ezt a hőmérsékletnövekedés okozta a rendszerben. A rendszer hőmérséklete a 19. percben stabilizálódott 30 °C-on a hűtővíz szabályozásnak és sűrítményben elhelyezett jégakku elhelyezésének köszönhetően. Ettől a ponttól kezdve a fluxus folyamatosan csökkent. A mérés végére a fluxus 78,24%-ra ment le. A besűrítés során 6,45-ös sűrítési arányt sikerült elérni. A gép adottságai miatt az általunk elért sűrítési arány volt az elérhető maximum ezekkel a paraméterekkel és anyagokkal. A nyert 620 ml retentátum volt a gép működéséhez szükséges minimum mennyiség, amire csökkentettük a kiindulási mennyiség térfogatát.



16. ábra • Besűrítés kapilláris membrán előszűrésből származó permeátummal

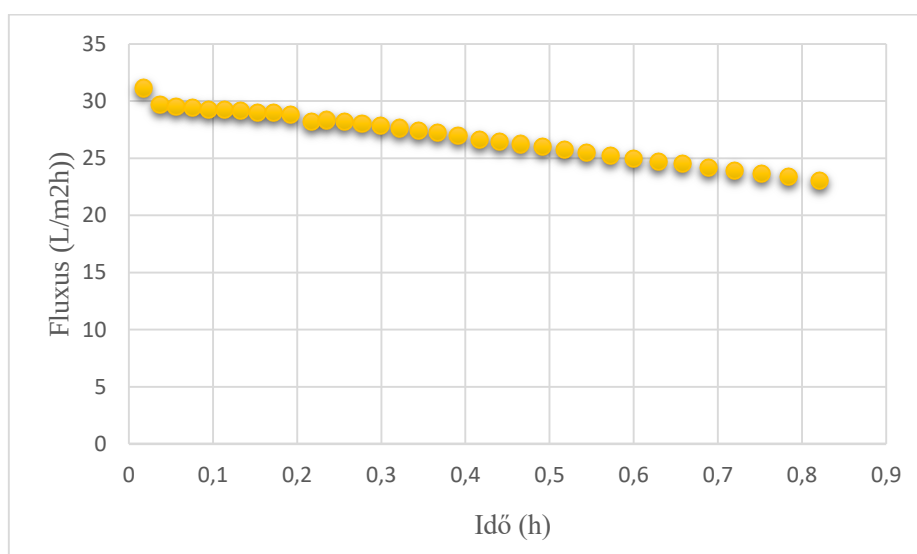
A 17. ábrán a besűrítés alatt mért vízdíható szárazanyag-tartalom változása figyelhető meg. A maximális elért brix% értéke 9,3% volt. Az adatok alapján megállapíthatjuk, hogy a besűrítés hatásos volt, hiszen az idő előrehaladtával a vízdíható szárazanyag-tartalom 60,2%-kal nőtt a retentátumban.



17. ábra Brix% változás a besűrítés során

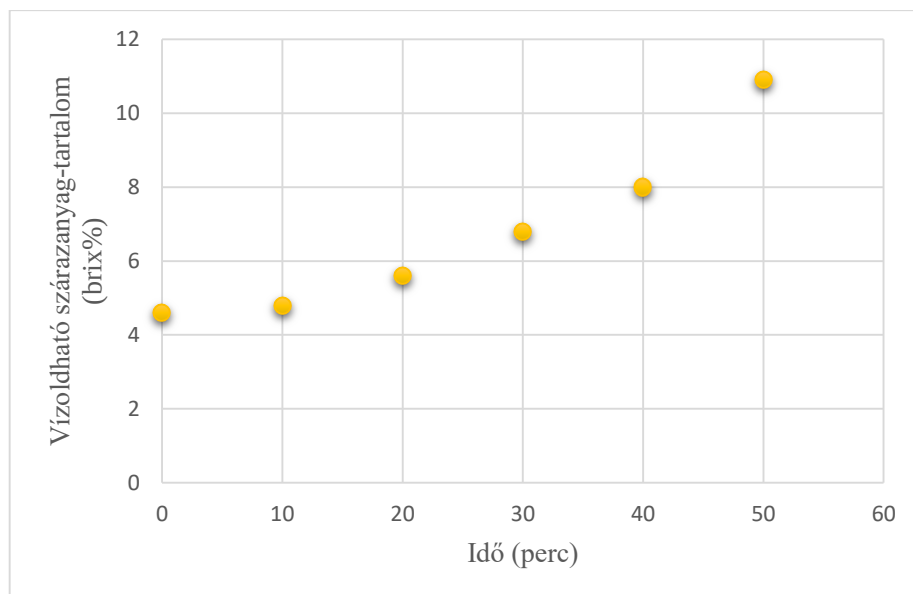
- Besűrités csőmembrán előszűrésből származó permeátummal

A besűrités végére, ami 50 percen át tartott 3,5 liter permeátumot sikerűlt eltávolítani a kiindulási 4 liter termékűl. A 18. ábrán látható a mérés közben végbement fluxus változás. A hőmérséklet ennél a mérésűl már az elején beállt 25 °C-ra a fordított ozmózis berendezés kombinált hűtésének (hűtűvíz és jégakku) következtében. A fluxus ebben az esetben is folyamatosan csűkkent, a kiindulási fluxushoz képest 73,88%-ra. A folyamat során 5,33-as sűritési arányt értűnk el. Ebben az esetben 750 ml permeátumot kaptűnk. Ebbűl arra következtethetűnk, hogy a kapilláris- és csűmembrános besűritéssel nyert permeátumok besűritései között elhanyagolható különbség van, a fordított ozmózis eljárás szempontjából.



18. ábra Besűrités csűmembrán előszűrésűl származó permeátummal

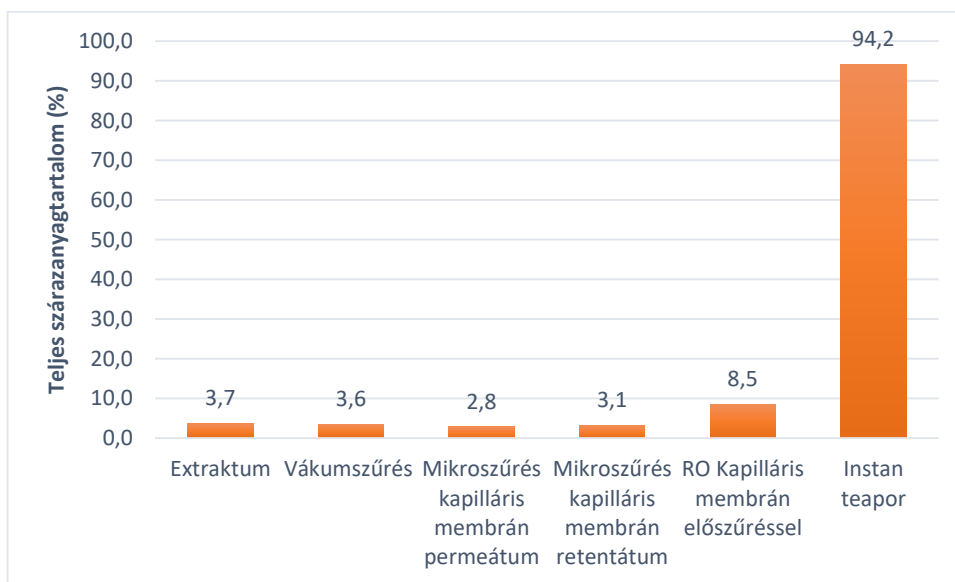
A 19. ábrán a besűrités alatt mért vízőldható szárazanyag-tartalom változása figyelhető meg. 10,9 brix%-ot értűnk el a folyamat során. A kapilláris membránnal előállított permeátumbűl mért adatokhoz képest azért nagyobb a vízőldható szárazanyag tartalom ebben az esetben, mert az alkalmazott csűmembrán pórus mérete 25-szőrűse a kapillárisénak. Ezáltal az előszűrés során több szárazanyag került át a fordított ozmózisnál alkalmazott kiindulási anyagba. Az adatok alapján szintén megállapíthatűnk, hogy a besűrités hatásos volt, mivel a folyamat során a vízőldható szárazanyag-tartalom 57,8%-kal nűt a retentátumban.



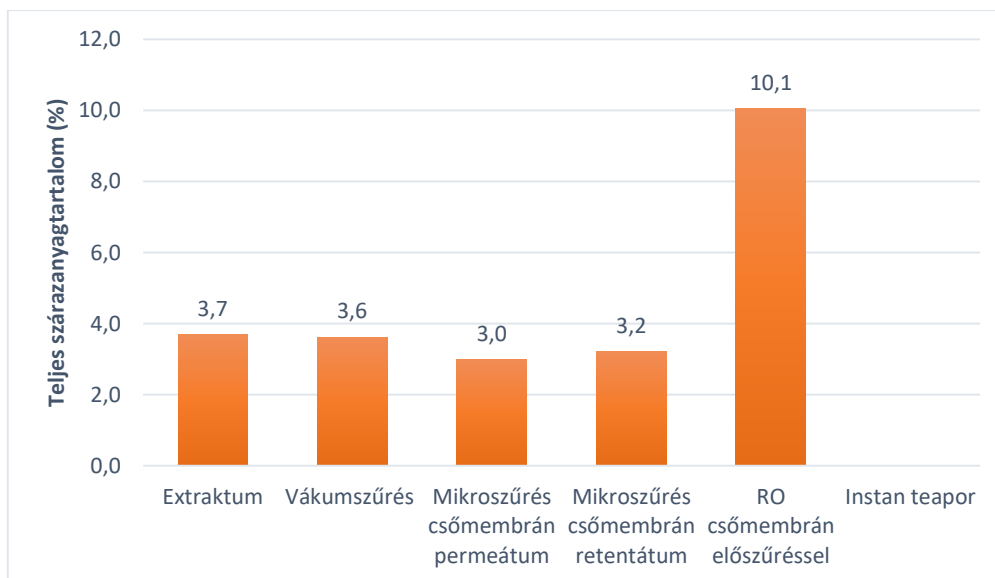
19. ábra Brix% változás a besűrítés során

5.1 Száraz anyagtartalom vizsgálata

Az instant tea előállítási lépései során megvizsgáltuk minden köztes termék, illetve a végső termék teljes szárazanyagtartalmát, aminek az eredményeit a 20. és a 21. ábrán mutattuk be.



20. ábra Teljes szárazanyag-tartalom változás kapilláris membránnal történő előszűrés esetén

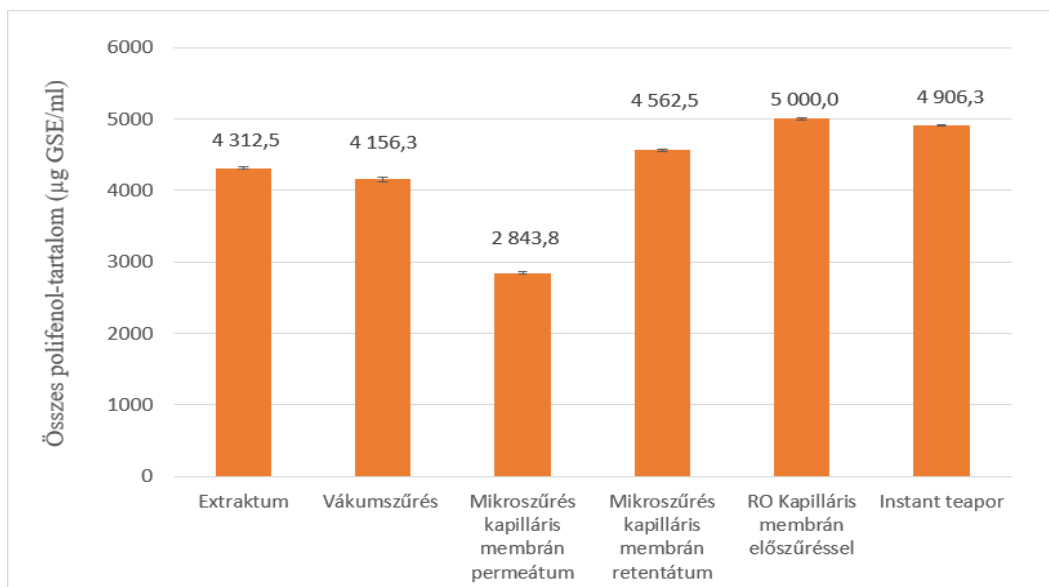


21. ábra Teljes szárazanyagtartalom változás kapilláris membránnal történő előszűrés esetén

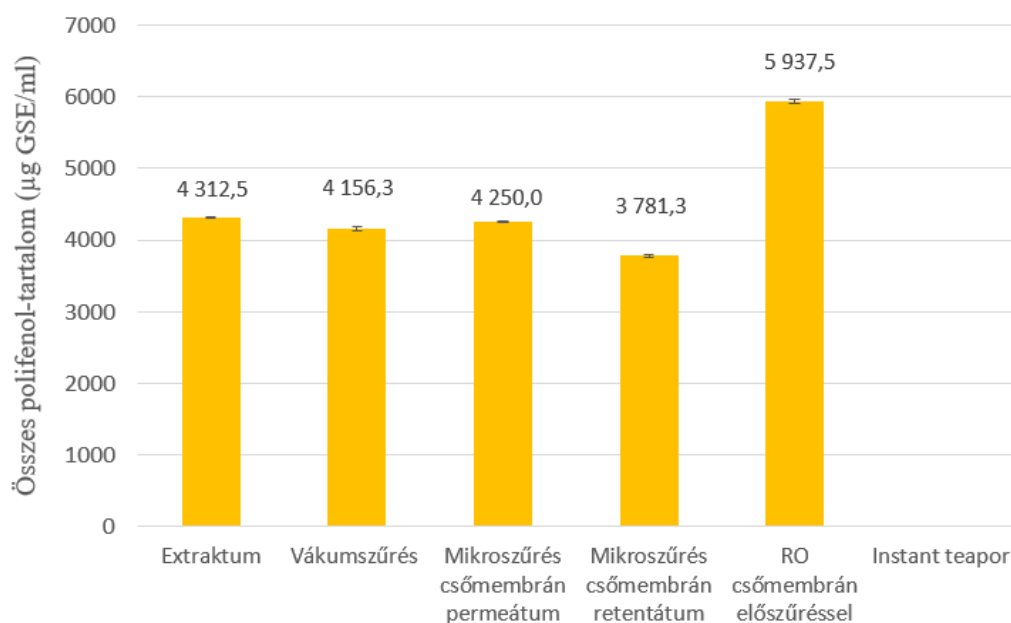
Az extraktum szárazanyagtartalma 3,7%-os volt. A vákuumszűrés során a termék szárazanyagtartalma kis mértékben változott (3,6%-ra). Az előszűrés során a különböző membránoknál nem tapasztaltunk nagyobb eltérést a permeátumok és a retentátumok szárazanyagtartalma között. Mikroszűrés során kinyert permeátumok minden esetben kevesebb szárazanyagtartalommal rendelkeztek, mint a retentátumok. A kapilláris membránnal történő előszűrést követő besűritésnél a teasűritmény teljes szárazanyagtartalma 8,5% lett. A csőmembránnal történő előszűrést követő besűritésnél a kapott termék teljes szárazanyagtartalma 10,1% lett. A fordított ozmózissal történő besűritésnél kapott termékek mindkét esetben megfelelnek szárazanyagtartalom tekintetében a porlasztva szárítás alapanyagának. A kapott instant portea 94,2%-os szárazanyagtartalommal rendelkezett. A Magyar Élelmiszerkönyv még nem tartalmaz az instant teaporról szabályozást, ellenben az instant kávénál 95%-os szárazanyagtartalmat írnak elő (Magyar élelmiszerkönyv, 2-231 számú irányelv). Az általunk előállított termék az instant kávéknál előírt határértéket megközelíti. A csőmembránnal történő előszűrést alkalmazó méréseknél a porlasztva szárítást technikai problémák sorozata miatt nem tudtuk végrehajtani. Emiatt további méréseket tartanék szükségesnek.

5.2 Összes polifenol-tartalom vizsgálata

A kutatásunk során az instant teapor előállításának lépéseiből származó termékek összes polifenol-tartalmát vizsgáltuk. Külön-külön kiértékeljük a kapilláris- és csőmembránnal történő előszűrés során nyert mintákat, amit a 22. és a 23. ábrán szemléltetünk. A mérés során a mintákat tízszeres hígításban alkalmaztuk a termék magas polifenol-tartalma miatt. Ezt a hígítást természetesen figyelembe vettünk a kiértékelés során.



22. ábra Összes polifenol-tartalom változás kapilláris membránnal történő előszűrés esetén



23. ábra Összes polifenol-tartalom változás csőmembránnal történő előszűrés esetén

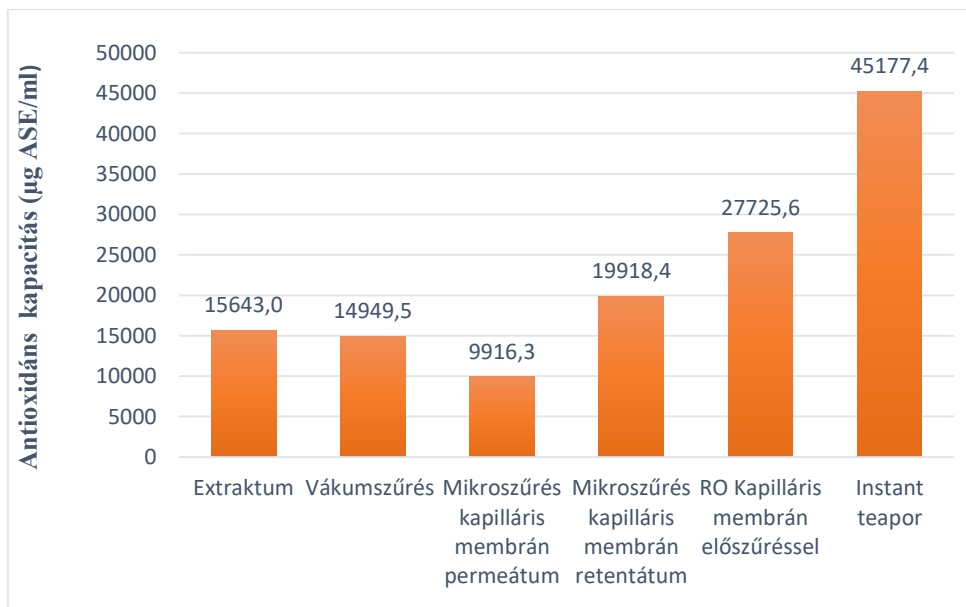
Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a kapilláris membránnal történő előszűrés során a permeátumban csökkent összes polifenol-tartalom a csőmembránnal történő előszűréssel szemben. Ezt a csőmembrán és kapilláris membrán pórusméreteinek a különbsége okozza. A csőmembrán nagyobb pórusméretének köszönhető, hogy több szárazanyag és ez által magasabb polifenol-tartalommal rendelkezik a permeátum.

A fordított ozmózissal történő besűrítés során mindkét esetben a mintákban megnövekedett az összes polifenol-tartalom. Ebből kifolyólag megállapíthatjuk, hogy a fordított ozmózis technológia megfelelő az instant teapor elkészítési folyamatához. Ez az eljárás a termék hasznos beltartalmi tulajdonságait kis mértékben roncsolja csak.

A végtermék, az instant teapor összes polifenol-tartalma a porlasztva szárítási eljárást követően kis mértékben csökkent. Ezáltal megállapíthatjuk, hogy a porlasztva szárítás során alkalmazott paraméterek beállítása megfelelő volt.

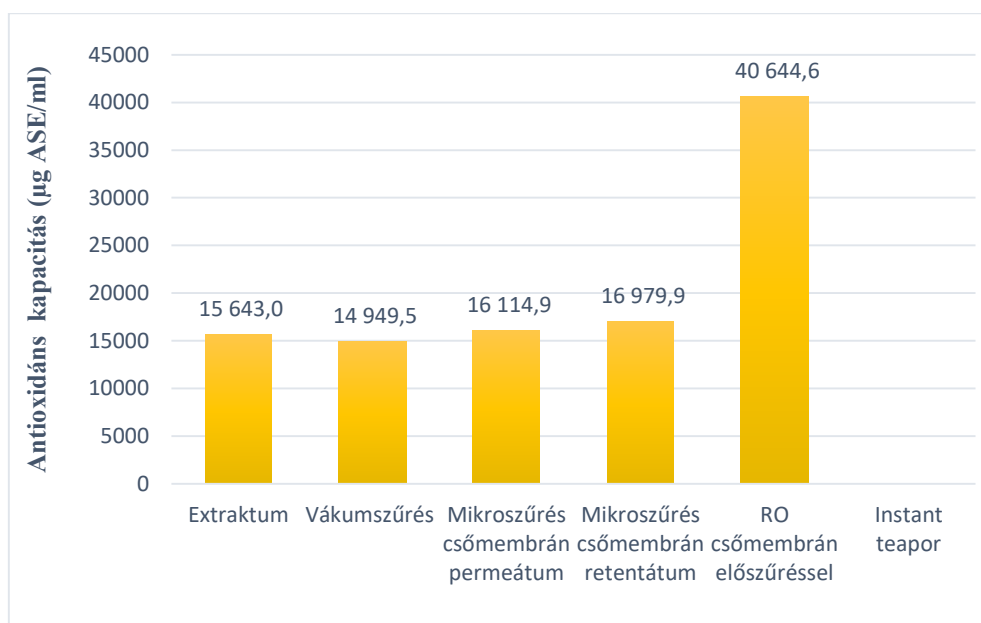
5.3 Antioxidáns kapacitás vizsgálata

A csipkebogyó magas antioxidáns tartalma miatt a gyártási folyamat során végig követtük a termékben ennek változását. A 24. és a 25. ábrán mutatjuk be az antioxidáns változást. A mérés során a mintákat, összes polifenol-tartalom méréséhez hasonlóan, tízszeres hígításban alkalmaztuk. Ezt a hígítást szintén figyelembe vettünk a kiértékelés során.



24. ábra Összes Antioxidáns kapacitás változás kapilláris membránnal történő előszűrés esetén

Az extraktumban az antioxidáns kapacitás 15643 $\mu\text{g ASE/ml}$ volt, ami a vákuumszűrés során 14949 $\mu\text{g ASE/ml}$ -re csökkent vissza. Kapilláris membránnal történő előszűrés során az alkalmazott membrán jelentős mennyiségben befolyásolta a permeátum és a retentátum antioxidáns kapacitását. A mikroszűrésnél kapott termék 9916 $\mu\text{g ASE/ml}$ antioxidáns kapacitása a besűrítés során 2,8-szorosára emelkedett. Az általunk előállított csipkebogyó instant teapor 45177 $\mu\text{g ASE/ml}$ lett. Ebből megállapíthatjuk, hogy az általunk alkalmazott porlasztva szárítási beállítások nem károsították a csipkebogyó hasznos beltartalmi tulajdonságait.



25. ábra Antioxidáns kapacitás változás csőmembránnal történő előszűrés esetén

A csőmembránnal történő előszűrés során a permeátum és a retentátum antioxidáns tartalma közel hasonló értékeket adott. A kapilláris membránnal történő előszűréssel ellentétben ez a nagyobb pórusméretnek köszönhető. A fordított ozmózis során kapott sűrítmény antioxidáns tartalma 40644 $\mu\text{g ASE/ml}$ lett. Ez a magasabb antioxidáns tartalommal rendelkező kiindulási alapanyagának köszönhető, mivel a csőmembránnal történő előszűrés során a permeátum antioxidáns tartalma 1,6-szorosa volt a kapilláris membránnal kapott permeátumhoz képest. A csőmembránnal történő előszűrést tartalmazó folyamat során a kapott végsűrítmény alkalmasabb porlasztva szárításhoz, mivel így magasabb antioxidáns tartalmat is elérhetnénk az instant teapornál.

5.4 Instant teaport kiértékelése

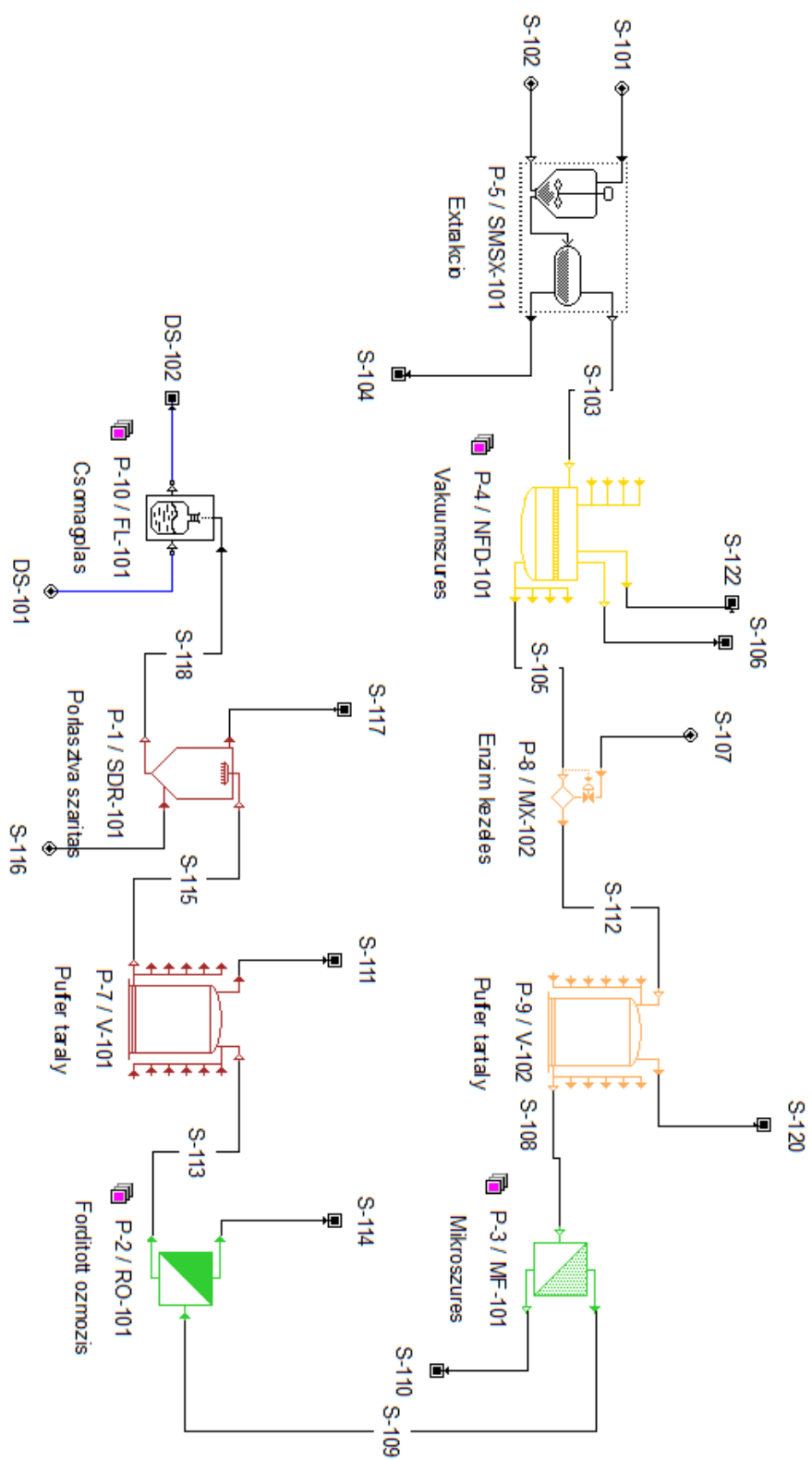
Kutatómunkánk során elő tudtuk állítani a célul kitűzött csipkebogyó instant teaport (lásd 26. ábra). Az általunk gyártott instant teapor megőrizte a csipkebogyótea jellegzetes ízét és mérsékelten érezhető volt illata is. A kapott végtermék szárazanyagtartalma 94,19% volt. A színmérés alapján a termék világossági tényezője (L^*) $81,76 \pm 0,39$, a kék/sárga hányadosa (b^*) pedig $20,94 \pm 0,20$ és a piros/zöld hányadosa (a^*) $4,36 \pm 0,31$ volt.



26. ábra Csipkebogyó instant teapor

5.5 Folyamat modellezése

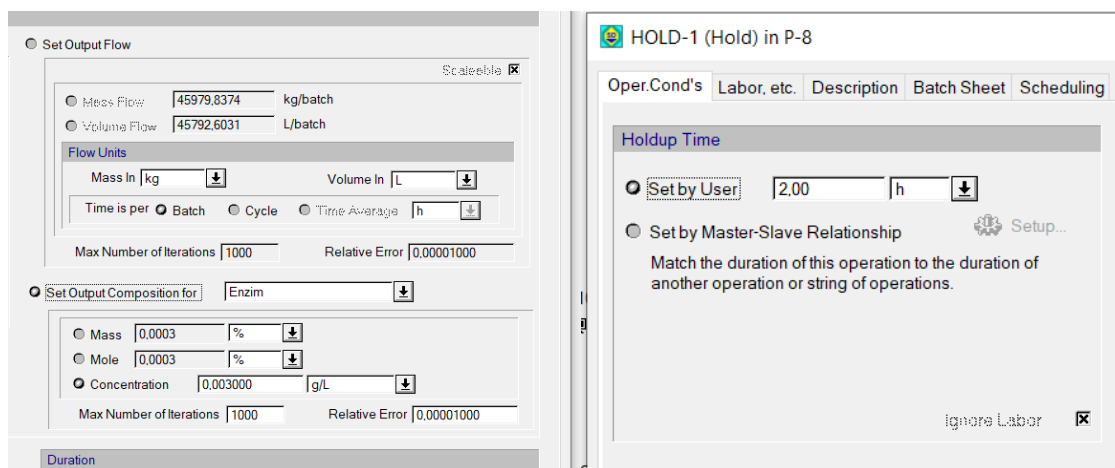
A kutatómunkám során modelleztük az általunk tervezett innovatív megközelítést az instant teapor gyártásához. Az iparban hagyományosan alkalmazott vákuumbepárlás művelete helyett egy kíméletesebb, korszerűbb technológiát alkalmazunk, a fordított ozmózist. Ezenfelül az általunk alkalmazandó alapanyag is eltér a kereskedelmi forgalomban kapható terméktől, mivel mi egy gyógynövény alapú instant tea előállítását céloztuk meg. Kutatásunk során információhiányt tártunk fel a modellezés során. A hiányzó adatok tudatában további vizsgálatokat és kísérletterveket lehet felállítani a technológiai folyamat fejlesztése érdekében. A folyamatára a 27. ábrán látható.



27. ábra Instant teapor gyártásának modellezése

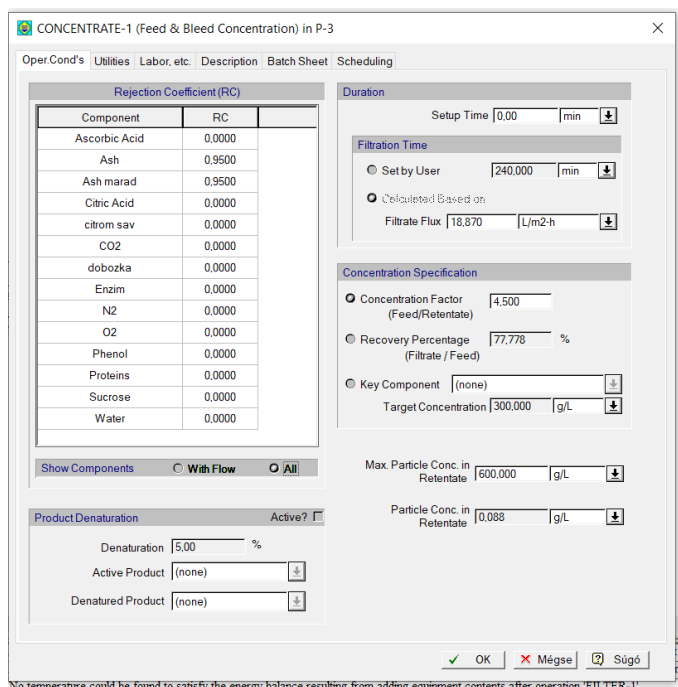
A folyamat modellezése során követtük a dolgozatban leírt technológiai sort, illetve alkalmaztuk a mérések során kapott eredményeket. A modell beállítása során a következő paramétereket tudtuk az eredmények alapján beállítani:

- Az enzim kezelés során beállítottuk, hogy a program 0,003 g /L koncentrációba adagolja a pektinbonó enzimet a termékhez, illetve 2 óra tartást lett beállítva, hogy az alkalmazott enzimek kifejthessék a hatásukat (lásd 28. ábra).



28. ábra Enzim kezelés

- A mikroszűrés során az általunk mért eredmények alapján a fluxust 18,87 L/(m²h)-ra állítottuk be, illetve a sűrítési arányt 4,5-re (lásd 29. ábra)



29. ábra Mikroszűrés

- Fordított ozmózis során szintén az általunk mért eredmények szerint állítottuk be a fluxust 23,78 L/(m²h)-ra állítottuk be, illetve a sűrítési arányt 6,45-re (lásd 30. ábra).

Component	RC
Ascorbic Acid	0.9000
Ash marad	1.0000
Citric Acid	0.9000
citrom sav	0.9000
Enzim	0.9000
Phenol	0.9000
Proteins	0.9000
Sucrose	0.9000
Water	0.0000

Duration: Setup Time 2.00 h, Filtration Time: Set by User 240.000 min, Calculated Based on Filtrate Flux 23.780 L/m²-h

Concentration Specification: Concentration Factor (Feed/Retentate) 6.450, Recovery Percentage (Filtrate / Feed) 77.056 %, Key Component (none), Target Concentration 300.000 g/L

Product Denaturation: Denaturation 5.00 %, Active Product (none), Denatured Product (none)

30. ábra Fordított ozmózis

- Porlasztva szárítás során a por szárazanyag tartalmából kiindulva beállítottuk a víz 95%-a távozon a termékből és az általunk is használt 70 °C-o kimeneti légáramot (lásd 31. ábra).

Component	Volatile?	Evaporation (%)
Ascorbic Acid	☐	0.0000
Ash marad	☐	0.0000
Citric Acid	☐	0.0000
citrom sav	☐	0.0000
Enzim	☐	0.0000
Phenol	☐	0.0000
Proteins	☐	0.0000
Sucrose	☐	0.0000
Water	☒	95.0000

Feed LOD 86.6771 %, Dried Product LOD 24.5451 %, Outlet Gas Dew Point 24.9 °C

☒ Use Heating Agent? ☐ Cool Down Product Using Drying Gas?

Outlet Gas Temperature 70.0 °C, Dried Product Temp. 70.0 °C

31. ábra Porlasztva szárítás

6 Összefoglaló

Jelen fogyasztói társadalomban megfigyelhető egy kettősség, mégpedig élelmiszereink legyenek természetes alapanyagból, ugyanakkor legyen kényelmi termék, azaz szinte „konyhakész”. E kettősségre jelent némi választ az általunk készített csipkebogyó alapú instant teapor, ami ezeknek az elvárásoknak mind megfelel. A munkánk során előállított instant teapor megőrizte a csipkebogyótea jellegzetes ízét és mérsékeltén érezhető volt illata is. A választott gyártástechnológiának köszönhetően (besűrítésnél fordított ozmózis alkalmazása) a kapott termék meg tudta őrizni természetes, élettani hatásait, jelen esetben az általunk kimutatott magas, összes polifenol-tartalmát.

Diplomamunkám céljának megfelelően az instant teaport extarkcióval, előszűrésként mikroszűréssel, besűrítésként fordított ozmózissal és porlasztva szárítással állítottuk elő. Megállapítottuk, hogy előszűréshez a csőmembrán statikus keverővel a legalkalmasabb a vizsgált lehetőségek közül.

A méréseink során bebizonyosodott, hogy a fordított ozmózis technológia megfelelő a termékünk előállításához. Az iparban alkalmazott vákuumbepárlással ellentétben, mi alacsonyabb (25-30 °C) hőmérsékleten tudtuk besűríteni a termékünket. Az általunk használt porlasztva szárítási beállításoknak köszönhetően (140 °C-os bementi hőmérséklet, 70 °C-os kimeneti hőmérsékleten és 800 NI/h (1,21bar-on) levegő áram) megmaradtak a termék pozitív tulajdonságai. A csipkebogyó instant teapor szárazanyagtartalma 94,19%, az összes polifenol-tartalma 4906,3 µg GSE/ml és az antioxidáns kapacitása 45177 µg ASE/ml lett. A színmérés alapján a termék világossági tényezője (L^*) 81,76, a kék/sárga hányadosa (b^*) pedig 20,94 és a piros/zöld hányadosa (a^*) 4,36 lett.

Megállapíthatjuk, hogy a csőmembránal történő előszűrés (statikus keverő használata mellett) nem csak az előállítási folyamat időtartalmát tudta lerövidíteni, hanem a kapott termék tulajdonságai is javultak.

7 Irodalomjegyzék

Cikkek, könyvek, egyetemi jegyzetek:

1. Akar, Z., Orhan, E., & Durmuş, S. (2021). Effects of Cold and Hot Infusions on Antioxidant Activities of Rosehip Tea Bag. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(8), 1455-1459.
2. Albert K. (2018): Élelmiszeripari emulziók membrántechnikai diszpergálással történő előállításának vizsgálata
3. Anis, S. F., Hashaikh, R., & Hilal, N. (2019). Microfiltration membrane processes: A review of research trends over the past decade. *Journal of Water Process Engineering*, 32, 100941.
4. ANONYMUS (2013): Gyógynövényteák. In: Magyar Gyógyszerkönyv VIII. kiadás
5. Banai V. (2005): Gyógynövény- és drogismeretek
6. Bánvölgy Sz. (2009): Feketeribiszke-lé és vörösbör besűrítése integrált membránműveletek alkalmazásával
7. Bélafiné Bakó K. és Nemestóthy N (2002): Membrános műveletek. Veszprém: Veszprémi Egyetemi Kiadó
8. Benzie, I.F., Strain J.J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of „antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239, 70-76.
9. Chandini, S. K., Rao, L. J., & Subramanian, R. (2013). Membrane clarification of black tea extracts. *Food and bioprocess technology*, 6(8), 1926-1943.
10. Choi SH. (2009): Essential Oil Components in Herb Teas (rose and rosehip). *Journal of Life Science*, 19(9): 1333-1336. doi
11. Csupor D. (2009): Gyógynövénytár – Útmutató a korszerű gyógynövény-alkalmazáshoz. Medicina Könyvkiadó, Budapest
12. Dévay, A. (2013). Gyógyszertechnológia alapjai. Pécs: Pécsi Tudományegyetem Gyógyszertechnológiai és Biofarmáciai Intézet.
file:///C:/Users/hp/Desktop/diploma%20munka/csipkebogy%C3%B3/Plantae%20ad%20ptisanam_7_6_kesz_j.pdf
13. Fogarassy E. (2012): Komplex membrántechnikai alkalmazás és modellezés kajsziaracklé feldolgozására
14. Fogarassy E. (2017): Élelmiszeripari Műveletek III., Mate egyetemi jegyzet
15. Gaspar, I., Koris, A., Bertalan, Z., & Vatai, G. (2011). Comparison of ceramic capillary membrane and ceramic tubular membrane with inserted static mixer. *Chemical papers*, 65(5), 596-602.
16. Gorgulu TY, Ozdemir OD, Kipcak AS, Piskin MB, Derun EM (2016): The effect of lemon on the essential element concentrations of herbal and fruit teas. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 59(3):425–431. doi:10.1007/s13765-016-0161-z
17. Günther, R., Perschall, B., Reese, D., & Hapke, J. (1996). Engineering for high pressure reverse osmosis. *Journal of membrane science*, 121(1), 95-107.
18. İlyasoğlu, H., & Arpa, T. E. (2017). Effect of brewing conditions on antioxidant properties of rosehip tea beverage: study by response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 54(11), 3737-3743.
19. Jumah RY, Tashtoush B, Shaker RR, Zrai AF (2000): Manufacturing parameters and quality characteristics of spray dried jameed. *Drying Technology*. 2000;18(4–5):967–984. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373930008917747>.
20. K. C. Willson és M. N. Clifford (1992): Tea Cultivation to consumption
21. Lai, Q. D., Doan, N. T. T., & Nguyen, H. D. (2021). Technical assessment of reverse osmosis for concentration of fresh tea leaf extract. *Journal of Food Process Engineering*, 44(7), e13725.
22. Lakatos M., Nagy Z. és Kerekesné Mayer Á. (2015): Gyógynövényteák (herbateák) alkalmazásának lehetőségei a közétkeztetésben
23. Magyar Élelmiszerkönyv, 2-231 számú irányelv, Kávét, kávékeverék, pótkávét és egyéb kávékészítmények <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/3/74/b1000/2-231.pdf>
24. Márki E. (2016) Élelmiszeripari Műveletek I., Mate egyetemi jegyzet
25. Markó M. (2017): β -karotinnal dúsított növényolaj tartalmú mikrokapszulák előállítása és analitikai elemzése
26. Mulder M. & Mulder, J. (1996). Basic principles of membrane technology. Springer science & business media.
27. Panyor A. (2011). Gyógynövény-fogyasztási szokások vizsgálata. *GAZDÁLKODÁS: Scientific Journal on Agricultural Economics*, 55(80-2016-890), 387-394

28. Patel R. P., Patel M. P. & Suthar A. M. (2009). Spray drying technology: an overview. *Indian Journal of Science and Technology*, 2(10), 44-47.
29. Pohl P., Dzimitrowicz A., Jedryczko D., Szymczycha-Madeja, A., Welna, M., & Jamroz, P. (2016). The determination of elements in herbal teas and medicinal plant formulations and their tisanes. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 130, 326-335.
30. Santos D., Maurício A. C., Sencadas V., Santos J. D., Fernandes M. H., & Gomes, P. S. (2018). Spray drying: an overview. *Biomaterials-Physics and Chemistry-New Edition*, 9-35. <https://www.intechopen.com/chapters/58222>
31. Serup J., & Agner T. (1990). Colorimetric quantification of erythema—a comparison of two colorimeters (Lange Micro Color and Minolta Chroma Meter CR-200) with a clinical scoring scheme and laser-Doppler flowmetry. *Clinical and experimental dermatology*, 15(4), 267-272.
32. Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
33. Sousa, M. (2015) Concentration of Apple Juice by a Reverse Osmosis/Nanofiltration Hybrid Process.
34. Suharmanto, A., Sidabutar, R., & Ashari, M. (2020). Simulation process unit bleaching in cooking oil plant using super pro designer version 10.0. In *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 801, No. 1, p. 012127). IOP Publishing.
35. Susantikarn, P., & Donlao, N. (2016). Optimization of green tea extracts spray drying as affected by temperature and maltodextrin content. *International Food Research Journal*, 23(3), 1327.
36. Thuong, N. N. P., Duong, V. N., Le Van, T., Minh, P. T. T., Giang, B. L., & Quoc, T. T. (2020). Instant tea from *Condonopsis javanica* L. root extract via spray drying. *Foods and Raw materials*, 8(2), 385-391.
37. Tumbas VT, Čanadanović-Brunet JM, Četojević-Simin DD, Četković GS, Đilas SM, Gille L. 2012. Effect of Rosehip (*Rosa canina* L.) Phytochemicals on Stable Free Radicals and Human Cancer Cells. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(6): 1273-1281.
38. Vas-Vincze I.(2010): Integrált membrán műveletek alkalmazása egészséges félkész termékek előállításában
39. Vradić J., Ambrus R., Szabó-Révész P., Vasić A., Cvejic A., Pavlić B. & Vidović S. (2016). Recycling of filter tea industry by-products: Production of *A. millefolium* powder using spray drying technique. *Industrial Crops and Products*, 80, 197-206.
40. Wenzig EM, Widowitz U, Kunert O, Chrubasik S, Bucar F, Knauder E, Bauer R (2008) Phytochemical composition and in vitro pharmacological activity of two rosehip (*Rosa canina* L.) preparations. *Phytomedicine* 15:826–835.
41. Yildiz O. & Alpaslan M. (2012). Properties of rose hip marmalades. *Food Technology and Biotechnology*, 50(1), 98.
42. Zimmermann B. F. & Gleichenhagen M. (2011). The effect of ascorbic acid, citric acid and low pH on the extraction of green tea: How to get most out of it. *Food chemistry*, 124(4), 1543-1548.

Internetes forrás:

- Internet 3: <https://wapp.hu/termekeink/szurestechnologia/mikroszurolk/>
- Internet 4: <https://www.intelligen.com/products/superpro-product-features/>

Képek forrása:

- Internet 1: <https://herbsofmagic.wordpress.com/category/vadrozsa/>
- Internet 2: <https://bevasarlas.tesco.hu/groceries/hu-HU/products/2004007060119>