

Membranprozesse: Ausbeute und Effizienz optimieren

Eine für alle: mit der Testanlage Cube80-VA von SIMA-tec können Membranprozesse von der Mikrofiltration bis zur Umkehrosmose untersucht werden.

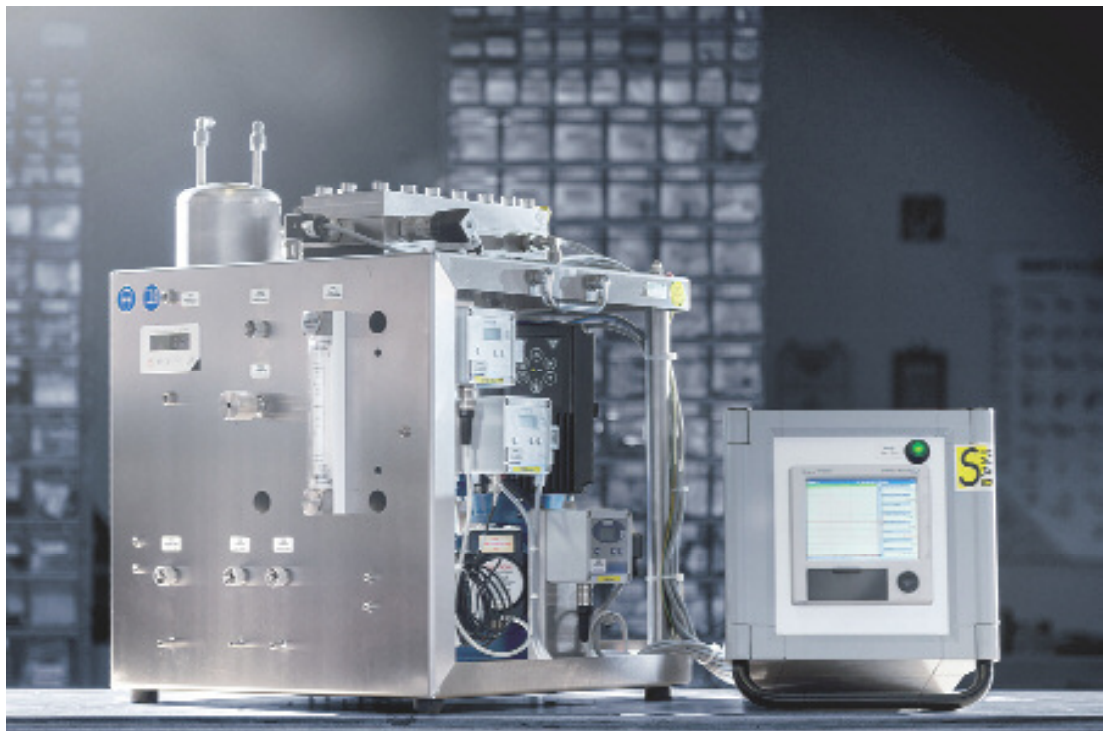
Membranverfahren sind in der Milchverarbeitung zur Fraktionierung und Aufkonzentrierung von Milch Inhaltsstoffen weit verbreitet. Typische Anwendungsbeispiele sind die Mikrofiltration von Käseemilch zur Standardisierung des Kaseingehalts, die Entkeimung von Magermilch durch Mikrofiltration zur Verlängerung der Haltbarkeitsdauer, die Konzentrierung von Molkenproteinen unter Ausschleusung von Salzen und Laktose, die Gewinnung reiner Laktose und einzelner Proteine für diätetische oder pharmazeutische Anwendungen. Im Vergleich zu thermischen Verfahren bieten Membranen die Möglichkeit der schonenden Verarbeitung bei moderaten Temperaturen. Bei der Herstellung von Milch- und Molkenpulver stellt die mit Membranen erzielbare Volumenreduktion einen wichtigen Beitrag zur Energieeffizienz

dar. Je geringer die in nachgeschalteten Eindampfungs- und Trocknungsanlagen abzutrennende Wassermenge ist, desto geringer ist der Energieverbrauch des Gesamtsystems.

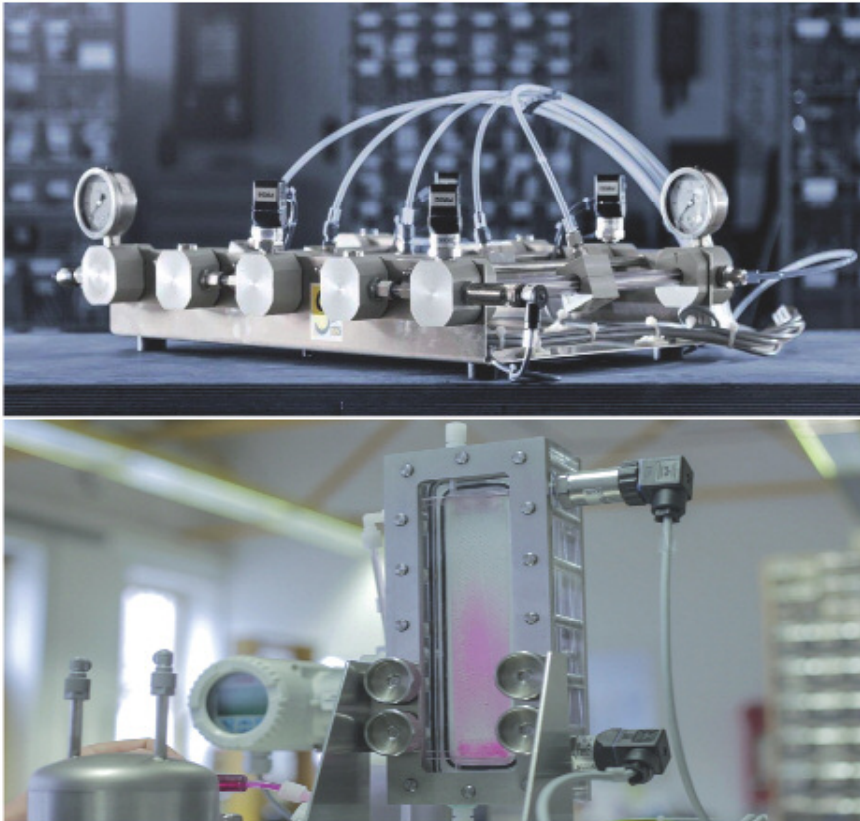
Deckschichtbildung begrenzt den Konzentrierungsfaktor

Während der Membranfiltration konzentrieren sich die von der Membran zurückgehaltenen Stoffe an der Anströmseite auf und bilden eine Deckschicht auf der Membranoberfläche. Diese Deckschicht kann wegen der Verringerung der Filtrationsleistung beziehungsweise der notwendigen Erhöhung der aufzubringenden Druckdifferenz zu einer erheblichen Steigerung der Prozesskosten führen. Dieses Problem tritt generell bei jedem Membranverfahren

(Mikro-, Ultra-, Nanofiltration oder Umkehrosmose) in der Milchverarbeitung auf und begrenzt damit die mit diesen Verfahren erreichbaren Konzentrierungsfaktoren. Allerdings unterscheiden sich die Mechanismen der Deckschichtbildung, ihre Reversibilität und andere Deckschichteigenschaften abhängig von der Art und Konzentration der gelösten und suspendierten Stoffe, den Betriebsparametern wie Druck, Temperatur, pH-Wert, Strömungsgeschwindigkeit an der Membran sowie den Material- und Trenneigenschaften der verwendeten Membranen. Selbst Membranen, die laut Herstellerangaben gleichartige Trenneigenschaften aufweisen, können im Realbetrieb unter gleichen Bedingungen zu verschiedenen Trennergebnissen führen. Durch die Wahl der geeignetsten Membran, die Anpassung von



Testanlage CUBE80-VA (links), ausgerüstet mit einer Testzelle für Flachmembranen, mit SIMA-tec-Messbox (rechts).
Werkfotos



Alternative Testzellen für Hohlfasermembranen (oben) und als Flachmembrantestzelle in transparenter Ausführung zur direkten Sichtbarmachung der Überströmung (unten).

Betriebsparametern und die Anpassung von Reinigungsstrategien lassen sich Membranprozesse derart optimieren, dass die Deckschichtbildung minimiert wird beziehungsweise gebildete Deckschichten sich besonders leicht wieder entfernen lassen.

Die Testanlage CUBE80-VA ist ideal geeignet sowohl für prozessbegleitende Versuche zur Verfahrensoptimierung in der Industrie als auch für die anwendungsbezogene Forschung zur Membrantechnik.

Kompakt, transportabel, leicht zu handhaben

Die Baureihe CUBE ist für Filtrationsversuche mit Flach- oder Hohlfasermembranen konzipiert. Das Modell CUBE80-VA ist

durch seine Ausstattung mit regelbarer Hochdruckpumpe, Pulsationsdämpfer, Edelstahlbehälter und druckseitiger Edelstahl-Verrohrung für einen Feeddruck bis zu 80 bar und damit für auch für Nanofiltration und Umkehrosmose ausgelegt. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit einer Kühlung entweder über eine Kühlspirale im Vorlagentank oder einen Schlangenkühler in der Feed- oder Konzentratleitung. Die Strömungsverhältnisse in der Flachmembran-Testzelle bilden die Verhältnisse in kommerziellen Spiralwickelmodulen sehr gut ab, so dass sich die Bildung von Deckschichten in einem System nachbilden lässt, in dem die Membran für eine anschließende visuelle Inspektion oder weitergehende Untersuchung der Deckschicht leicht zugänglich ist. Der Einfluss von

Allgemeine Informationen zur CUBE-Reihe

Der CUBE ist mit 400 – 450 mm Kantenlänge äußerst kompakt und leicht zu transportieren. Er ermöglicht je nach Ausstattung die Durchführung verschiedenster Versuche mit Flach- und Hohlfasermembranen in den Bereichen Mikro-, Ultra-, Nanofiltration und Umkehrosmose. Jedes System ist für sich eine komplette Anlage, die in der Standardausführung mit Bypass, Volumenstromüberwachung im Feed- oder Konzentrat, Temperatur- und Druckmessung sowie Probenahmestellen für Konzentrat, Permeat und Feed ausgestattet ist. Andere oder zusätzliche Messsensoren wie Massemesser, Leitfähigkeits- oder pH-Sensoren für Feed oder Permeat sowie Differenzdrucksensoren sind optional. Die Varianten CUBE 05 und CUBE 05-VA sind für einen Feeddruck von bis zu 5 bar ausgelegt und damit für Versuche zur Mikro- und Ultrafiltration geeignet. In der einfachsten Ausführung (CUBE 05) bestehen die medienberührten Komponenten aus Kunststoff, in der Version CUBE 05-VA aus Edelstahl. Das Top-Modell CUBE 80-VA ermöglicht mit seinem maximalen Feeddruck von 80 bar auch Versuche zur Nanofiltration und Umkehrosmose, außerdem ist es aufgrund seiner Edelstahlkomponenten für eine breite Vielfalt an Medien nutzbar. Jede dieser Varianten lässt sich mit der SIMA-tec-Messbox koppeln, die eine Aufzeichnung und Visualisierung der Prozessparameter sowie eine Fernüberwachung der Anlage durch Kopplung mit einem PC ermöglicht.

Membranmaterialien, Filtrationstemperatur und Filtrationsdruck auf die gebildete Deckschicht kann am Testobjekt sichtbar gemacht werden, ohne dass dafür teure

Wickelmodule aufgeschnitten und unbrauchbar gemacht werden müssen. Einen direkten Blick auf die Vorgänge an der Membran während der laufenden Filtration bietet die transparente Testzelle, die für Betriebsdrücke bis 7 bar einsetzbar ist. Besonders hilfreich für Anwendungen der Testanlage zur Nanofiltration und Umkehrosmose ist außerdem die seit Anfang des Jahres bestehende Möglichkeit der Ausstattung mit Leitfähigkeits- und pH-Sensoren. Die Leitfähigkeit ist ein geeigneter Summenparameter, um den Rückhalt einer Nanofiltrations- oder Umkehrosmose-Membran direkt abzuschätzen.

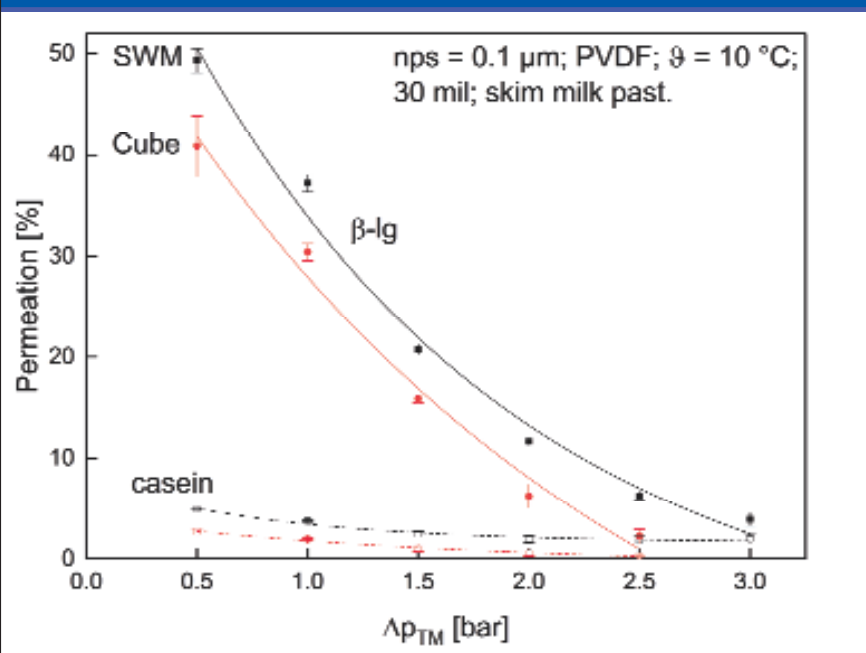
Messbox zur Messwerterfassung und Datenverarbeitung

Durch den Anschluss der SIMA-tec-Messbox an den CUBE entsteht ein PC-unabhängiges, direkt anschlussfertiges System, in dem die für die Untersuchung benötigten Sensoren, beispielsweise für Druck, Temperatur und Volumenstrom, pH oder Leitfähigkeit, einerseits mit Strom versorgt und andererseits alle Daten angezeigt, als Grafik visualisiert, aufgezeichnet und gespeichert werden können. Somit ist eine lückenlose und genaue Aufzeichnung und Überwachung der Versuchsparameter möglich. Die aufgezeichneten Daten können über eine SD-Karte ausgelesen werden. Zusätzlich ist es möglich, die Messbox mit einem PC zu koppeln und damit die Versuche aus der Ferne zu überwachen. Als eigenständiges System kann die Messbox auch für andere Aufgaben zur Messwerterfassung herangezogen werden.

Einsatz des CUBE80-VA zur Proteinfractionierung

Bei der Mikrofiltration von Magermilch wird das Casein von der Membran zurück gehalten, während die Molkenproteine im Permeat gewonnen werden. Die Deckschichtbildung während dieses Prozesses wurde am Lehrstuhl für Lebensmittel- und Bioprozesstechnik der TU München untersucht. Hier wurde eine Sonderanfertigung der Flachmembrantestzelle verwendet, in der fünf Membranabschnitte beziehungs-

Vergleich der Permeationsraten von Casein und β -Lactoglobulin



Der Vergleich der Permeationsraten von Casein und β -Lactoglobulin bei der Mikrofiltration von Magermilch mit der CUBE80-Testzelle und mit einem Spiralwickelmodul (SWM) zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen beiden Systemen (nomineller Porendurchmesser der Membran: 0,1 μ m, 30 mil-Spacer).
Bild: Lehrstuhl für Lebensmittel- und Bioprozesstechnik der TU München

weise Spacer hintereinander angeordnet werden, so dass der gesamte zurückzulegende Strömungsweg dem Fließweg in einem industriellen Wickelmodul vom Feed-Eingang bis zum Konzentrat-Ausgang entspricht. Um festzustellen, ob die Verhältnisse in der Testzelle tatsächlich denen im Wickelmodul entsprechen, wurden mit beiden unter Verwendung der gleichen Membran-Spacer-Kombination Versuche durchgeführt, bei denen auch der Druckabfall entlang des Fließweges gleich gewählt wurde. Es zeigte sich, dass die Abhängigkeit der Permeation von Caseinmizellen ($d_{50,3} = 180$ nm) und des majoren Molkenproteins β -Lactoglobulin (β -Lg, $d_{50,3} = 4$ nm) in Abhängigkeit des Transmembrandrucks in beiden System gleichartig verläuft. Unter anderem wurde für die 0,1 μ m-Mikrofiltrationsmembran auch festgestellt, dass sie Casein nicht zu 100% zurückhält, sondern dass ein kleiner Anteil die Membran passieren konnte. Dies ließ auf das Vorliegen einiger Poren schließen, die deutlich größer als 0,1 μ m sind. Die Permeationsrate für das Molkenprotein fiel mit zunehmendem Druck ab. Dies wurde auf die Bildung einer Deckschicht

aus Casein zurückgeführt, die als zusätzliche Filterschicht gegenüber β -Lg wirkt. Je höher der Filtrationsdruck ist, desto höher ist die Neigung der Caseinmizellen sich an der Membranoberfläche anzulagern. Durch visuelle Inspektion der Membranoberfläche, die durch die einfache Geometrie der Membrantestzelle des CUBE leicht zugänglich ist, lässt sich diese Deckschichtbildung im Detail aufklären. So wird es mit vergleichsweise geringem Material- und Arbeitsaufwand möglich, verschiedene Membran-Spacer-Kombinationen bei unterschiedlichen Betriebsparametern zu vergleichen.

Autor



Siegfried Tuchborn, Geschäftsführer der SIMA-tec GmbH, Schwalmtal