एग्री आर्टिकल्स
(कृषि लेखों के लिए ई-पत्रिका)
वर्ष: 02, अंक: 03 (मई-जून, 2022)
www.agriarticles.com पर ऑनलाइन उपलब्ध
© एग्री आर्टिकल्स, आई. एस. एस. एन.: 2582-9882

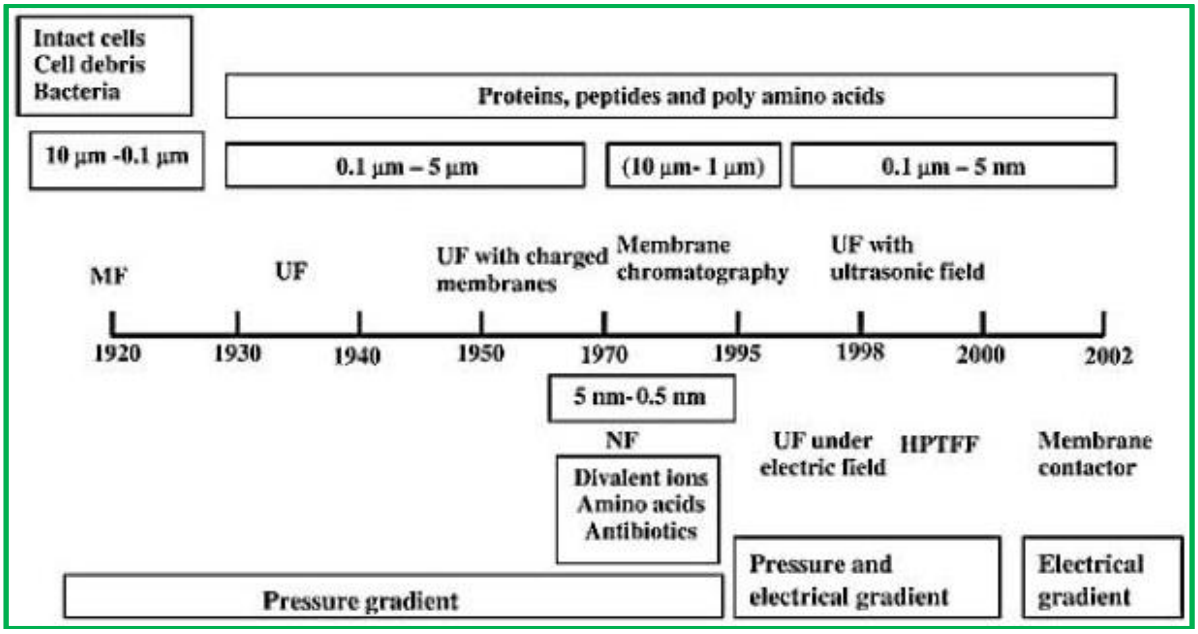
डेयरी उद्योग में झिल्ली प्रौद्योगिकी का दृष्टिकोण: एक गैर थर्मल परिप्रेक्ष्य

(*महेंद्र कुमार[1] एवं शंकर लाल[2])
[1]खाद्य विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग, जवाहरलाल नेहरू कृषि विश्व विद्यालय जबलपुर मध्य प्रदेश
[2]डेयरी विज्ञान और खाद्य प्रौद्योगिकी विभाग, कृषि विज्ञान संस्थान, बनारस हिंदू विश्वविद्यालय वाराणसी
* mahendra1.cdfst@gmail.com

झिल्ली प्रौद्योगिकी शब्द का उपयोग विशिष्ट अर्ध-पारगम्य झिल्ली फिल्टर को नियोजित करने के लिए सामूहिक रूप से पृथक्करण प्रक्रियाओं का प्रतिनिधित्व करने के लिए किया जाता है ताकि कुछ यौगिकों को अलग-अलग यौगिकों के दो तरल पदार्थों में ध्यान केंद्रित किया जा सके या कुछ यौगिकों को दूसरों को भारित करते हुए पारित करने की अनुमति दी जा सके। तरल जो झिल्ली को पार करने में सक्षम है उसे "परमीट्स" के रूप में जाना जाता है और बनाए रखा तरल को "रिटेंटेट" या "एकाग्रता" के रूप में जाना जाता है। झिल्लियों की दक्षता काफी हद तक द्रवों की झिल्ली और सांद्रता प्रवणता में हाइड्रोस्टेटिक दबाव प्रवणता (जिसे "ट्रांसमेम्ब्रेन दबाव" के रूप में भी जाना जाता है) द्वारा नियंत्रित किया जाता है। कुछ मामलों में, विद्युत क्षमता की महत्वपूर्ण भूमिका होती है।

दूध को सर्वोत्तम, आदर्श और संपूर्ण आहार माना जाता है और मानव आहार में विशेष रूप से शाकाहारी भोजन में इसका महत्वपूर्ण स्थान है। दूध अपनी संरचना के कारण झिल्ली निस्पंदन के लिए एक आदर्श तरल है। मेम्ब्रेन तकनीक को 1960 के दशक की शुरुआत से डेयरी उद्योग में लागू किया गया है और अब यह जल उपचार तकनीक के बाद दूसरे स्थान पर आती है और आसवन, वाष्पीकरण या निष्कर्षण जैसी अधिक पारंपरिक डेयरी प्रक्रियाओं के लिए व्यवहार्य विकल्प के रूप में कार्य करती है। खाद्य उद्योग 7.5% वार्षिक वृद्धि के साथ दुनिया भर में झिल्ली के मौजूदा 250 मिलियन कारोबार के 20 से 30% का प्रतिनिधित्व करता है। कई सैकड़ों हजार वर्ग मीटर झिल्ली (अल्ट्राफिल्ट्रेशन: 400,000; नैनोफिल्ट्रेशन: 300,000; रिवर्स ऑस्मोसिस: 100,000; माइक्रोफिल्ट्रेशन: 50,000) वर्तमान में काम कर रहे हैं।

डेयरी उद्योग में स्थापित झिल्ली क्षेत्र का लगभग 2/3 भाग मट्ठा के उपचार के लिए और लगभग 1/3 दूध के लिए उपयोग किया जाता है। डेयरी उद्योग में झिल्ली के उपयोग को उपन्यास आधार सामग्री जैसे की शुरूआत के साथ काफी बढ़ाया गया है। नई तकनीकी प्रक्रियाओं जैसे रिवर्स ऑस्मोसिस, डायफिल्ट्रेशन (DF) और नैनोफिल्ट्रेशन (NF) (चित्र 1) के साथ सेल्यूलोज एसीटेट, पॉलीमाइड्स, पॉलीसल्फोन्स। वर्तमान परिदृश्य में, विभिन्न प्रकार की झिल्ली पृथक्करण प्रौद्योगिकियां जैसे कि माइक्रो-निस्पंदन, अल्ट्रा-निस्पंदन (बालनेक एट अल।, 2005), नैनो-निस्पंदन (वर्च एट अल।, 2005) और रिवर्स ऑस्मोसिस (आरओ) (बालनेक एट अल) ., 2005; वर्च एट अल।, 2005) को डेयरी उद्योग में उपयोग के लिए उपलब्ध कराया जा रहा है।



चित्र: प्रोटीन पृथक्करण/शुद्धि के लिए झिल्ली प्रौद्योगिकियों के विकास में मील के पत्थर (सक्सेना *एट अल*, 2009 से अपनाया गया)।

मेम्ब्रेन फिल्ट्रेशन तकनीक का उपयोग उपभोक्ता के साथ-साथ उत्पादकों के लिए कई प्रकार के लाभ प्रदान करता है। मेम्ब्रेन प्रौद्योगिकी भविष्य की संभावनाओं से भरी एक नई गैर-तापीय पर्यावरण के अनुकूल हरित प्रौद्योगिकी है जो तापमान वृद्धि के प्रतिकूल प्रभाव को कम करती है जैसे कि चरण में परिवर्तन, प्रोटीन का विकृतीकरण और उत्पाद की संवेदी विशेषताओं में परिवर्तन। झिल्ली अवांछित घटकों को हटा देती है। सूक्ष्मजीव, दवाएं या तलछट जो उत्पाद की गुणवत्ता पर नकारात्मक प्रभाव डालते हैं, अंतिम उत्पाद को बनावट में अधिक आकर्षक बनाते हैं और इसके शेल्फ जीवन को बढ़ाते हैं। आयन एक्सचेंज, सॉल्यूशन डिफ्यूजन आदि जैसे अद्वितीय तंत्र क्रिया के कारण झिल्लियों की चयनात्मकता बहुत अधिक है। झिल्ली अपने कॉम्पैक्ट डिजाइन के कारण विभिन्न प्रकार के पौधों के डिजाइन और विस्तार के लिए उपयुक्त हैं और बहुत कम रखरखाव की आवश्यकता होती है। झिल्लियों का संचालन बहुत ही सरल, प्रतिस्पर्धी है और उन्हें संभालने या संचालित करने के लिए किसी विशेष ज्ञान की आवश्यकता नहीं होती है। वांछित प्रभाव प्राप्त करने के लिए, कभी-कभी एकल झिल्ली के बजाय झिल्ली के संयोजन का उपयोग करना और विभिन्न पहले से विकसित झिल्ली संचालन के एकीकरण द्वारा समग्र औद्योगिक उत्पादन को नया स्वरूप देना आवश्यक होता है।

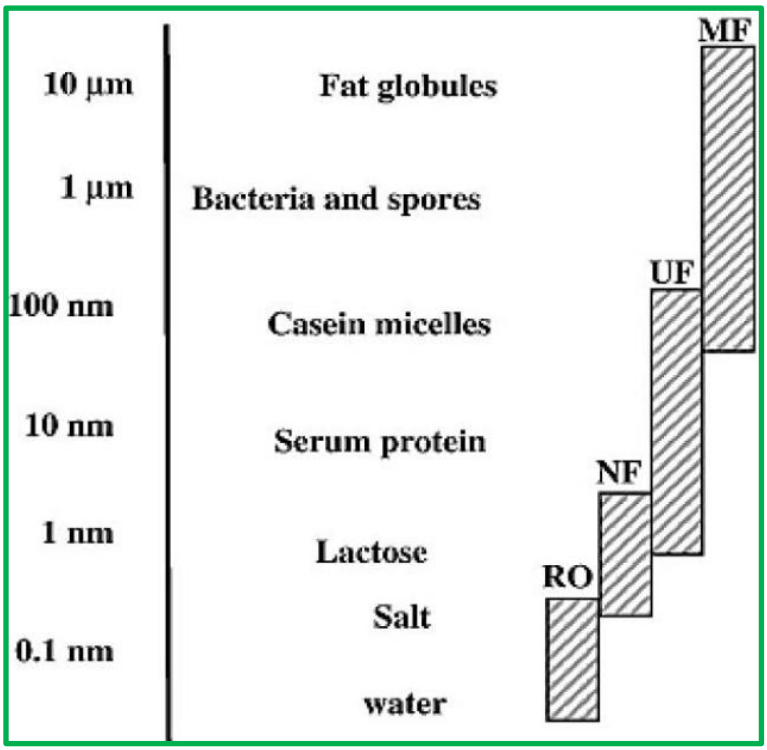
झिल्ली के लक्षण

माइक्रोफिल्ट्रेशन (एमएफ) अल्ट्राफिल्ट्रेशन (यूएफ) के समान एक झिल्ली पृथक्करण प्रक्रिया है, लेकिन इससे भी बड़े झिल्ली छिद्र आकार के साथ 0.2 से 2 माइक्रोमीटर की सीमा में कणों को गुजरने की अनुमति मिलती है। उपयोग किया जाने वाला दबाव आमतौर पर UF प्रक्रिया की तुलना में कम होता है। एमएफ झिल्ली विशेष रूप से 0.1 से 10.0 माइक्रोन के आकार की सीमा में महीन कणों को अलग करने के लिए उपयुक्त हैं, जबकि 1 से 100 एनएम छिद्र आकार वाले यूएफ झिल्ली को प्रोटीन और अन्य मैक्रोमोलेक्यूल्स के उच्च प्रतिधारण प्रदान करने के लिए डिज़ाइन किया गया था। यूएफ झिल्ली निस्पंदन की एक किस्म है जिसमें हाइड्रोस्टेटिक दबाव एक अर्ध-पारगम्य झिल्ली के खिलाफ तरल को मजबूर करता है। उच्च आणविक भार के निलंबित ठोस और विलेय को बरकरार रखा जाता है, जबकि पानी और कम आणविक भार वाले विलेय झिल्ली से गुजरते हैं। यह 10,000 मेगावाट कटऑफ, 40 psig, और

पॉलीसल्फोन झिल्ली के साथ 50 से 60 डिग्री सेल्सियस के तापमान का उपयोग करके एक पृथक्करण / अंश प्रक्रिया है। नैनोफिल्ट्रेशन (एनएफ) एक प्रकार का रिवर्स ऑस्मोसिस है जहां झिल्ली में थोड़ी अधिक खुली संरचना होती है जो मोनोवैलेंट आयनों को झिल्ली से गुजरने देती है और द्विसंयोजक आयनों को काफी हद तक खारिज कर देती है। आरओ एक उच्च दबाव-संचालित झिल्ली निस्पंदन प्रक्रिया है जो बहुत घनी झिल्ली पर आधारित होती है। रिवर्स ऑस्मोसिस (आरओ) झिल्ली के छिद्र का आकार बहुत छोटा होता है, जिससे केवल बहुत कम आणविक भार वाले विलेय की थोड़ी मात्रा ही झिल्लियों से होकर गुजरती है। यह 100 MWCO (आणविक भार कटऑफ), 700 psig, सेल्यूलोज एसीटेट झिल्ली के साथ 40 ° C से कम तापमान और मिश्रित झिल्ली के साथ 70-80 ° C का उपयोग करके एक एकाग्रता प्रक्रिया है। MWCO सबसे छोटे प्रोटीन के बराबर आणविक भार है जो 90% से अधिक अस्वीकृति प्रदर्शित करेगा। डायफिल्ट्रेशन (डीएफ) एक विशेष प्रकार की अल्ट्राफिल्ट्रेशन प्रक्रिया है जिसमें रेटेंटेट को पानी से पतला किया जाता है और फिर से अल्ट्राफिल्टर किया जाता है, ताकि घुलनशील पारगम्य घटकों की एकाग्रता को कम किया जा सके और बनाए गए घटकों की एकाग्रता को और बढ़ाया जा सके।

डेयरी उद्योग में झिल्ली का उपयोग

आधुनिक डेयरी प्रसंस्करण में, झिल्ली दूध के स्पष्टीकरण में एक प्रमुख भूमिका निभाती है, चयनित घटकों की एकाग्रता में वृद्धि के साथ-साथ दूध या डेयरी उप-उत्पादों आदि से विशिष्ट मूल्यवान घटकों को अलग करती है। झिल्ली पृथक्करण तकनीक एक तार्किक विकल्प लगती है दूध का विभाजन, क्योंकि दूध के कई घटकों को आकार के आधार पर अलग किया जा सकता है (चित्र)। मट्ठा के प्रसंस्करण में झिल्ली पहले से ही अच्छी तरह से स्थापित हैं और अन्य डेयरी अनुप्रयोगों में लोकप्रियता प्राप्त कर रहे हैं। झिल्ली प्रौद्योगिकी उत्पादन की लागत को कम करने के साथ-साथ नए राजस्व संसाधन पैदा करके डेयरी के अर्थशास्त्र में सुधार करती है। मेम्ब्रेन तकनीक डेयरी उद्योग में दूध के कई महत्वपूर्ण प्रसंस्करण चरणों जैसे सेंट्रीफ्यूजेशन, बैक्टोफुगेशन, वाष्पीकरण, मट्ठा का विखनिजीकरण आदि के लिए एक उपयुक्त और किफायती विकल्प साबित होती है। CO2-सहायता प्राप्त कोल्ड एमएफ प्रक्रिया में डेयरी उद्योग के लिए आर्थिक रूप से आकर्षक बनने की क्षमता है। , डेयरी उत्पादों की गुणवत्ता और शेल्फ जीवन के लिए प्रत्यक्ष लाभ के साथ। प्रारंभिक रिपोर्टों ने संकेत दिया है कि एमएफ अन्य दूध घटकों को झिल्ली से गुजरने की अनुमति देते हुए वसा और रोगाणुओं को अस्वीकार कर देगा, जिसके परिणामस्वरूप (सैद्धांतिक रूप से) वसा रहित, बैक्टीरिया मुक्त दूध होगा। आरओ का झिल्ली क्षेत्र मुख्य रूप से मट्ठा एकाग्रता के लिए लगभग 60,000 एम 2 स्थिर हो गया है। एमएफ आंशिक रूप से या



चित्र: दूध में अवयव: आकार संकेत और झिल्ली प्रक्रियाएं। एमएफ = माइक्रोफिल्ट्रेशन, यूएफ = अल्ट्राफिल्ट्रेशन, एनएफ = नैनोफिल्ट्रेशन, आरओ = रिवर्स ऑस्मोसिस (से अपनाया गया: डौफिन एट अल।, 2001)।

पूरी तरह से, कणों (सूक्ष्मजीव, कैसिइन मिसेल, वसा ग्लोब्यूल्स) को बनाए रखने की अपनी क्षमता के कारण विकसित हो रहा है, और एनएफ के पास यूएफ और आरओ (डिमिनरलाइजेशन) के बीच इसकी मध्यवर्ती चयनात्मकता (200 से 1,000 डीए) के कारण अनुप्रयोगों का एक बड़ा क्षेत्र है। , डी-आयनीकरण, शुद्धिकरण) विशेष रूप से मट्ठा प्रोटीन वैलोराइजेशन के लिए।

डेयरी प्रौद्योगिकी के विभिन्न क्षेत्रों में झिल्ली का अनुप्रयोग

विभिन्न गुणों वाले विभिन्न प्रकार के झिल्ली फिल्टर बाजार में उपलब्ध हैं (तालिका 1) और आमतौर पर डेयरी उद्योग में उपयोग किया जाता है। दूध की शेल्फ लाइफ, मट्ठा प्रसंस्करण, पनीर उद्योग, दूधप्रोटीन प्रसंस्करण, दूध वसा का अंश और विलवणीकरण या विखनिजीकरण सहित डेयरी प्रौद्योगिकी के विभिन्न क्षेत्रों में झिल्ली को लागू किया गया है।

Commonly used membrane techniques in dairy industry

			driven membrane process	protein, bacteria and other particulates	- Dextrose clarification - Bacteria removal
Ultrafiltration	1–500 µm	1–200 kDa	Medium pressure (1–10 bar) pressure driven process to overcome the viscosity	Large retentate with casein micelles, fat globules, colloidal minerals, bacteria and somatic cells	- Standardization of milk, reduction of calcium and lactose - Protein, whey, milk concentration
Nanofiltration	0.5–2 nm	300–1,000 Da	Medium to high pressure (5–40 bar), mass transfer phenomena by size exclusion and electrostatic interactions	Low productivity, separate monovalents salt and water	Desalting of whey, lactose free milk, volume reduction
Reverse osmosis or hyperfiltration	No pores	100 Da	High pressure, 10–100 bar	Based on the principle of solubility, low productivity	volume reduction, recovery of total solids and water

तालिका: डेयरी उद्योग में आमतौर पर इस्तेमाल की जाने वाली झिल्ली तकनीक

झिल्ली प्रौद्योगिकी के उपयोग के साथ, पारंपरिक मीठे पनीर मट्ठा की तुलना में देशी मट्ठा में उच्च कार्यात्मक संपत्ति के साथ मट्ठा प्रोटीन को उनके गैर-विकृत रूप में केंद्रित करना और अलग करना संभव है। देशी व्हे प्रोटीन कॉन्संट्रेट (NWPC) और नेटिव व्हे प्रोटीन आइसोलेट्स (NWPI) UF द्वारा निर्मित होते हैं, जो देशी मट्ठा को केंद्रित करते हैं, सुखाने पर उत्कृष्ट गेलिंग, झाग और पुनर्संरचनात्मकता दिखाते हैं। वर्तमान में, इन देशी मट्ठा प्रोटीनों का उपयोग मानव पोषण में वजन संतुलन उत्पादों के एक अभिन्न घटक के रूप में और ग्लाइकोमैक्रोपेप्टाइड्स की कमी के कारण हाइपरथ्रेओनिनेमिया के कम जोखिम के कारण शिशु आहार में किया जाता है, जो बदले में थ्रेओनीन में समृद्ध होते हैं। व्यक्तिगत व्हे प्रोटीन को झिल्ली प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग द्वारा केंद्रित या अंशांकित किया जा सकता है। यह विशिष्ट प्रोटीन या एकल प्रोटीन के संवर्धन के साथ डब्ल्यूपीसी के उत्पादन की सुविधा प्रदान करता है। मट्ठा प्रोटीन की संरचना कैसिइन की सांद्रता के

दौरान प्राप्त झिल्ली परमिट से बहुत कम भिन्न होती है। डोयेन एट अल। (1996) ने बताया कि मट्ठा प्रोटीन सांद्रण की तैयारी के दौरान मुख्य चिंता का विषय है, क्योंकि विभिन्न पारगम्यता वाली झिल्लियों में दबाव स्वतंत्र प्रवाह शासन के कारण तुलनीय प्रवाह होता है। एक विशिष्ट व्हे माइक्रो-निस्पंदन प्रक्रिया लगभग 24 घंटे के लंबे चक्रों में चल सकती है, जो कम झिल्ली प्रदर्शन के लिए अग्रणी जीवाणु बायोफिल्म के निर्माण के लिए काफी संभावनाएं प्रदान करती है।

दूध प्रोटीन का आंशिककरण: झिल्ली प्रौद्योगिकी (चित्र) को लागू करके दूध से विभिन्न आकारों के विभिन्न दूध घटकों को अलग करना डेयरी उद्योग को बहुत ही कुशल और लाभदायक उद्यमों में बदल देगा। जिमेनेज़-लोपेज़ एट अल। (2008) ने दूध के घटकों के अंशीकरण को निर्धारित करने वाले मुख्य कारकों के रूप में झिल्ली के छिद्र आकार की एकरूपता, एकाग्रता ध्रुवीकरण घटना और झिल्ली के दूषण का वर्णन किया। दूध प्रोटीन केंद्रित (उत्पादों में 50 से 85% प्रोटीन के साथ) और दूध केंद्रित (उत्पादों में 85% से अधिक प्रोटीन के साथ) एमएफ का उपयोग करके तेजी से तैयार किया जाता है। इन उत्पादों की संरचना, गर्मी स्थिरता, रियोलॉजिकल और टेक्सचरल गुण उपयोग की जाने वाली झिल्लियों के प्रकार और प्रचलित प्रसंस्करण स्थितियों जैसे तापमान, पीएच, प्रसंस्करण के समय पर निर्भर करते हैं। इन कारकों के विवेकपूर्ण उपयोग को एमपीसी (दूध प्रोटीन केंद्रित) और एमपी (दूध प्रोटीन) के अंतिम उपयोग के आधार पर चुना जाना चाहिए। नोवाक (1992) ने वांछित रियोलॉजिकल गुणों के लिए मट्ठा प्रोटीन विकृतीकरण को कम करने के लिए उच्च प्रवाह दर के साथ 50 से 60 डिग्री सेल्सियस पर यूएफ प्रसंस्करण का सुझाव दिया।

200 से 1,000 डाल्टन के बीच आणविक भार कटऑफ (MWCO) के साथ NF झिल्ली मट्ठा के विखनिजीकरण के लिए सबसे उपयुक्त हैं क्योंकि ये झिल्ली नमक और मोनोवैलेंट आयनों के लिए पारगम्य हैं लेकिन कार्बनिक यौगिकों के लिए अभेद्य हैं। प्रचलित अम्लीय परिस्थितियों में इन झिल्लियों से बंधे कार्बनिक यौगिकों का कार्बोक्सिल समूह। यह तकनीक एक साथ सांद्रण के समय मट्ठा का अखनिजीकरण करती है, लागत, समय और पानी के निपटान में बचत में मदद करती है। एनएफ इलेक्ट्रोडायलिसिस की तुलना में अधिक किफायती है और मट्ठा के आंशिक विलवणीकरण के लिए पसंद का एक तरीका है। एनएफ झिल्ली पानी और मोनोवैलेंट आयनों के लिए अत्यधिक पारगम्य हैं। मट्ठा की खनिज सामग्री 35% और राख सामग्री 3 से 4 गुना कम हो जाती है, इसके अलावा नैनोफिल्ट्रेशन (एनएफ) लगाने से मट्ठा की एकाग्रता में वृद्धि होती है, जिससे यह हृदय रोगों वाले लोगों के लिए उपयुक्त हो जाता है। डीएफ लगाने से मट्ठा की खनिज सामग्री 45% तक कम हो जाती है। औद्योगिक पैमाने पर मट्ठा, शराब और नमकीन में खनिज सामग्री की कमी मुख्य रूप से एनएफ द्वारा की जा सकती है। डाइफिल्ट्रेशन भी आयनों को काफी हद तक हटाने का कारण बनता है।

झिल्ली प्रौद्योगिकी के अन्य अनुप्रयोग

उपयुक्त गर्मी उपचार के साथ विभिन्न झिल्लियों के उपयोग से कई डेयरी उत्पादों का विकास होता है, जिनमें बेहतर संरचना नियंत्रण, बंधन, बनावट, रस आदि जैसी अनूठी विशेषताएं होती हैं। झिल्ली प्रौद्योगिकी की मदद से, कई नए उत्पादों को लैक्टोज के रूप में बाजार में पेश किया जाता है। लैक्टोज असहिष्णु लोगों के लिए मुफ्त दूध, कम कैल्शियम वाला दूध, बिना वसा वाला दही, उच्च प्रोटीन कम लैक्टोज आइसक्रीम, प्रोटीन फोर्टिफाइड कम वसा वाला दूध, मट्ठा आधारित पेय, आदि। आरओ (रिवर्स ऑस्मोसिस) लगाने से दूध लगभग 70% हटाकर गाढ़ा हो जाता है। इसके पानी का और बिना किसी थर्मल प्रोसेसिंग के दूध के अन्य सभी घटकों को बनाए रखना। किण्वित डेयरी दूध जैसे पनीर, दही और दही की तैयारी के दौरान, मानकीकृत यूएफ दूध के प्रोटीन और कुल ठोस दूध पाउडर या वाष्पित दूध को मिलाकर तैयार किए गए उत्पादों की तुलना में बेहतर बनावट और पोषण संबंधी गुण दिखाते हैं। मेम्ब्रेन फिल्ट्रेशन

तकनीक द्वारा दूध के टेक्सचरल और कंपोजिशन गुणों को नियंत्रित करना आसान होता है, लेकिन इसके लिए स्टार्टर और इनक्यूबेशन/पकने की स्थिति जैसे तापमान, समय और पीएच के चयन पर बेहतर ध्यान देने की आवश्यकता होती है। रोसेनबर्ग (1995) ने उल्लेख किया कि इस तरह के परिवर्तन लैक्टोज और खनिजों की बढ़ती सामग्री, उच्च आसमाटिक दबाव, पीएच में परिवर्तन, आयनिक शक्ति में परिवर्तन के साथ-साथ यूएफ उपचारित दूध में कुछ निरोधात्मक यौगिकों के संचय के कारण होते हैं।

निष्कर्ष

डेयरी विज्ञान में झिल्ली प्रौद्योगिकी का परिचय झिल्ली के साथ-साथ डेयरी उद्योग के लिए पारस्परिक लाभ की घटनाओं का गवाह है। कई नवीन डेयरी उत्पादों के विकास के अलावा उच्च पैदावार के साथ मौजूदा डेयरी उत्पादों की पोषक गुणवत्ता और संवेदी विशेषताओं में उल्लेखनीय सुधार झिल्ली प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग से संभव हुआ। बेहतर झिल्लियों के विकास के प्रयासों को जारी रखने से डेयरी प्रसंस्करण में झिल्लियों की भूमिका का और विस्तार होगा।

संदर्भ:

1. Daufin G, Escudier JP, Carrere H, Berot S, Fillaudeau L, Decloux M. Recent and emerging applications of membrane processes in the food and dairy industry. *Trans ICheme*. 2001;79:89–102.
2. Hoffmann W, Kiesner C, Clawinradecker I, Martin D, Einhoff K, Lorenzen PC, Meisel H, Hammer P, Suhren G, Teufel P. Processing of extended shelf life milk using microfiltration. *Int J Dairy Technol*. 2006;59:229–235.