



Ege University



ENVIRONMENTAL PROTECTION: FROM SORBENTS TO MEMBRANES



KYIV 2016

**National Academy of Science of Ukraine
V.I. Vernadskii Institute of General and Inorganic Chemistry
Ege University, Turkish Republic**

ENVIRONMENTAL PROTECTION: FROM SORBENTS TO MEMBRANES

**Edited by
Nalan Kabay
Yuliya Dzyazko
Müşerref Arda
Konstantin Kazdobin**

Referees: Semih Ötleş, Valerii Myronchuk, Idil Ipek, Valentina Sazonova

ART OK Publisher

KYIV 2016

УДК 544.018.2: 544.472.3 + 555.11+666.22

Коллективна монографія «Environmental Protection: from Sorbents to Membranes» - під ред. проф. Н. Кабай, докт. хім. наук Ю. С. Дзязько, проф. М. Арда, докт. хім. наук К.О. Каздобіна - 108 с.

Коллективна монографія включає статті за матеріалами українсько-турецького семінару, який було проведено 11 листопада 2016 р. на базі Інституту загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України за участю фахівців Егейського університету (Турецька республіка) та за підтримки Відділення хімії НАН України, Відділу міжнародних зв'язків НАН України, а також Наукової та Технічної дослідної Ради Турецької республіки TÜBİTAK. У монографії наведено результати досліджень, які направлені на вилучення токсичних і цінних компонентів із розчинів техногенного та природного походження, зокрема з біологічних рідин, із застосуванням сорбційних та мембранних методів. Результати робіт можуть бути застосовані у водопідготовці, хімічній, фармацевтичній, харчовій промисловості. Особливу увагу приділено синтезу нових матеріалів для процесів розділення та впливу структури цих матеріалів на їх функціональні властивості: проникну здатність, електропровідність, каталітичну спроможність тощо.

Монографія є корисною для фахівців в області мембранних та сорбційних технологій, а також для студентів вищих навчальних закладів.

Рецензенти: Проф. Утлеш Селіх (Егейський університет, Турецька республіка), докт. техн. наук Мирончук Валерій Григорович (Національний університет харчових технологій, Україна), докт. Іпек Іділь (Егейський університет, Турецька республіка), докт. хім. наук, проф. Сазонова Валентина Федорівна (Одеський Національний університет ім. І. І. Мечникова).

Рекомендовано до друку Вченою радою ІЗНХ ім. В. І. Вернадського НАН України (протокол № 15 від 19 жовтня 2016 р.).

ISBN 978-966-97621-2-2

© Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України, 2016

© Коллектив авторів, 2016

© V. I. Vernadsky Institute of General and Inorganic Chemistry NAS Ukraine, 2016

© Authors Team, 2016

© Егейський університет, Туреччина, 2016

© Коллектив авторів, 2016

© Ege University, Turkey, 2016

© Authors Team, 2016

REVERSE OSMOSIS FOR CONCENTRATION OF SUGAR BEET JUICE AFTER THE SECOND CARBONATION

Yu.G. Zmievskii, V.G. Myronchuk

National University of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Vladimirskaya str. 68, 01601, Kiev, Ukraine,

e-mail: yrazm@meta.ua

Abstract. *Preliminary experiments of concentration of sugar beet juice after the second carbonation were carried out. A dead-end cell with a reverse osmosis membrane was used. The dependence of the permeate flux vs pressure, which was varied from 0 to 6 MPa, has been obtained. During juice concentration, a linear decrease of the flux was observed. It means no fouling of the membrane surface. Preliminary calculations show that the use of reverse osmosis provides at least 30% of energy consumption.*

Keywords: *reverse osmosis, sugar beet juice, concentration, membrane, dry matter.*

Introduction. Recently application field of membrane processes expands intensively, especially in food industry. Membrane separation provides high quality of the products, they allows one to minimize energy consumption and, as a result, to save gas, coal and electricity. Traditionally vacuum evaporation is used for solution concentration in food technologies. The energy consumption of the evaporation systems for solvent removal is higher almost in 5 times than that for reverse osmosis (the comparison is for seawater desalination) [1]. This limits prospects of evaporation techniques and expands opportunities of advanced technologies involving membrane separation. For example, nanofiltration or reverse osmosis are used for pre-concentration of dry matter of milky whey before evaporation [2].

Sugar industry is related to energy-intensive branches of food industry, thus, alternative technologies have to be developed. Previous analysis shows a possibility to provide 33% decrease of energy consumption for concentration of sugar beet juice by means of application of reverse osmosis before evaporation [3]. It is advisable to use this method due to following reasons. It is necessary to process large volume of the liquid during short period, thus, bulky and expansive equipment is needed. Moreover, sugar plants work only 30-90 days a year. Membrane techniques would provide fast processing of large amount of perishable feedstock. The aim of the investigation was to evaluate a possibility to use reverse osmosis as a preliminary stage of sugar beet juice after second carbonization.

Experimental. ARM Nanotech membrane (RF) was used for the research, its effective area was $1.3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$. A dead-end cell was applied

tobaromembraneseperation. Pressure test of the membrane was performed by filtration of deionized water at $\approx 20^{\circ}\text{C}$ to achieve a constant flux.

Sugar beet juice produced by Uzynsky sugar plant (Ukraine) in September 2016 was processed. The liquid contained initially 15.2 % of dry matters determined with a URL-1 refractometer (Analitpribor, Ukraine).

Results and discussion. After the second carbonization, sugar beet juice contains no large colloidal particles and most of impurities. This provides good conditions for subsequent membrane separation. However, the temperature of the liquid after carbonization is $85\text{-}90^{\circ}\text{C}$, the working temperature of reverse osmosis membranes is up to 45°C . Thus, heat exchangers are required to provide necessary conditions for the membrane.

Fig. 1 shows the experimental results. It can be seen that the flow of permeate is practically absent, when pressure is lower than 1 MPa. This is due to high osmotic pressure (π) of juice. According to [4], following equation has been obtained:

$$\pi = 0,0033 \cdot C^3 - 0,3124 \cdot C^2 + 11,333 \cdot C - 104,41 \quad (1)$$

where C is the content of dry matter, % ($15\% < C < 75\%$). It allows one to calculate the osmotic pressure (bar) of juice after the second carbonization at 80°C .

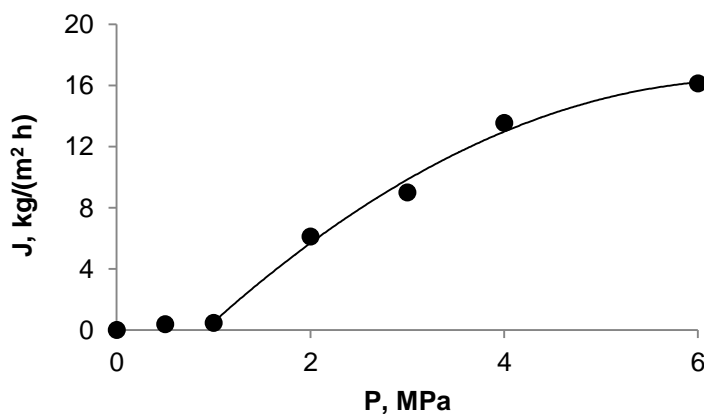


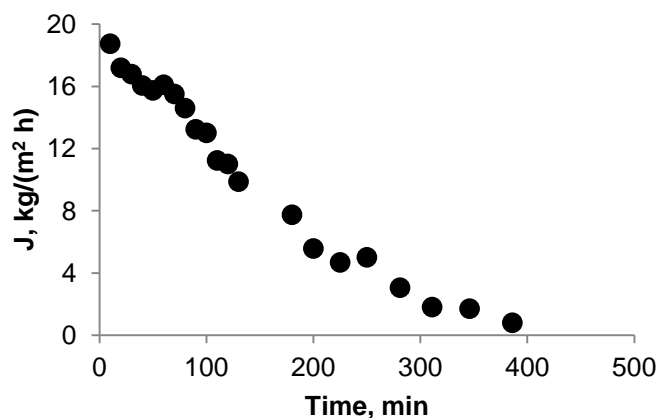
Fig. 1. Permeate Flux as a Function of Pressure.

This equation can be used to approximate the results, because the solution temperature was much lower than 80°C . In addition, the values of osmotic pressure of juice, which contains similar amount of solids, but which was treated by various methods, is also different within certain limits. Equation (1) and data [4] show that reducing of the temperature from 80 to 25°C leads to a decrease of osmotic pressure π of 13%. In this case, the π value is about 0.56 MPa and conditions of $\Delta P - \pi$ (where ΔP is the working pressure) have to be the most suitable for reverse osmosis.

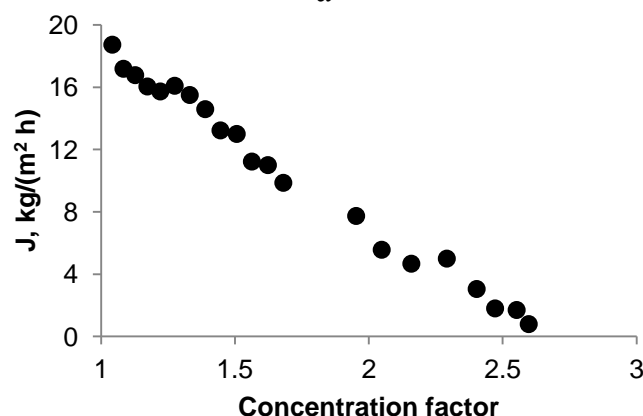
Fig. 1 shows that the permeate flux (J) increases linearly within 1-4 MPa, then no linearity is observed. In all cases, selectivity of the membrane

Environmental Protection: from Sorbents to Membranes

agaisttowards dry matter exceeds 99%. Since the pressure test was performed preliminarily, the results cannot be caused by a change of the membrane structure affected by pressure. The reason of nonlinearity is assumed to be concentration polarization or membrane fouling. In order to confirm these assumptions, juice was concentrated at 6 MPa until to the minimal permeate flux (almost zero), as shown in Fig. 2.



a



b

Fig. 2. Permeate Flux as a Function of Time (a) and Concentration Factor(b).

Fig. 2 shows uniform decrease of the permeate flux with increasing in time and grows of concentration factor, Thus, concentration polarization is a reason of nonlinearity of the curve of Fig. 1. It means, hydrodynamic conditions should be improved during the transition from laboratory research to industrial tests.

Based on our experience, we assume that the minimal permeate flux should be at least 10 kg/(m²h). Before concentrating in a vacuum evaporator, about 40 % of water can be released from juice. It is almost 55 % of solvent being removed.

Industrial plant consumes about 300-390 tons of fuel for processing of 6 000 tons of sugar beets (343-445 thousand m³ of natural gas) for concentration of juice. The energy consumption of the device for reverse osmosis is less in 5 times than that for vacuum evaporator. Thus, the membrane method allows us 30% of reduce of energy consumption.

Conclusions. Reverse osmosis at 6 MPa removes 55 % of required amount of solvent from sugar beet juice after the second carbonization. Permeate flux is varied within the interval of 18.7 to 0.8 kg/(m² h), selectivity towards dry matter was 99%. Theoretically, sugar plant can reach more than 30 % of energy consumption, when reverse osmosis is used for pre-concentration. However, this process requires further study and new experimental data. Economic advantages of this technology should be estimated in details.

References

1. *Spiegler K.S., El-Sayed Y.M.* The energetics of desalination processes // *Desalination*. 2001. V. 134. P. 109-128.
2. *Salehi F.* Current and future applications for nanofiltration technology in the food processing // *Food and Bioproducts Processing*. 2014. V. 91. P. 161-177.
3. *Madaeni S.S., Zereshki S.* Energy consumption for sugar manufacturing. Part I: Evaporation versus reverse osmosis // *Energy Conversion and Management*. 2010. V. 51. P. 1270–1276.
4. *Gul S., Harasek M.* Energy saving in sugar manufacturing through the integration of environmental friendly new membrane processes for thin juice pre-concentration // *Applied Thermal Engineering*. 2012. V. 43. P. 128-133.

УДК 66.081.6: 637.142.2

ЗВОРОТНИЙ ОСМОС ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ СОКУ ЦУКРОВОГО БУРЯКА ПІСЛЯ ДРУГОЇ САТУРАЦІЇ

Ю.Г. Змієвський, В.Г. Мирончук

*Національний університет харчових технологій, Володимирська вул. 68, 01601, Київ, Україна,
e-mail: yrazm@meta.ua*

Резюме. Проведено попередні дослідження процесу концентрування дифузійного соку після другої сатурації. Застосовували непроточну мембранну комірку із зворотньоосмотичною мембраною, робоча температура становила 20±3 °С. Отримано залежність питомої продуктивності від тиску, який змінювали в діапазоні від 0 до 6 МПа. Під час концентрування дифузійного соку спостерігалось лінійне зниження продуктивності мембран, що вказує на відсутність забруднення поверхні розділення. Попередні розрахунки показують, що впровадження результатів досліджень у виробництво дозволить знизити споживання енергоносіїв мінімум на 30 %.

Ключові слова: зворотний осмос, дифузійний сік, концентрування, мембрана, суха речовина.