

Membraanisuodatusteknologia käyttöön SeAMK Food Labissa

20.12.2024

Seinäjoen ammattikorkeakouluun hankittiin Alfa Laval PilotUnit Multi -membraanisuodatuslaitteisto (kuva 1) osana Future Frami Food Lab -hanketta. Laitteisto saapui SeAMKiin marraskuussa 2024, jolloin suoritettiin sen käyttöönotto ja ensimmäinen testiajo laitetoimittajan avustuksella. Ensimmäisen testiajon tavoitteena oli tutustua laitteen käyttöön ja maitoproteiinien konsentrointi ultrafiltraatiotekniikalla.



Kuva 1. Alfa Laval PilotUnit Multi -membraanisuodatuslaitteisto (kuva: Alisa Ala-Huikku, 2024).

Tietoa laitteistosta ja membraaniteknologiasta

Alfa Laval PilotUnit Multi on monipuolinen membraanisuodatuslaitteisto, eli kalvosuodatuslaitteisto, joka soveltuu elintarvikealan tutkimus- ja kehitystarpeisiin. Laitteisto sisältää yhden suodatinyksikön, jossa käytetään spiraalimembraaneja (kuva 2) (Alfa Laval, i.a.). Laitteiston modulaarisuus mahdollistaa erilaisten filtraatiotekniikoiden, kuten mikrofiltraation (MF), ultrafiltraation (UF), nanofiltraation (NF) ja käänteisosmoosin (RO), käytön. Tuoteajo voidaan toteuttaa joko batch- tai semi-batch-prosessina prosessin tavoitteiden ja raaka-aineiden tarpeiden mukaan. Batch-prosessissa raaka-aine syötetään kerralla, kun taas semi-batch-prosessissa raaka-ainetta lisätään vaiheittain. Laitteisto sopii prosessien skaalaukseen ja sitä voidaan käyttää myös pienimuotoiseen tuotantoon.



Kuva 2. Membraanisuodatuslaitteiston suodatusyksikkö ja spiraalimembraani (kuva: Alisa Ala-Huikku, 2024).

Suodatusprosessi perustuu membraaniin, joka erottaa aineita koon tai kemiallisten ominaisuuksien perusteella paine-eron avulla (Fellows, 2022, s. 137). Paine ajaa syöttövirtaa membraanin pinnan yli, jolloin pienemmät molekyylit pääsevät kulkemaan membraanin huokosten läpi. Suodatuksen aikana membraanin

pinnalle jäävä neste, retentaatti, sisältää suurempia molekyylejä, kun taas membraanin läpi kulkeva neste, permeaatti, koostuu pienemmistä molekyyleistä. Prosessin tavoitteet ja lopputuotteen vaatimukset määrittävät, kumpaa virtaa hyödynnetään.

Membraaniteknologian etuja ovat esimerkiksi energiatehokkuus, ympäristöystävällisyys ja mahdollisuus käsitellä lämpöherkkiä aineita säilyttäen niiden laatuominaisuudet (Fellows, 2022, s. 137; Osman ym., 2014).

Käyttöönotto ja testiajo

Laitteiston käyttöönotto aloitettiin perehdytyksellä ja järjestelmän testauksella, jossa käytiin läpi perusasetukset ja varmistettiin laitteiston toiminta.

Laitteiston käyttöön kuuluu olennaisena osana pesuvaiheet ennen ja jälkeen tuoteajon membraanien kunnossapidon varmistamiseksi. Aluksi järjestelmä huuhdeltiin kylmällä ja kuumalla vedellä poistamaan suurimmat epäpuhtaudet. Tämän jälkeen suoritettiin emäksinen CIP-pesu, jolla varmistettiin kalvojen puhtaus ja suorituskyvyn säilyminen. Lopuksi tehtiin waterflux-testi, jossa mitattiin veden virtaus kalvon läpi. Tämä vaihe antaa viitteitä kalvon kunnosta ennen ja jälkeen ajon.

Varsinainen tuoteajo toteutettiin rasvattomalla maidolla ja tavoitteena oli maitoproteiinien konsentrointi ultrafiltraatiolla. Ultrafiltraatio perustuu membraaneihin, joiden huokoskoko on suurempi kuin esimerkiksi käänteisosmoosissa, ja ne erottavat suuret molekyylit, kuten proteiinit ja kolloidit, pienemmistä liuenneista yhdisteistä (Fellows, 2022, s. 141). Testiajossa suuret molekyylit, kuten proteiinit, jäävät retentaattiin, kun taas pienemmät molekyylit, kuten laktoosi ja suolat, kulkeutuvat permeaattiin. Ultrafiltraatiomembraanit toimivat alhaisilla paineilla, yleensä 0,5–15 bar, mikä tekee prosessista energia- ja kustannustehokkaan (mts. 141).

Tuoteajo päätettiin suorittaa semi-batch-prosessina, jotta voitiin testata laitteiston ajettavuutta ja määrittää suodatusprosessin tehokkuus käytettävällä kalvolla. Maitoa lisättiin syöttösäiliöön vaiheittain prosessin aikana, sen sijaan että koko tuotemäärä olisi syötetty kerralla. Jokaisen lisäyksen jälkeen prosessin annettiin tasaantua, jotta retentaatin ja permeaatin virtausnopeudet ja pitoisuudet tasapainottuivat. Tasaantumisvaiheen jälkeen poistettiin permeaattia, ja retentaattia kierrätettiin edelleen järjestelmässä. Retentaatin ja permeaatin pitoisuuksia mitattiin ajon aikana refraktometrilla, seuraten liuosten BRIX-pitoisuuksia. Tämän avulla arvioitiin suodatuksen tehokkuutta ja maitoproteiinin konsentroitumista.

Kuvassa 3 vasemmalla näkyvä retentaatti sisältää ultrafiltraation aikana membraaniin jääneitä suuria molekyylejä, kuten maitoproteiineja. Oikealla on permeaatti, joka koostuu pienemmistä molekyyleistä, kuten vedestä, laktoosista ja suoloista, jotka ovat läpäisseet membraanin.



Kuva 3. Retentaatti ja permeaatti (kuva: Alisa Ala-Huikku, 2024).

Testiajossa maitoproteiini konsentroitiin yli 2-kertaiseksi, lopullisen VCF-arvon (Volumetric Concentration Factor) ollessa 2,2. Ajon aikana seurattiin keskeisiä prosessiparametreja, kuten paine-eroja ja virtausnopeuksia, joiden avulla voitiin arvioida prosessin toimintaa sekä optimointimahdollisuuksia tulevia ajoja varten. Semi-batch-prosessi osoittautui toimivaksi ajomenetelmäksi, koska sen avulla laitteistoa pystyttiin operoimaan pidempään ja prosessin ajamista voitiin harjoitella perusteellisemmin.

Selkeä HMI-käyttöliittymä mahdollisti nopean asetusten säätämisen ja reaaliaikaisen prosessiseurannan, mikä teki laitteen käytöstä sujuvaa. Käyttöliittymässä pystyi luomaan reseptejä, joissa määriteltiin vaihekohtaiset asetusarvot, kuten paineet, paine-erot ja lämpötila. Asetusarvot räätälöitiin membraanin ominaisuuksien ja raaka-aineen vaatimusten mukaan.

Kehityskohteet ja tulevaisuus

Ensimmäiset käyttökokemukset osoittivat, että raaka-aineiden syöttöratkaisuja ja prosessinohjausta voidaan edelleen kehittää, esimerkiksi lisäämällä ulkopuolinen syöttösäiliö. Ulkopuolisen syöttösäiliön käyttöönotto mahdollistaisi suurempien raaka-ainemäärien käsittelyn ja parantaisi prosessin hallittavuutta erityisesti batch-prosessissa. Vaihtoehtoisesti laitteen syöttösäiliötä voidaan hyödyntää puskurisäiliönä semi-batch-prosessissa, jolloin raaka-ainetta voidaan lisätä hallitusti ja ajon keskeytyksiä vähentää. Nämä parannukset helpottaisivat suodatusprosessia ja mahdollistaisivat suuremmat tuotevolyymit.

Tulevaisuudessa membraanisuodatuslaitteisto tukee SeAMKin tutkimus- ja kehitystyötä sekä toimii

keskeisenä työkaluna opetuksessa. Laitteiston avulla voidaan kehittää menetelmiä erityisesti proteiinipitoisten tuotteiden erotukseen ja konsentrointiin sekä prosessitehokkuuden parantamiseen. Sovelluskohteita voivat olla esimerkiksi kasviperäisten proteiinien erotus ja juomateollisuuden suodatusprosessit, joissa membraaniteknologialla voidaan tarkasti konsentroida ja erottaa halutut aineosat.

Samalla laitteisto tarjoaa oppimisympäristön, jossa opiskelijat voivat perehtyä membraanisuodatusteknologian käyttöön ja prosessien hallintaan käytännön tasolla. Tämä tukee opiskelijoiden valmiuksia toimia elintarviketeknologian kehittämisen ja teollisten prosessien parissa.

Käyttöönotossa saatu kokemus antaa hyvän pohjan tuleville tutkimuksille ja kehitysprojekteille, joissa laitteiston potentiaali voidaan hyödyntää kokonaisvaltaisesti. Tämä tukee Seinäjoen ammattikorkeakoulun roolia elintarviketeknologian osaamiskeskuksena.

Alisa Ala-Huikku
asiantuntija, TKI
SeAMK

Kirjoittaja toimii TKI-asiantuntijana Future Frami Food Lab (F^3L) -hankkeessa, joka on Euroopan unionin osarahoittama. Hankkeen päätavoitteena on lisätä Etelä-Pohjanmaan roolia ruokamaakuntana sekä johtavana elintarviketeknologian ja prosessien osaajana Suomessa ja kansainvälisesti merkittävänä toimijana sekä vahvistaa SeAMK Food Labsin roolia elintarviketeknologioiden ja -prosessien testausalustana ja alan tunnistettuna osaamiskeskittymänä.

Lisätietoa hankkeesta verkkosivuilta.

Lisätietoja SeAMK Food Labs -palveluista verkkosivuilta.

Lähteet

Alfa Laval. (i.a). *PilotUnit Multi.* https://www.alfalaval.com/products/separation/membranes/standalone-pilot-plants/pilotunit-multi/

Fellows, P. J. (2022). *Food Processing Technology – Principles and Practice* (5th Edition). Elsevier Science & Technology. https://doi.org/10.1016/C2019-0-04416-0

Osman, A. I., Chen, Z., Elgarahy, A. M., Farghali, M., Mohamed, I. M. A., Priya, A. K., Hawash, H. B., & Yap, P.-S. (2024). Membrane technology for energy saving: Principles, techniques, applications, challenges, and prospects. *Advanced Energy and Sustainability Research, 5*(1), Article 2400011. https://doi.org/10.1002/aesr.202400011