

超滤技术结合大孔吸附树脂纯化低聚果糖

Purification of fructo-oligosaccharide by membrane separation process combined with macroporus resin

刘彬 曹栋 孟庆然

LIU Bin CAO Dong MENG Qing-ran

(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(Department of Food Science and Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要: 菊粉酶解制备低聚果糖(FOS)过程中, 酶解液中通常含有一定量的单糖、蔗糖和未酶解完全的菊粉; 为了制备高纯度低聚果糖, 酶解液先后经超滤(除去未完全酶解的菊粉)和大孔吸附树脂纯化(分离 FOS、单糖和蔗糖)处理。因此, 探讨超滤技术最佳工艺参数, 比较 4 种树脂(CSR-1Na、CSR-2Na、CSR-3Na、CSR-1Ca)对 FOS 的纯化效果, 选择最佳树脂并对其纯化工艺参数进行优化。结果表明, 超滤技术的最佳操作工艺参数为: 操作压差 1.0 MPa, 循环流量 2 L/min, pH 6.0; 该条件下, 超滤的渗透通量为 10.8 L/(m²·h), FOS 透过率为 93.7%, 纯度为 63.84%。CSR-1Na 型树脂对 FOS 的纯化效果较好; 大孔树脂最佳纯化工艺参数为: 操作温度 60 ℃, 体积流速 1.5 mL/min, 操作 pH 6.0~6.5; 该条件下 FOS(纯度大于 95%)的回收率为 83.26%。

关键字: 低聚果糖; 纯化; 大孔吸附树脂; 膜分离

Abstract: A certain amount of glucosefructose, sucrose and inulin are still exist in the solution of fructo-oligosaccharide which is obtained by hydrolysis of inulin. Fos solution was purified by the membrane separation process and macroporus resin. The purification effect for Fructo-oligosaccharide of four kinds of resins (CSR-1Na, CSR-2Na, CSR-3Na, CSR-1Ca) was compared, the optimum was CSR-1Na. The effects of filtration pressure, circulation flow rate, pH on the transmittance of sugars and the permeation flux were studied. The optimum conditions for ultrafiltration were filtration pressure of 10 bar, pH of 6.0, circulation flow rate of 2 L/min, twice and the transmissivity ratio of FOS was 93.7%, the permeation flux was 10.8 L/(m²·h), the purity of glucosefructose was 63.84%. The optimum conditions for purification of macroporus resin were temperature of 60 ℃, volumetric flow rate of 1.5 mL/min, pH of 6.0~6.5

and the type of 95 fructooligosaccharides recovery rate was 83.26%.

Keywords: fructo-oligosaccharide; purification; macroporus resin; membrane separation

低聚果糖又称蔗果低聚糖, 是以葡萄糖基为端基通过 β (2-1)糖苷键连接 2~5 个果糖基的一种天然活性物质。通常所说的低聚果糖是指蔗果三糖(GF₂)、蔗果四糖(GF₃)、蔗果五糖(GF₄)和蔗果六糖(GF₅)的混合物^[1-2]。低聚果糖作为一种天然的功能性低聚糖, 具有调节肠道菌群, 增殖双歧杆菌, 促进钙的吸收, 调节血脂, 免疫调节等保健功能^[2-3], 被誉为抗生素时代最具潜力的新一代添加剂——促生物物质, 同时也是一种优良的水溶性膳食纤维。低聚果糖是集营养、保健、疗效于一身的健康新糖源, 其所具有的多种优越的生理功能和理化特性, 使其广泛应用于食品、保健品等行业。因而, 开发制备高纯度的低聚果糖产品具有重要的意义^[4-6]。

目前, 针对低聚果糖的纯化工艺有较多研究: 纳滤分离法、色谱分离法和微生物分离法^[7-8]; 膜分离技术和色谱技术等分离方法, 为低聚果糖的纯化带来了新的革命^[9-11]。由于蔗糖的分子大小与蔗果三糖的非常接近, 若单一采用膜分离技术进行分离, 则必然会导致蔗果三糖和蔗果四糖的大量损失^[9], 降低低聚果糖的得率。Kuhn R C 等^[12]研究表明, 大孔吸附树脂对低聚果糖的分离具有良好的效果。然而, 低聚果糖多采用菊粉酶解制得, 在采用大孔吸附树脂纯化低聚果糖时, 酶解液中未酶解完全的菊粉则会影 响大孔吸附树脂的纯化效率。将膜分离技术与大孔吸附树脂结合, 分离纯化低聚果糖的技术尚未见相关报道。本研究拟研究膜分离技术结合大孔树脂吸附纯化低聚果糖, 并探索其最佳纯化工艺。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与试剂

菊芋: 产自江苏徐州;

作者简介: 刘彬, 女, 江南大学在读硕士研究生。

通讯作者: 曹栋(1960—), 男, 江南大学教授, 博士生导师。

E-mail: caodong@jiangnan.edu.cn

收稿日期: 2015-11-19

内切菊粉酶:来源黑曲霉,酶活力 30 万 U/g,诺维信中国生物技术有限公司;

蔗糖三糖、蔗糖四糖、蔗糖五糖、蔗糖六糖:标准品(纯度>95%),日本和光纯药工业株式会社;

葡萄糖、果糖、蔗糖:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

大孔吸附树脂:CSR-1Na、CSR-2Na、CSR-3Na、CSR-1Ca,淄博东大化工股份有限公司;

乙腈:色谱纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 试验仪器

高效液相色谱仪:Waters 2695 型(R414 示差检测器),美国 Waters 公司;

分析天平:AB104-N 型,瑞士 Mettler-Toledo 公司;

酸度计:FE20PH 型,瑞士 Mettler-Toledo 公司;

恒温循环水浴锅:2004(501)型,江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司;

数显恒流泵:HL-2B 型,上海驰唐电子有限公司;

磁力搅拌器:HJ-3 型,江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司;

电导率仪:YG-904W 型,汕头市粤新电子有限公司;

夹套玻璃层析柱:35 mm×500 mm,无锡湖景玻璃仪器;

膜分离设备:RNF-0460 型,截留分子量 20 000 或 1 000,膜面积 0.2 m²,厦门福美科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 低聚果糖的制备工艺

菊芋干粉→热水浸提→超滤除蛋白、果胶→活性炭脱色→树脂脱盐→菊粉→酶解→超滤除未酶解菊粉→大孔吸附树脂纯化→低聚果糖^[13-15]

称取 500 g 菊芋干粉,加入 8 000 mL 去离子水,85 ℃ 热水浸提 50 min,抽滤并收集滤液即得菊粉粗提液;将粗提液经过截留分子量为 20 000 的超滤膜(1.0 MPa, pH 6.0, 40 mg/mL, 2 L/min)处理,除去蛋白质、果胶等杂质;透过液经活性炭脱色(pH 5.0, 60 ℃, 50 min, 3%的活性炭)、离子交换树脂脱盐(调 pH 6.0 过阴离子树脂—pH 6.5 过阳离子树脂,阴树脂:阳树脂=1.5:1, 50 ℃, 80 min)处理后,加入菊粉内切酶(pH 6.0, 50 ℃, 20 h, 15 U/g(以固形物含量计))酶解,得到粗低聚果糖溶液,参照吴洪新等^[16]的方法测得总糖含量为 50 mg/mL,储存于 4 ℃ 冰箱中,待进一步纯化处理。

1.3.2 超滤操作单因素试验设计 研究超滤条件时,采用全循环模式,即透过液和截留液全部返回料液罐,以保证料液浓度恒定^[14]。

(1) 操作压差对超滤效果的影响:量取 1.3.1 中制得的 50 mg/mL 粗低聚果糖溶液 5 L,调节 pH 6.0,控制循环流量 5 L/min,在不同的操作压差下通过截留分子量为 1 000 的超滤膜,运行稳定后,收集透过液,HPLC 检测。以各糖组分透过率和膜渗透通量为评价指标,确定最佳超滤工艺条件。其中,膜渗透通量按照式(1)计算。

(2) 循环流量对超滤效果的影响:量取 1.3.1 中制得的

50 mg/mL 粗低聚果糖溶液 5 L,控制操作压差 1.0 MPa,调节 pH 6.0,在不同的循环流量下通过截留分子量为 1 000 的超滤膜,运行稳定后,收集透过液,HPLC 检测。后续步骤同 1.3.2(1)。

(3) 料液 pH 对超滤效果的影响:量取 1.3.1 中制得的 50 mg/mL 粗低聚果糖溶液 5 L,在操作压差 1.0 MPa,循环流量 2 L/min 的条件下,在不同料液 pH 条件下通过截留分子量为 1 000 的超滤膜,运行稳定后,收集透过液,HPLC 检测。后续步骤同 1.3.2(1)。

$$J = \frac{V}{t \times A} \quad (1)$$

式中:

J ——膜渗透通量, L/(m²·h)

V —— t 时间内透过液的体积, L;

A ——膜面积, m²。

在最佳超滤条件下对 1.3.1 中制得的粗低聚果糖溶液进行超滤操作。为了充分回收低聚果糖,当料液的体积达到最小循环体积时(1 L),向料罐中加入 2 倍体积蒸馏水,在相同的条件下继续超滤。合并两次透过液,测定其固形物含量,并按式(2)计算低聚果糖透过率;采用 HPLC 法检测所得到的低聚果糖的纯度。然后将合并的透过液减压浓缩至固形物含量为 55%,收集浓缩液,贮存于 4 ℃ 冰箱中,备用。

$$T = \frac{m_1}{m} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

T ——FOS 透过率, %;

m_1 ——透过液中菊粉的总含量, g;

m ——原料中菊粉的总含量, g。

1.3.3 大孔吸附树脂纯化低聚果糖

(1) 树脂的预处理:分别称取 320 g 的 CSR-1Na、CSR-2Na、CSR-3Na、CSR-1Ca 树脂,湿法装入 35 mm×500 mm 的夹套玻璃层析柱内(将夹套层析柱外夹套与超级恒温水浴仪相连);用蒸馏水冲洗至流出液电导率与蒸馏水的一致,待用。

(2) 大孔吸附树脂的筛选:量取 1.3.2 中最佳超滤条件下制得的浓度为 55%的粗低聚果糖浓缩液 4 mL,调节 pH 至 5.5,分别上样于 1.3.3(1)中已预处理的层析柱内,在恒流泵流速为 1.0 mL/min,循环水浴温度为 55 ℃ 的条件下进行纯化,收集流出液,高效液相测定流出液中各糖的含量,并基于此筛选出最佳树脂。

(3) 温度对低聚果糖纯化效果的影响:称取 320 g 1.3.3(2)中选择的大孔树脂,湿法装入 35 mm×500 mm 的夹套玻璃层析柱内,取超滤制得的浓度为 55%粗低聚果糖溶液 4 mL,控制料液 pH 6.5,体积流速 2.0 mL/min,在不同的温度下上样纯化。收集流出液,HPLC 分析。以流出液中纯度>95%的低聚果糖的回收率(按式(3)计算)为评价指标,确定最佳纯化工艺。

(4) 体积流速对低聚果糖纯化效果的影响:称取 320 g 1.3.3(2)中选择的大孔树脂,湿法装入 35 mm×500 mm 的

夹套玻璃层析柱内,取超滤制得的浓度为 55%粗低聚果糖溶液 4 mL,控制料液 pH 6.5,温度 60 °C,在不同的体积流速下上样纯化。收集流出液,HPLC 分析。后续步骤同 1.3.3(3)。

(5) pH 对低聚果糖纯化效果的影响:称取 320 g 1.3.3(2)中选择的大孔树脂,湿法装入 35 mm×500 mm 的夹套玻璃层析柱内,取超滤制得的浓度为 55%粗低聚果糖溶液 4 mL,控制料液温度 60 °C,体积流速 1.5 mL/min,在不同料液 pH 条件下上样纯化。收集流出液,HPLC 分析。后续步骤同 1.3.3(3)。

$$K = \frac{m_2}{m_3} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

K——95 型 FOS 回收率,%;

m_2 ——流出液中纯度大于 95%的低聚果糖的总含量,g;

m_3 ——料液中低聚果糖的总含量,g。

1.3.4 糖组分的 HPLC 分析 HPLC 条件:Waters 2695 型高效液相色谱仪(R414 示差检测器);色谱柱:日立 Lachrom NH2(5 μ m,4.6 mm×250 mm);流动相:乙腈:水(V:V)=60:40;流速:1 mL/min;温度:40 °C;进样量:10 μ L。利用峰面积归一化法测定料液中各糖组分的含量。

1.4 结果分析

采用 Origin 8.0 软件绘制图表,采用 SPSS 17.0 软件进行方差分析($P < 0.05$),所有试验均重复 3 次,结果以平均值 $M \pm$ 标准偏差 SD 表示。

2 结果与分析

2.1 超滤最佳操作参数

2.1.1 操作压差对超滤效果的影响 操作压差的大小对各糖组分的透过率和膜的渗透通量有很大的影响^[14]。由图 1 可知,随着压差的增大,膜的渗透通量不断增大,而单糖的透过率则变化不大;低聚果糖的透率先增大后减小,在压差为 1.0 MPa 时,透过率最大。这主要是因为超滤以压差为推动力,压差越大,膜的渗透通量越大;但当压差过大时,会增大糖组分在膜孔中的沉淀堆积,造成膜孔径的减小或堵塞^[9]。因此,选取 1.0 MPa 为最佳操作压差。

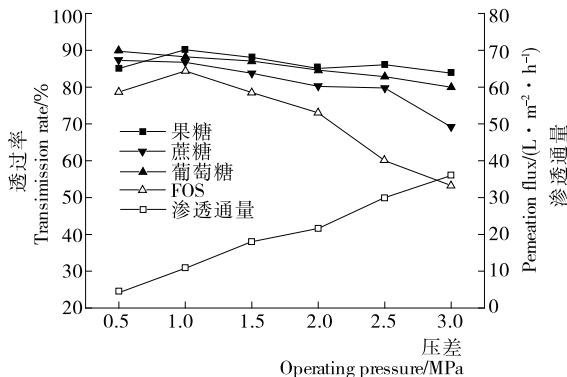


图 1 操作压差对各组分透过率和渗透通量的影响

Figure 1 The effect of operating pressure on the transmittance of sugars and the permeation flux

2.1.2 循环流量对超滤效果的影响 由图 2 可知,随着循环流量的增大,渗透通量几乎不受影响,这主要是由于随着循环流量的增大,膜表面的边界层厚度减弱,导致膜表面的浓差极化现象减弱,对膜的渗透通量的影响减小,因此膜的渗透通量趋于稳定^[9];而当料液浓度不变时,在相同的操作压差下,膜表面的浓度会随着循环流量的增大而降低,从而导致低聚果糖的透过率下降^[9]。同时,循环流量增大时,循环泵的能耗也会相应增大。因此,选取 2.0 L/min 为最佳循环流量。

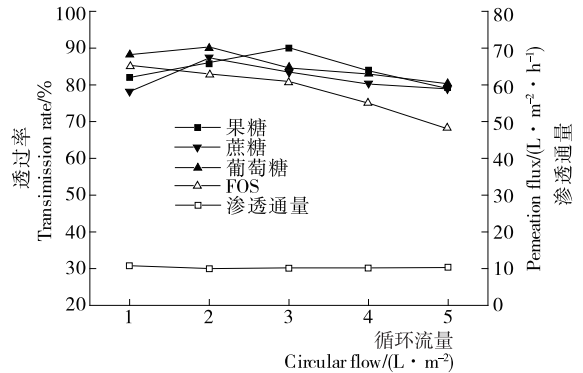


图 2 循环流量对各组分的透过率和渗透通量的影响

Figure 2 The effect of circular flow on the transmittance of sugars and the permeation flux

2.1.3 料液 pH 对超滤效果的影响 由图 3 可知,pH 对各糖的透过率和渗透通量几乎没有影响,这主要是由于糖溶液是电中性的。因此,选取粗低聚果糖溶液的原始 pH(6.0)即可。

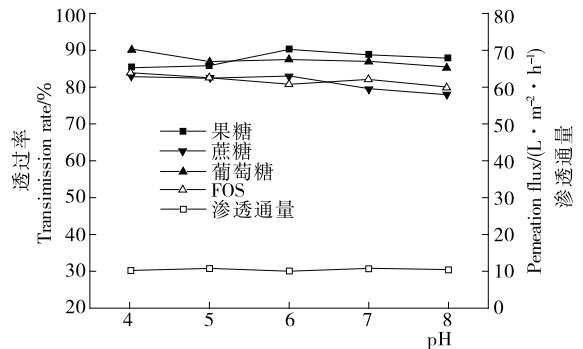


图 3 pH 对各组分的透过率和渗透通量的影响

Figure 3 The effect of pH on the transmittance of sugars and the permeation flux

在操作压差 1.0 MPa,循环流量 2.0 L/min,pH 6.0 的条件下进行超滤操作,收集透过液;为了充分回收低聚果糖,当料液的体积达到最小循环体积时(1 L),向料罐中加入 2 倍体积蒸馏水,在相同的条件下继续超滤。合并两次透过液(6 L),得到的低聚果糖总透过率为 93.7%,此时,透过液中可溶性固形物含量为 4.68%,低聚果糖的纯度为 63.84%。

2.2 大孔吸附树脂纯化最佳操作参数

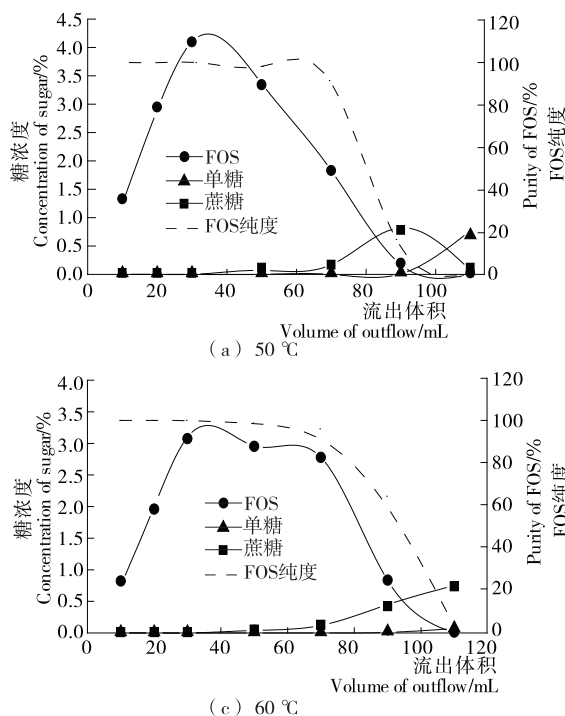
2.2.1 大孔吸附树脂的筛选 大孔吸附树脂的筛选结果见表 1。由表 1 可知,CSR-1Na 型树脂的分离效果最好。因此

表1 不同树脂的分离效果[†]

Table 1 The rate of recovery of fructo-oligosaccharide on different resin

树脂型号	FOS 回收率/%
CSR-1Na	79.35 ^a
CSR-1Ca	70.86 ^b
CSR-2Na	43.20 ^c
CSR-3Na	35.79 ^d

† 不同的字母表示不同的树脂处理组间差异显著(P<0.05)。



选择 CSR-1Na 型树脂作为低聚果糖纯化树脂。

2.2.2 温度对低聚果糖纯化效果的影响 由图4可知, 60℃时低聚果糖与单糖和蔗糖有较好的分离效果。各温度下的流出曲线图得出相应温度下纯度大于95%的低聚果糖的回收率见表2,其中温度为60℃时,低聚果糖回收率最高,为82.93%。由于大孔树脂对物质的吸附属于物理吸附过程,温度过低不利于糖液的流动^[17];与此同时,吸附过程会释放一定的热量,所以也不需要太高的温度。因此,本试验选择60℃为低聚果糖的纯化温度。

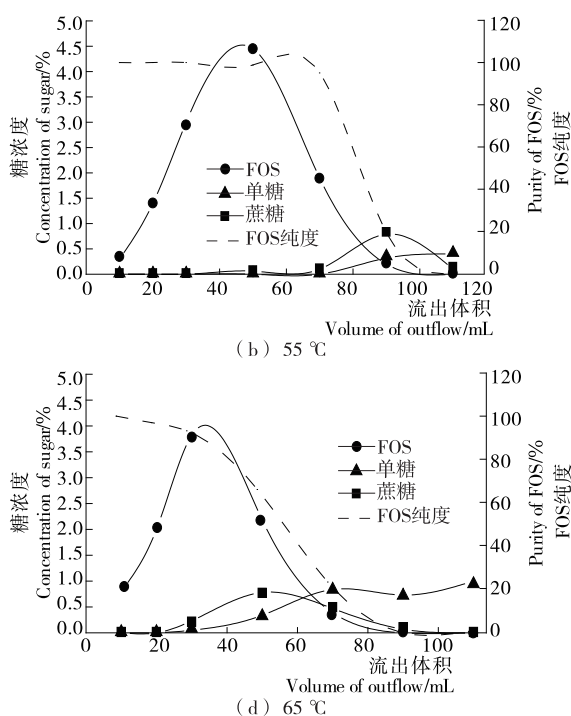


图4 不同温度下的流出曲线图

Figure 4 The dynamic outflow curves on different temperatuer

表2 不同温度的低聚果糖回收率[†]

Table 2 The rate of recovery of fructo-oligosaccharide on different temperature

温度/℃	回收率/%
50	53.62 ^c
55	77.96 ^b
60	82.90 ^a
65	77.20 ^b

† 不同的字母表示不同的温度处理组间差异显著(P<0.05)。

表3 不同体积流速的低聚果糖回收率[†]

Table 3 The rate of recovery of fructo-oligosaccharide on different volumetric flow rate

体积流速/(mL·min ⁻¹)	FOS 回收率/%
0.5	42.56 ^e
1.0	67.20 ^b
1.5	81.17 ^a
2.0	62.86 ^c
2.5	45.68 ^d

† 不同的字母表示不同的体积流速处理组间差异显著(P<0.05)。

2.2.3 体积流速对低聚果糖纯化效果的影响 由图5可知,体积流速对糖的分离有较大的影响。流速过慢,会耗费过长的时间;流速过快则导致树脂与糖接触不充分,树脂的交换量降低,不能完全发挥其能力^[18],从而导致低聚果糖的纯化效果较差。由本试验结果得出,体积流速为1.5 mL/min时,低聚果糖的纯化效果最好,回收率为81.17%(见表3)。因此选取1.5 mL/min为最佳体积流速。

2.2.4 pH对低聚果糖纯化效果的影响 由图6可知,当pH

在6.0~6.5时,低聚果糖的分离效果较好,在此条件下低聚果糖的回收率为81.30%~83.26%(见表4),且在pH6.0和6.5时,低聚果糖的回收率差异不显著。此外,低聚果糖溶液经截留分子量为1000超滤膜处理后,溶液的pH值在6.0~6.5,酸性物质在酸性溶液中的吸附能力较强^[18],考虑到调节pH会给溶液带入外源杂质。所以,选2.1.3制得低聚果糖浓缩液的原始pH(6.0~6.5)即可。

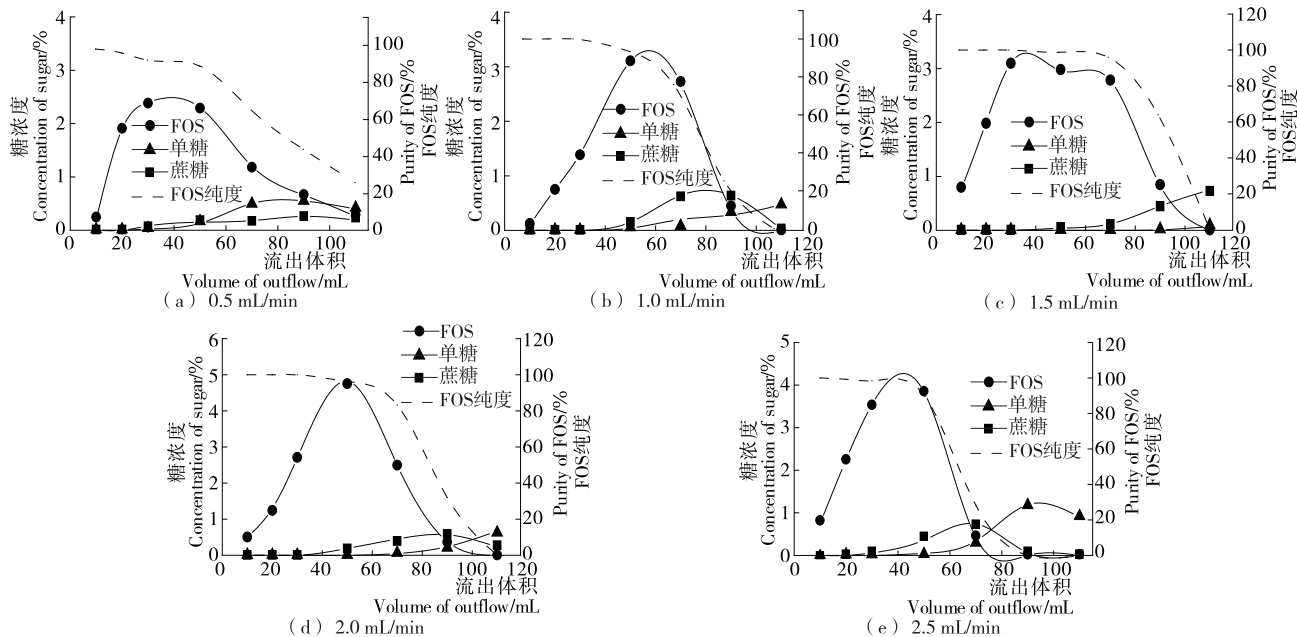


图 5 不同体积流速下的流出曲线图

Figure 5 The dynamic outflow curves on different volumetric flow rate

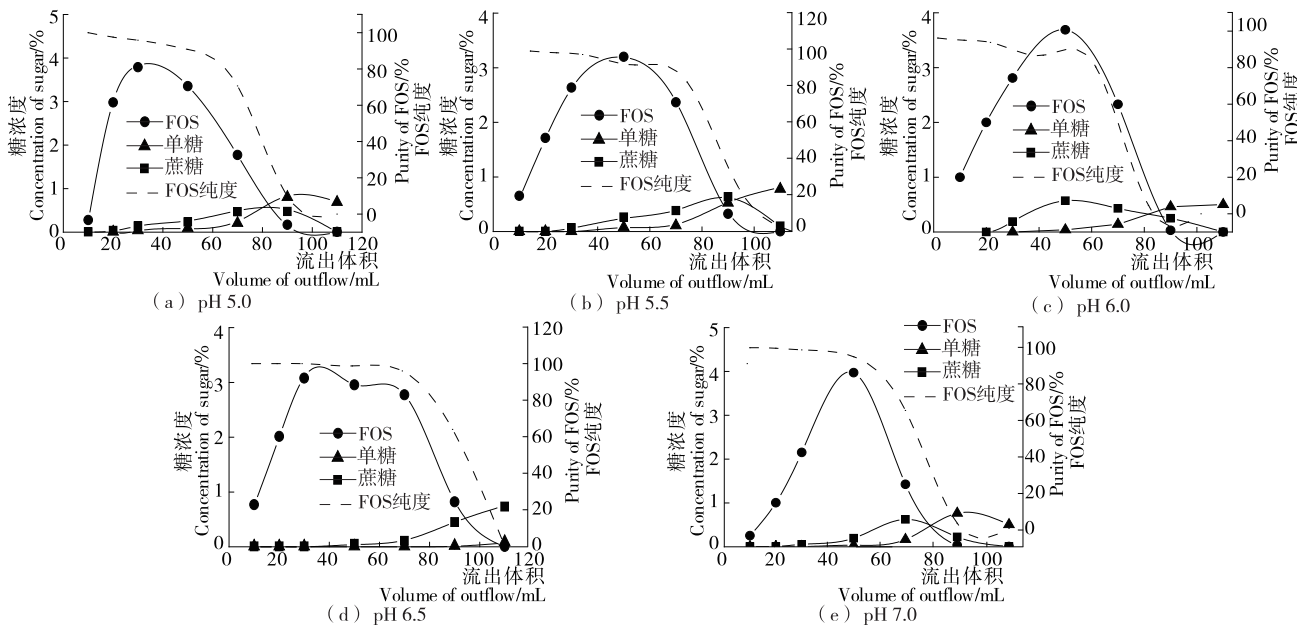


图 6 不同 pH 下的流出曲线图

Figure 6 The dynamic outflow curves on different pH

表 4 不同体积流速的低聚果糖回收率[†]

Table 4 The rate of recovery of fructo-oligosaccharide on different pH

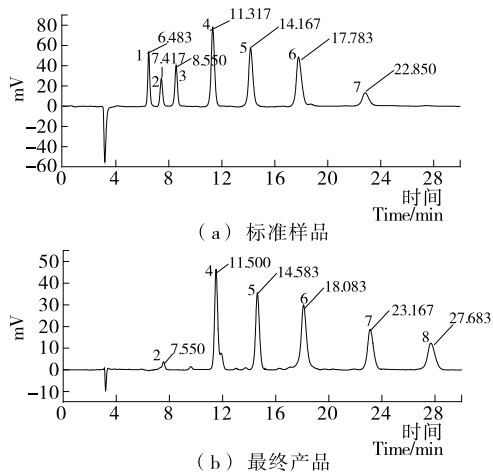
pH	回收率/%
5.0	54.44 ^c
5.5	67.98 ^b
6.0	81.30 ^a
6.5	83.26 ^a
7.0	53.72 ^d

[†] 不同的字母表示不同的 pH 处理组间差异显著(P<0.05)。

取 2.1.3 中制得的浓缩粗低聚果糖溶液 4 mL,在温度 60 ℃,体积流速 1.5 mL/min,pH 6.0~6.5 的条件下通过装有 320 g CSR-1Na 大孔吸附树脂层析柱纯化,流出液经 HPLC 分析(见图 7),并计算得出纯度大于 95%的低聚果糖的回收率为 83.26%。

3 结论

(1) 本试验最终确定了最佳超滤工艺条件:操作压差 1.0 MPa,循环流量 2 L/min,pH 6.0;超滤渗透通量为 10.8 L/(m²·h),超滤 2 次,在此条件下制得的透过液中低聚果糖的透过率为 93.7%,纯度为 63.84%。



1. 果糖 2. 葡萄糖 3. 蔗糖 4. 蔗果三糖 5. 蔗果四糖
6. 蔗果五糖 7. 蔗果六糖

图7 各糖标准品与低聚果糖产品的HPLC

Figure 7 The HPLC of fructo-oligosaccharide and standard sugars

(2) CSR-1Na型树脂对FOS的纯化效果较好;大孔吸附树脂纯化的最佳工艺参数:操作温度 60°C ,体积流速 1.5 mL/min ,操作pH $6.0\sim 6.5$ 。在此条件下纯度大于95%的低聚果糖回收率为83.26%。

(3)本研究将膜分离和大孔吸附树脂结合使用,得到的低聚果糖纯度高于95%;同时,可以对低纯度($<95\%$)的低聚果糖产品和副产品果糖分别回收,资源浪费小,克服了单一使用膜分离或大孔吸附树脂纯化的资源浪费问题。

(4)本研究方法效率高,生产成本低,得到的产品纯度高,可以用于工业化连续生产。但本试验还有一定的不足,有待进一步开展优化试验。

参考文献

- [1] 黄亮,王俊杰,王锋,等. 菊芋中菊糖提取方法的研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(4): 76-79.
- [2] 田震楠,梁学超,邱学良,等. 低聚果糖生产菌株的筛选及鉴定[J]. 中国食品添加剂, 2015(5): 194-197.
- [3] 殷洪,林学进. 菊粉、低聚果糖的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2008(3): 97-101.
- [4] Kumar V P, Prashanth K V, Venkatesh Y P. Structural analyses and immunomodulatory properties of fructo-oligosaccharides from onion (*Allium cepa*) [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 117(6): 115-122.
- [5] Fontana J D, Grzybowski A, Tiboni M, et al. Fructo-oligosaccharide production from inulin through partial citric or phosphoric acid hydrolyses [J]. Journal of Medicinal Food, 2011, 14(11): 1425-1430.
- [6] 程文娟,谢海荣,秦永,等. 膜分离与大孔树脂联用技术纯化茶皂素[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 1-9.
- [7] Park Y K, Almeida M M. Production of fructooligosaccharides from sucrose by a transfructosylase from *Aspergillus niger* [J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 1991, 7(3): 331-334.
- [8] 蓝伯广,米运宏,李铭,等. 工业化制备高纯度低聚果糖技术概

述[J]. 轻工科技, 2014(9): 8-10.

- [9] 余稳胜,张铁,李冰,等. 超滤膜分离设备优化控制的研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(6): 95-98.
- [10] Kuhn R C, Filho F M. Separation of fructooligosaccharides using zeolite fixed bed columns [J]. Journal of Chromatography B, 2010, 878(22): 2023-2028.
- [11] Kuhn R C, Mazutti M A, Maugeri F F. Separation and purification of fructooligosaccharides on a zeolite fixed-bed column [J]. Journal of Separation Science, 2014, 37(8): 927-933.
- [12] Lin Show-ching, Lee Wen-chier. Separation of a fructo-oligosaccharide mixture by hydrophilic interaction chromatography using silica-based micropellicular sorbents [J]. Journal of Chromatography A, 1998, 803(1): 302-306.
- [13] 胡娟,李丹丹,金征宇,等. 树脂对菊糖液的脱色研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(6): 49-52.
- [14] 翁桂华,马玉红,张涛,等. 应用膜技术制备高纯度低聚果糖[J]. 食品工业科技, 2010, 31(1): 224-227.
- [15] Sun Yue-e, Wang Wei-dong, Gao Ming-xia. Study on simultaneous preparation of inulin and dietary fiber powder from Jerusalem artichoke [J]. Science & Technology of Food Industry, 2011, 32(9): 306-308.
- [16] 吴洪新,单昌辉,李薇,等. 紫外分光光度法测定菊粉多糖[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(13): 5251-5253.
- [17] 钟方丽,王晓林,王志敏,等. 大孔吸附树脂纯化玉竹总黄酮工艺研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 131-134.
- [18] 熊建华,汤凯洁,罗秋水,等. 大孔吸附树脂纯化金银花叶总多酚的工艺优化[J]. 食品与机械, 2011, 27(3): 52-55.

信息窗

保鲜膜拯救软木塞污染的葡萄酒

葡萄酒的软木塞生产时如果没有清理干净,会滋生真菌,进而产生一种会破坏葡萄酒味道的物质——TCA。受到TCA污染的葡萄酒(叫做corked wine),有一种潮湿地下室、受潮报纸、落水狗的气味,并且味道平平,几乎没有水果味道。

随着葡萄酒风靡全球,应接不暇的软木塞生产商难免失手。虽然仅有少量木塞会受到污染,而且很多人甚至尝不出TCA的味道,但葡萄酒行家大呼“软木塞危机”要到来。值得一提,软木塞污染的葡萄酒其实对人体无害。

在有些人显摆自己侦测细微木塞污染的功夫、螺旋盖生产商欢欣雀跃的同时,也有人在想方设法拯救corked了的葡萄酒。近日,美国加州大学戴维斯分校的科学家表示,他们找到了移除木塞污染的方法。在一个容器里放入保鲜膜之类的聚乙烯塑料,然而倒入葡萄酒并摇晃,浸泡15 min后倒入另一容器即可。TCA会吸附在塑料上,从而祛除葡萄酒中的异味。

(来源:www.foodmate.net)