

纳滤浓缩西番莲果汁的研究

郑必胜, 金江涛

(华南理工大学轻化工研究所, 广东 广州 510640)

摘要: 通过系统考察影响膜通量的因素, 发现适当提高温度、压力可以提高膜通量。在不破坏西番莲果汁中的芳香成分及 Vc 等营养成分和不超过膜的压力操作范围的前提下, 得到较适的操作温度和压力。选择在操作温度为 28 °C 左右, 压力为 3 MPa 时, 分离效果最好, 此时实际膜通量达 17 L/(m²h)。经过纳滤浓缩, 西番莲澄清汁可溶性固形物从 13 °Bx 提升到 30 °Bx 左右。本实验可以达到较好的膜通量和截留率, 为在工业化浓缩西番莲芳香成分及 Vc 等营养成分损失提供参考。

关键词: 西番莲汁; 纳滤膜; 浓缩

中图分类号: TS255.44; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2008)03-0244-03

Condensation of Passion Fruit Juice by Nanofiltration

ZHENG Bi-sheng, JIN Jiang-tao

(Institute of Chemical Engineering and Light industry, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: It was found that both of the temperature and pressure could influence the membrane flux. For the condensation of passion fruit juice by nanofiltration without affecting the aroma ingredients, Vc and other nutritive substances, the best temperature and pressure were 28 °C and 3 MPa, respectively, under which the highest separation efficiency was reached with the membrane flux being of 17 L/(m²h). Besides, the concentration of soluble solids in the defecated passion fruit juice was improved from 13 °Bx to 30 °Bx. The researches offered reference for decreasing the loss of aroma ingredients, Vc and other nutritive substances in industrialized concentration of passion fruit by nanofiltration.

Key words: passion fruit juice; nanofiltration membrane; concentration

纳滤是最近出现的新型分子级分离技术, 介于传统分离范围的超滤与反渗透之间, 纳滤膜在渗透过程中截留率大于 95% 的最小分子约为 1 nm, 故称为“纳滤”。与其它膜分离过程比较, 纳滤的一个优点是能截留透过超滤膜的那部分小分子量的有机物, 又能透析反渗透膜所截留的无机盐—也就是能使“浓缩”与脱盐同步进行。其次, 在同等的外加压力下, 纳滤的通量要比反渗透大得多。

西番莲果 (Passion Fruit) 又名鸡蛋果、百合果, 是西番莲科 (Passifloraceae) 西番莲属 (Passiflora L.) 的多年生绿藤本植物的果实, 为典型的热带、亚热带浆果^[1,2]。其果汁中含有丰富的营养物质, 具有优质饮料所需的天然而独特的色香味而称誉世界, 素有“饮料之王”的美称。本文针对传统热浓缩会造成果汁的风味和一些热敏性营养成分损失的问题, 研究一种膜技术, 对西番莲汁进行分级和浓缩, 生产出高附加值的天然西番莲浓缩汁, 为西番莲果汁膜处理的工业化生产提供依据。

收稿日期: 2007-11-20

作者简介: 郑必胜 (1966-), 博士, 副教授, 研究方向为天然活性产物制备与功能应用

1 实验材料和设备

1.1 实验材料

经超滤的西番莲果汁 (12.8 °Bx)。

纳滤膜: 三达膜科技(厦门)有限公司产, 型号 DL1812C-47P, 膜面积 0.4 m²。脱盐率 90% 左右。压力操作范围 0~3.5 MPa。

1.2 主要药品

果胶酶 BEXXL (诺维信公司); 氢氧化钠 (分析纯, 广州化学试剂厂); 高郊膜清洗剂: LC-90 膜专用清洗剂, 主要成分为表面活性剂, 水软化剂, 碱性助洗剂, 膜保护剂。

1.3 膜分离设备

1.4 主要仪器

PC2009 型计时器 (超速达秒表厂); RW20DZMn 型电动搅拌机 (德国 IKA 仪器公司); WYA-2S 型阿贝折光仪 (上海精密科学仪器有限公司)。

2 实验方法

2.1 主要测定方法

可溶性固形物含量—折光法

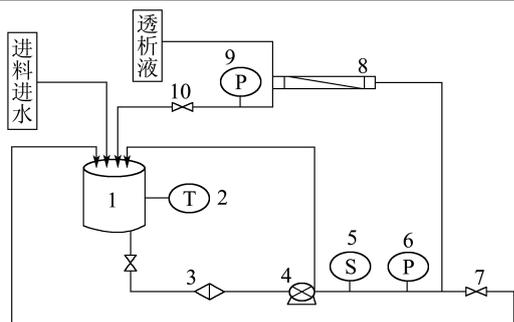


图1 膜浓缩装置流程图

Fig.1 Experimental membrane device flow chart

注: 1.料罐; 2.温度计; 3.管道过滤器; 4.加压泵; 5.蓄能器; 6、9.机械压力表; 7、10.调节阀; 8.膜组件



图2 纳滤膜实验装置图

Fig.2 NF device setting drawing

2.2 膜分离的实验方法

每次试验均在同一条件下进行, 即试验开始前的膜通量一致。当系统在所设条件下稳定运转后测膜通量, 定时收集膜透过液, 用量筒量体积。每次试验结束后, 及时对膜进行清洗, 再进行下次试验。

膜通量的测定: 一定操作下, 若水或溶液通过纳滤膜的透过液体积为 Q, 所需要的时间为 T, 此膜通量 R 可用单位时间通过单位面积 S 的透过量表示:

$$R=Q/ST \tag{1}$$

2.3 果汁中可溶性固形物的截留率计算

定时取截留的果汁和透过液, 参照国标法测定其中的可溶性固形物的含量, 并按下式计算果汁中可溶性固形物的截留率:

$$R=(1-C_2/C_1) \times 100\% \tag{2}$$

式中: C₁-纳滤前果汁中可溶性固形物含量; C₂-透过液中果汁可溶性固形物含量。

3 结果与分析

3.1 纳滤操作压力的确定

通过实验知道, 操作压力是影响纳滤运行的重要因素。本实验中当不对纳滤管路加压, 使其保持常压时, 用纯水作实验, 纳滤管道内的料液都不会被分离

出来。所以压力是纳滤分离的原始推动力, 探讨压力与膜通量的关系具有重要意义。同时组件的进出口之间有一个压力损失称之为压力降。压力降大, 说明处于下游的膜未达到所需要的工作压力, 因而直接影响组件的透水能力。因此实际应用中要尽量控制压力降值不要过大。

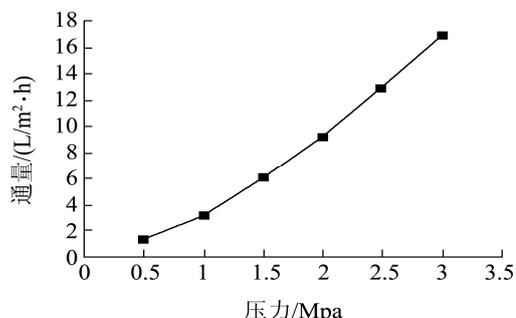


图3 操作压力对膜通量的影响

Fig.3 Influence of operated pressure on permeate flux

一般纳滤的工作压力范围约为 0.5~4 MPa。实验中当操作温度为室温时, 采用压力为 0.5~3 MPa 测试不同压力条件下的膜通量大小。为了分析和确定西番莲果汁纳滤分离中的最佳操作压力, 通过试验得到图 3 所示的试验结果。从图 3 可以看出, 当压力在 0.5~3 MPa 之间变化时, 平均通量从 1.0 L/(m²·h) 上升到 17L/(m²·h), 压力增加, 纳滤过程中的通量几乎成正比例地增长, 更能证明压力是纳滤分离的主要推动力, 但由于膜设备制造工艺的原因, 压力过高时, 系统操作不稳定, 而根据膜的压力操作范围, 实际操作压力定为 3 MPa。此时实际膜通量为 17 L/(m²·h)。

3.2 纳滤操作温度的确定

温度升高有利于膜通量, 这通常被认为是温度的升高, 使分子的迁移速度加快, 进而提高了水透过膜的机会。同时温度升高, 也使膜表面的浓差极化现象减弱, 从而减少了膜被污染的机会。在西番莲果汁的浓缩过程中, 由于用超滤分离实验滤去了影响纳滤或反渗透浓缩效果和效率的果胶和类胡萝卜素等大分子物质, 使温度对纳滤或反渗透浓缩的影响没有预期中的大。由于过高的温度会破坏西番莲果汁中的芳香成分及 Vc 等营养成分, 严重影响果汁的品质, 所以在实际操作时, 温度定在 28 °C 左右以不破坏果汁的营养成分较为适宜。

3.3 纳滤西番莲果汁通量与时间的关系

通过实验过程考察了纳滤浓缩西番莲果汁时纳滤通量的影响。控制压力为 3 MPa, 温度为 28 °C 时, 以全循环的方式浓缩初始浓度约 13 °Bx 的经超滤的西番莲果汁, 测定不同时间的膜通量, 结果见图 4。

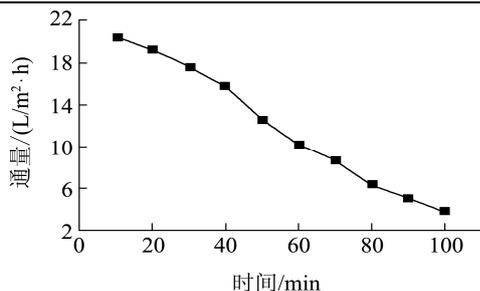


图4 纳滤浓缩时间对膜通量的影响

Fig.4. Influence of operated time on NF permeate flux

由图4可见,采用纳滤膜浓缩经超滤澄清处理的西番莲果汁,在运行开始的15~30 min时间内膜的渗透通量急剧下降,随着浓缩时间的延长,下降趋势变缓慢,在浓缩的后期,下降又较快。这是由于用纳滤膜浓缩时,由于开始时膜面清洁,膜的渗透通量很大,随后膜被逐渐污染,导致通量下降明显,纳滤膜浓缩是错流运行,膜污染不会急剧增加,随后的膜渗透通量下降趋势变缓,随着浓缩的进行,料液浓度越来越高,形成“浓差极化”现象,使膜的渗透通量下降,导致后期下降较快。为了保证纳滤浓缩有较高的效率,就应减轻膜污染程度,而浓差极化现象是浓缩过程难以避免的,这是单一纳滤无法将果汁浓缩至很高浓度的原因。

3.4 浓缩时间对截留液和透过液中可溶性固形物含量的影响

在利用纳滤浓缩西番莲果汁过程中,随着纳滤的进行,纳滤的膜通量变化很大,另一方面截留液和透过液中可溶性固形物含量也有明显的提高,实验控制压力为3 MPa,温度为28 °C时,以全循环的方式浓缩初始浓度为13 °Bx经超滤处理后的西番莲果汁,测定不同时间截留液和瞬时透过液中可溶性物质的含量,结果如图5所示。

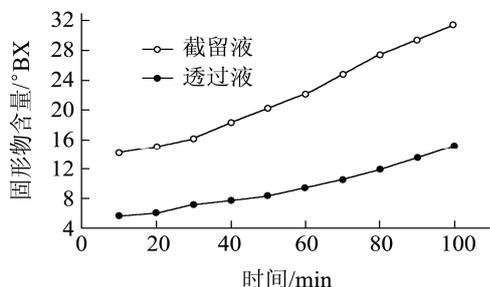


图5 不同浓缩时间截留液和透过液中可溶性固形物含量

Fig.5 The solubility solid concentration changes during NF processing

由图5可见,随着纳滤的进行,西番莲澄清汁可溶性固形物从原来的13 °Bx提升到30 °Bx左右。在浓

缩刚开始时,透过液中果汁可溶性固形物含量略低,保持在5 °Bx左右,随后微量增加。随着浓缩的进行,可溶性固形物含量逐渐增加,到浓缩后期,显著增加。这是由于浓缩前期,截留的西番莲果汁浓度只是微量增加,故透过水中果汁可溶性固形物含量也只是微量增加,随着浓缩的进行,果汁浓度越来越高,浓差极化现象越来越严重,导致透过液中果汁可溶性固形物含量随着处理果汁浓度的迅速上升而增加。果汁中的小分子成分有一定的损失是纳滤浓缩的不足之处。

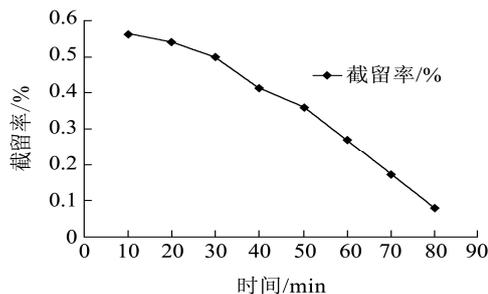


图6 纳滤浓缩西番莲汁可溶性固形物截留率的变化

Fig.6 The retention rate of passion fruit juice solubility solid during NF

纳滤膜的截留率随浓度的增加而下降,如图6所示。一方面,根据道南(Donnan)平衡的原理,进料中的浓度越高,微孔中的浓度也越高,渗透物中的浓度也就越高。另一方面,固定离子受到迁移离子的屏蔽作用,也会产生同样的效果。所谓固定离子,指孔壁所带的电荷,这一电荷产生双电层,吸引带相反电荷的离子,形成一离子分布。当迁移离子的浓度增加时,固定离子的影响下降,导致截留率下降。

4 结论

(1)应用纳滤浓缩,可将西番莲澄清汁的可溶性固形物从13 °Bx提升到30 °Bx左右,证明了纳滤浓缩西番莲果汁是可行的。通过对过滤工艺的优化,可进一步提高产品的质量,大大降低生产成本。

(2)膜通量受料液浓度、操作压力、操作温度等因素的影响,适当提高操作温度和压力,可以提高膜通量。在操作压力为3 MPa时,分离效率最高,此时实际膜通量达17 L/(m²·h)。

参考文献

[1] 张兴旺.“百香果”与西番莲[J].柑桔与亚热带果树信息.2004,20(5): 11-11
 [2] DhawanK, DhawanS, et al.Passiflora: a review update[J]. Journal of Ethnopharmacology. 2004, 94: 1-23