

苹果酒超滤澄清工艺的响应面法优化*

王周利¹ 伍小红² 岳田利¹ 张楠¹ 郭彩霞¹ 袁亚宏¹

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100; 2. 西北政法大学经济管理学院, 西安 710063)

摘要: 为了改善苹果酒的澄清度和稳定性,采用超滤技术进行澄清。在单因素试验的基础上,采用 Box-Behnken 响应曲面法对影响苹果酒超滤的关键因素操作压力、温度和进料流速进行优化探讨。结果表明:3个因素对苹果酒澄清的影响大小依次为温度、操作压力、流速;澄清苹果酒最佳工艺条件为压力 0.7 MPa, 温度 24℃, 进料流速 5.6 mL/min。超滤处理后,苹果酒的透光率为 98.72%,膜通量为 14.38 L/(m²·h),原酒的固有滋味和品质得到了较好保留。

关键词: 苹果酒 超滤膜 澄清 响应面

中图分类号: TS261.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)01-0209-05

引言

苹果酒的澄清效果直接影响苹果酒的最终质量。通常导致苹果酒浑浊的主要组分有两种^[1-2]: ①生物性浑浊,即由于微生物对果酒组分的代谢作用破坏酒的胶体平衡而形成的雾浑、浑浊或沉淀。②非生物性浑浊,即发酵后的果酒含有蛋白质、果胶、鞣质、纤维素、多糖类大分子、单宁和蛋白质的络合物以及酒石酸盐等,这些物质在分子大小上有差异,在酒中以胶体状态存在。环境变化(温度降低、酒精含量升高等)会使它们溶解度下降而导致酒体浑浊。果汁饮料澄清的方法有:自然澄清法、果胶酶澄清法^[3-4]、壳聚糖澄清法^[5]、冷热处理澄清法、超滤技术^[6-11]。超滤技术以压力差为推动力,应用微孔膜作为过滤介质,选择性地阻止溶液中较大溶质分子通过,能有效澄清苹果酒,并且可以避免带走大量有用成分^[12-13]。超滤技术在苹果酒澄清应用中有广泛的前景,国外超滤技术用于果蔬汁澄清和除菌已经很普遍^[14-15]。在超滤过程中,膜通量下降较快,因此如何优化操作保持较高的膜通量成为超滤工艺的关键^[16-17]。本文研究超滤法澄清苹果酒过程中影响膜通量的主要因素,并通过响应面法试验设计探求最佳工艺条件,为超滤法澄清苹果酒的工业化生产提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

苹果,购买于陕西省咸阳市;21号酿酒酵母菌,由西北农林科技大学发酵动力学实验室提供。

浓缩苹果汁:由陕西海升果业股份有限公司提供,含总糖 702 g/L、还原糖 605 g/L、总酸 25 g/L。

1.2 试验仪器与设备

超滤设备:M20-Aflaf型膜过滤器,Alfa Laval 公司生产。

膜组件:平板式超滤膜,截留分子量 10⁵,奥星制药设备有限公司提供。

恒温培养箱、全自动灭菌锅、HWY-2112型双层全温度培养摇床、R200D-V20型精密电子天平、手持折光仪、pHS-3C型酸度计、10 mL注射器。

1.3 试验方法

1.3.1 苹果酒的制备

不同的苹果品种有其特有的香气成分,混合在一起发酵出的苹果酒芳香成分比较复杂且柔和。不同品种苹果中的糖含量、酸含量以及单宁含量不同,混合起来酿造会使苹果酒的口感更加醇厚。本研究采用陕西省咸阳市产的红富士、秦冠、黄元帅3个品种苹果,按照质量比1:1:1的比例混合进行榨汁,用浓缩果汁将苹果汁的糖度调节到20°Brix,调节pH值到3.5。酿酒工艺如下:苹果→洗涤→切块→压

收稿日期:2013-01-10 修回日期:2013-03-15

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAD31B01)、国家自然科学基金资助项目(31071550、31711721)和农业部“948”资助项目(2011-G8-3)

作者简介:王周利,博士生,主要从事食品安全控制研究,E-mail:wz1014@nwsuaf.edu.cn

通讯作者:袁亚宏,副教授,主要从事食品工程技术研究,E-mail:yuan324@msn.com

榨 → 调配 → 灭菌 → 接种 → 低温发酵 → 倒灌 → 过滤 → 成品。

1.3.2 超滤时间对膜通量的影响

在压力 0.6 MPa, 温度 25℃, 进料流速为 5.37 mL/min 条件下, 测定 3、6、9、12、15、18、21 min 时的膜通量、透光率。

1.3.3 苹果酒的超滤澄清

采用实验室的膜分离装置对发酵得到的苹果酒进行全回流超滤澄清试验, 研究操作压力、操作温度和进料流速对膜通量影响的单因素试验, 其压力设定为 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 MPa, 温度设定为 20、22、24、26、28、30℃, 进料流速设定为 5.28、5.37、5.46、5.55、5.64、5.73 mL/min。

膜通量的定义: 在一定的操作压力下, 单位时间内通过单位膜表面积的液量。计算式为

$$J = V / (St)$$

式中 J ——膜通量, L/(m²·h)

V ——透过的液体积, L

S ——膜的有效面积, m²

t ——超滤时间, h

1.3.4 响应面试验设计

澄清能力响应面法设计: 在膜通量单因素试验的基础上, 采用 Box-Behnken 设计方案, 以操作压力、温度、进料流速为自变量, 膜通量(Y)为响应值, 试验因素水平设计见表 1。

表 1 因素水平编码

Tab.1 Code table of factor levels

编码	因素		
	操作压力 x_1 /MPa	进料流速 x_2 /mL·min ⁻¹	温度 x_3 /℃
-1	0.4	5.46	20
0	0.6	5.55	24
1	0.8	5.64	28

1.3.5 试验测定指标

酒精度测定^[18]: 比重瓶法; 总糖测定^[18]: 利用斐林试剂直接滴定法测定; 总酸度^[18]: 用指示剂法; 澄清度^[18]: 用紫外可见分光光度法测定, 在 680 nm 下用石英比色皿测定吸光度, 蒸馏水作空白; 色度^[19]: 用紫外可见分光光度法测定, 在 520 nm 下用比色皿测定吸光度, 蒸馏水作空白; 总蛋白测定: 考马斯亮蓝法^[20]; 总多酚测定: 福林酚法^[19]。

2 结果与分析

2.1 膜通量随时间变化

在压力 0.6 MPa, 温度 25℃, 进料流速为 5.37 mL/min 条件下, 用超滤法澄清苹果酒, 膜通量和透光率随超滤时间变化曲线如图 1 所示。

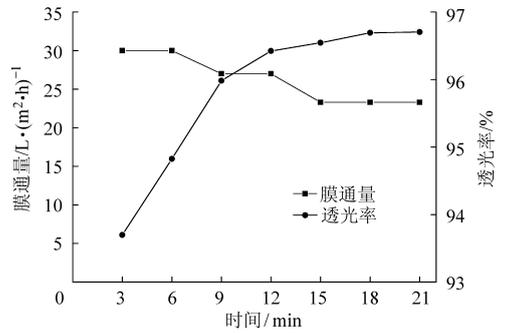


图 1 时间对膜通量及透光率的影响

Fig.1 Influence of operated time on membrane flux and luminousness

由图 1 可以看出, 在超滤的前 5 min, 膜通量变化不大, 说明超滤膜表面相对干净。随着时间的延长, 蛋白质和一些大分子物质被超滤膜截留, 使得膜表面聚积成一层密集的“溶质层”, 浓差极化开始出现, 凝胶层逐渐形成, 膜孔被污染, 膜通量缓慢下降^[21-22]。18 min 后膜通量趋于平稳, 透光率达 95% 以上。所以在后续试验中, 先运行 18 min 使得膜通量稳定后再测定相关数据。

2.2 单因素试验

2.2.1 操作压力

在温度 25℃, 进料流速为 5.37 mL/min 条件下, 用超滤法澄清苹果酒, 压力对膜通量和透光率的影响如图 2 所示。

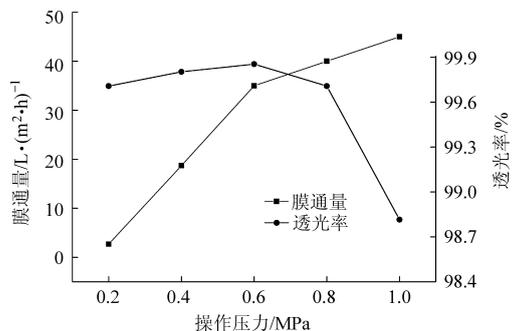


图 2 操作压力对膜通量、透光率的影响

Fig.2 Influence of operated pressure on membrane flux and luminousness

超滤是以膜两侧压力差为传质驱动力的膜分离过程, 当压力增大时, 超滤膜的膜透过率也增大。因此, 压力是影响膜通量和透光率的一个重要因素。由图 2 可以看出, 随着压力的增加膜通量呈现增加的趋势, 在压力小于 0.6 MPa 范围内, 由于物料没有形成明显的浓差极化层, 膜本身的阻力占主导作用, 所以通量随压力的增加, 增加得比较快; 当压力大于 0.6 MPa 时, 通量的影响比较复杂, 浓差极化层、膜的表面形成凝胶层和膜本身对膜通量都产生影响, 所以膜通量增加趋势减缓; 在小于 0.6 MPa 时, 受膜阻截大分子物质本身作用影响, 透光率变化不大。

压力大于 0.6 MPa 后,影响因素比较复杂,透光率开始下降。因此在研究压力对超滤效果的影响时选择 0.6 MPa 为中心点。

2.2.2 进料流速

在操作压力 0.6 MPa,温度 25℃ 条件下,用超滤法澄清苹果酒,进料流速对膜通量、透光率的影响如图 3 所示。

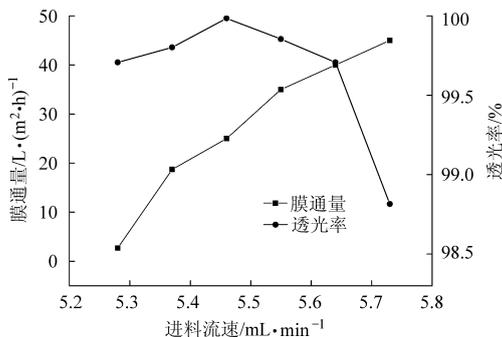


图 3 进料流速对膜通量和透光率的影响

Fig. 3 Influence of feeding velocity on membrane flux and luminousness

在超滤过程中,浓度极差化是影响超滤过程顺利进行的关键因素。浓度极差是超滤过程中膜表面截留物料浓度不断上升所产生的与流动物料之间的浓度之差。提高进料流速对减轻浓度极差化、提高膜的透过通量有着很好的效果。由图 3 可以看出,随着进料流速的增加,膜通量呈增加的趋势,在膜通量 5.5 mL/min 左右膜通量增长率相对较大,且膜通量比较高。膜通量会随着流速的增加而增加,是因为流速的提高加大了膜表面的剪切力,加快了大分子物质离开膜表面,减小了浓度极差造成的不利影响,从而使得膜通量增加。透光率随着流速的增加呈现出先缓慢增加后减小、整体呈下降的趋势,在流速 5.5 mL/min 左右透光率相对较高。综合考虑,在研究进料流速对膜通量影响时,选择 5.55 mL/min 为中心点。

2.2.3 温度

在压力 0.6 MPa,进料流速 5.37 mL/min 条件下,用超滤法澄清苹果酒,温度对膜通量、透光率的影响如图 4 所示。

物料温度是由超滤设备的换热部分来控制的,物料的温度直接影响到苹果酒的澄清效果。由图 4 可以看出,随着温度的增加,膜通量增加,这是由于温度上升时,酒液粘度下降,扩散系数增加,从而增加了物料的传质效率,增加了超滤膜的膜透过速率,减少了浓度极差化的不利影响。大于 25℃ 后,膜通量趋于一个稳定值。透光率随着温度的增加呈现不规律的增减趋势,在 24℃ 左右时,透光率最大。在研究温度对超滤效果影响时,选择 24℃ 为中心点。

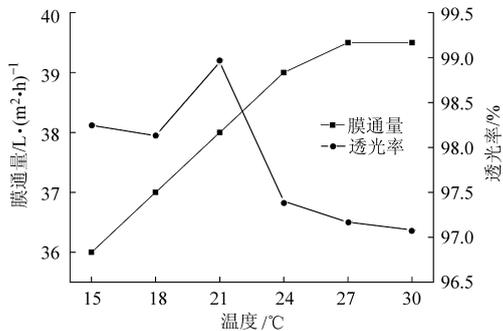


图 4 温度对膜通量、透光率的影响

Fig. 4 Influence of temperature on membrane flux and luminousness

2.3 响应面试验设计结果与分析

2.3.1 模型的建立与分析

单因素试验中,膜通量为判定值,透过率为辅助判定值(随着参数的变化,透光率有一定变化规律,但建立回归模型不显著),研究了影响反渗透的工艺参数范围。为了进一步确定澄清的最佳工艺条件,以膜通量为响应值,选择操作压力、温度、进料流速 3 个因素进行响应面回归分析。试验设计与结果如表 2 所示,其中 1~12 为析因试验,13~15 为中心试验,用来估计试验误差。

表 2 Box-Behnken 设计方案及试验结果

Tab. 2 Design and results of Box-Behnken

试验序号	x_1 /MPa	x_2 /mL·min ⁻¹	x_3 /°C	Y /L·(m ² ·h) ⁻¹
1	0.4	5.46	24	5.23
2	0.8	5.46	24	11.66
3	0.4	5.64	24	4.93
4	0.8	5.64	24	8.37
5	0.4	5.55	20	5.53
6	0.8	5.55	20	8.65
7	0.4	5.55	28	10.46
8	0.8	5.55	28	14.94
9	0.6	5.46	20	5.34
10	0.6	5.64	20	7.98
11	0.6	5.46	28	11.66
12	0.6	5.64	28	8.37
13	0.6	5.55	24	14.94
14	0.6	5.55	24	14.35
15	0.6	5.55	24	14.64

利用 Design-Expert 软件,通过表 2 中试验数据进行多元回归拟合,获得苹果酒膜通量对操作压力、流速、温度真实值的回归模型: $Y = 14.64 + 2.18x_1 - 0.53x_2 + 2.24x_3 - 0.75x_1x_2 + 0.34x_1x_3 - 1.48x_2x_3 - 2.77x_1^2 - 4.33x_2^2 - 1.98x_3^2$ 。

对该模型进行方差分析,结果见表 3。

对膜通量方差分析结果表明,所建立的二次回归模型是极显著的 ($P_r < 0.01$),工艺参数中操作压

表3 回归模型方差分析表

Tab.3 Variance analysis of experimental results

变异源	平方和	自由度	均方差	F	P_r
模型	191.33	9.00	21.26	23.93	0.001 4
x_1	38.15	1.00	38.15	42.95	0.001 2
x_2	2.25	1.00	2.25	2.53	0.172 6
x_3	40.19	1.00	40.19	45.24	0.001 1
x_1x_2	2.24	1.00	2.24	2.52	0.173 5
x_1x_3	0.46	1.00	0.46	0.52	0.502 9
x_2x_3	8.79	1.00	8.79	9.90	0.025 5
x_1^2	28.31	1.00	28.31	31.88	0.002 4
x_2^2	69.12	1.00	69.12	77.82	0.000 3
x_3^2	14.46	1.00	14.46	16.28	0.010 0
残差	4.44	5.00	0.89		
失拟项	4.27	3.00	1.42	16.34	0.058 2
纯误差	0.17	2.00	0.09		
总和	195.77	14.00			

$R^2 = 0.977\ 3$ $R_{adj}^2 = 0.936\ 5$

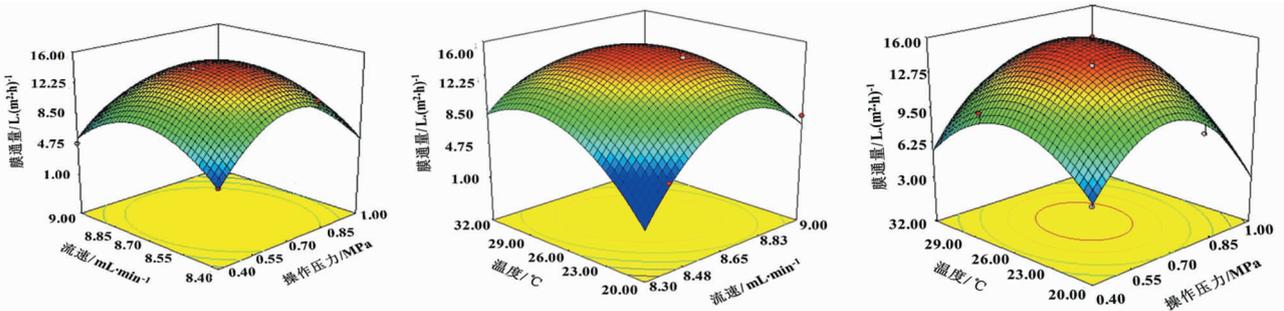


图5 温度、操作压力和进料流速对膜通量影响的响应曲面

Fig.5 Responsive surface showing the effects of temperature, pressure and feeding velocity on the membrane flux

由图5可以看出各因素对膜通量的影响和各因素之间的交互作用。相应曲面均是向下开口的凸面,等高线为椭圆形,中心位于所考察的区域范围内,由此可知,在考察的范围内存在膜通量的极大值,响应面为高度卷曲的曲面,说明因素与相应值之间的关系比较复杂,一次线性方程无法解释。通过Design-Expert软件分析,可得出超滤澄清苹果酒的最佳工艺参数为:温度24.13℃、操作压力0.68 MPa、进料流速5.6 mL/min,在此条件下膜通量可达14.46 L/(m²·h)。

采用优化后的最佳工艺参数进行验证试验,同时考虑到实际操作的情况,将条件修正为:压力0.7 MPa,流速5.6 mL/min,温度24℃。在此条件下做验证试验,结果测出膜通量为14.38 L/(m²·h),与模型预测值较为吻合。采用响应面法优化得到的苹果酒澄清工艺参数比较可靠,具有一定的实用价值。

为了进一步研究超滤法对苹果酒品质的影响,以酒精度、糖度、酸度、蛋白、多酚和透光率为指标,对原液和透过液进行分析,其分析检测结果如表4

力、温度是极显著的($P_r < 0.01$),表明温度和操作压力对膜通量的线性效应显著。压力的平方项、流速的平方项、温度的平方项是极显著的,表明其对膜通量的曲面效应极显著。流速和温度的交互项是显著的($P_r < 0.05$),表明各参数对膜通量的影响不是简单的线性关系。失拟项在 $P_r = 0.05$ 水平不显著,模型的 $R^2 = 0.977\ 3$,说明该回归方程中所有变量的变化可以解释97.73%的因变量变化,模型与试验值结果拟合较好,具有很好的代表性,可以用来预测澄清工艺理论参数。根据回归模型方程中各因素回归系数绝对值的大小^[23],可以看出各因素影响膜通量的大小顺序为温度、操作压力、流速。

2.3.2 响应面分析及优化

根据回归方程做出响应面,考察拟合响应面曲面的形状,分析温度、操作压力、进料流速对膜通量的影响,如图5所示。

所示。

表4 超滤前后苹果酒品质变化

Tab.4 Changes of quality of cider before and after ultrafiltration

	酒精 度/%	糖度 /g·L ⁻¹	酸度 /g·L ⁻¹	蛋白质质量 浓度 /mg·L ⁻¹	多酚质量 浓度/ mg·L ⁻¹	透光 率/%
原酒	9.34	12.7	7.9	109.3	87.93	46.19
过滤液	9.15	11.2	7.2	23.8	40.20	98.72
变化率/%	2.03	11.81	8.86	78.23	54.28	113.72

从表4的检测结果可以看出,超滤后的苹果酒澄清度明显上升,蛋白和多酚影响酒体稳定性的因素明显下降。糖度、酸度、酒精度都变化不大。说明超滤法是澄清苹果酒可用的方式,澄清效果明显。

3 结束语

采用超滤法对苹果酒进行澄清,在单因素的基础上,通过响应面设计建立了温度、操作压力、进料流速对膜通量影响的模型。结果表明:3个因素对苹果酒澄清的影响大小依次为温度、操作压力、进料

流速;经过优化后得到了最佳工艺参数为:操作压力 0.7 MPa,流速 5.6 mL/min,温度 24℃。此条件下的苹果酒的膜通量为 14.38 L/(m²·h),透光率为 98.72%,超滤处理后,影响苹果酒稳定性的总蛋白含量,多酚含量都得到明显的降低,糖度、酸度、酒精度都变化不大,原酒的固有滋味和品质得到了较好保留。

参 考 文 献

- 祝战斌,马兆瑞. 苹果酒澄清工艺的研究[J]. 食品工业, 2008(4): 35~37.
Zhu Zhanbin, Ma Zhaorui. Study on processes of clarification of cider [J]. The Food Industry, 2008(4): 35~37. (in Chinese)
- 王晓静. 苹果酒的浑浊原因和澄清技术研究[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(2): 35~37.
Wang Xiaojing. Reasons of cider turbidity and its clarify technology [J]. Food and Nutrition in China, 2011, 17(2): 35~37. (in Chinese)
- 蔚慧. 葡萄酒澄清技术的研究[J]. 科技信息, 2008(20): 380,421.
- 何志刚,李维新,林晓姿,等. 壳聚糖澄清杨梅果酒的影响因素与效果评价[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 199~202.
He Zhigang, Li Weixin, Lin Xiaozhi, et al. Factor analyses and effect evaluation for the clarification of waxberry wine with chitosan [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(8): 199~202. (in Chinese)
- 冉艳红,于淑娟,杨春哲. 壳聚糖在苹果酒澄清中的应用[J]. 食品科学, 2001, 22(9): 38~40.
Ran Yanhong, Yu Shujuan, Yang Chunzhe. Study on chitosan clarification of cider [J]. Food Science, 2001, 22(9): 38~40. (in Chinese)
- 张拥军,何杰民,蒋家新,等. 不同处理工艺杨梅果汁风味成分的电子鼻检测[J]. 农业机械学报, 2010, 41(12): 134~137.
Zhang Yongjun, He Jiemin, Jiang Jiabin, et al. Electronic nose monitoring for Myrica Rubra juice using different treatment techniques [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(12): 134~137. (in Chinese)
- 许英一,徐雅琴,崔崇士. 超滤澄清南瓜汁工艺的研究[J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(3): 39~41.
Xu Yingyi, Xu Yaqin, Cui Chongshi. Studies on application of ultrafiltration in pumpkin juice [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2008, 39(3): 39~41. (in Chinese)
- 钱志伟,焦镛,石明生. 超滤澄清龙眼果汁的研究[J]. 果树学报, 2011, 28(4): 641~644.
Qian Zhiwei, Jiao Lei, Shi Mingsheng. Clarification of longan juice by ultrafiltration [J]. Journal of Fruit Science, 2011, 28(4): 641~644. (in Chinese)
- 李华兰. 超滤澄清桑果醋技术的研究[J]. 中国调味品, 2009(2): 64~66.
Li Hualan. Study on ultrafiltration of mulberry vinegar [J]. China Condiment, 2009(2): 64~66. (in Chinese)
- 龚彦文,申艳敏,程雪妮. 橙汁超滤澄清工艺研究[J]. 食品科技, 2010(7): 131~134.
Gong Yanwen, Shen Yanmin, Cheng Xueni. Study on the process of orange juice clarification by ultrafiltration membrane [J]. Food Science and Technology, 2010(7): 131~134. (in Chinese)
- 谢梓峰,沈飞,苏仪,等. 食醋超滤澄清研究[J]. 中国酿造, 2009(7): 124~127.
Xie Zifeng, Shen Fei, Su Yi, et al. Clarification of vinegar by ultrafiltration [J]. China Brewing, 2009(7): 124~127. (in Chinese)
- 梁茂雨,樊振江,高愿军,等. 超滤澄清黄金梨干酒的研究[J]. 食品科学, 2001, 28(7): 212~214.
Liang Maoyu, Fan Zhenjiang, Gao Yuanjun, et al. Study on application of ultrafiltration in clarification of Hwang kumae wine [J]. Food Science, 2001, 28(7): 212~214. (in Chinese)
- 朱洪光,王旦一. 混凝预处理厌氧发酵液对超滤膜通量的影响[J]. 农业机械学报, 2012, 43(4): 93~99.
Zhu Hongguang, Wang Danyi. Influence of coagulation pretreatment on UF membrane flux of anaerobic fermentation slurry [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(4): 93~99. (in Chinese)
- Yazdanshenas M, Tabatabaeenezhad A R, Roostaazad R, et al. Full scale analysis of apple juice ultrafiltration an optimization of diaphragm [J]. Separation and Purification Technology, 2005, 47(1~2): 52~57.
- Pereira C C, Rufino J M, Habert A C, et al. Membrane for processing tropical fruit juice [J]. Desalination, 2002, 148(1~3): 57~60.
- 叶琼兴,郑必胜. 超滤法澄清西番莲果汁的研究[J]. 食品研究与开发, 2007(7): 96~99.
Ye Qiongxing, Zheng Bisheng. Study on ultrafiltration of passion fruit juice [J]. Food Research and Development, 2007(7): 96~99. (in Chinese)
- Cassana A, Donato L, Drioli E. Ultra-filtration of kiwifruit juice: operating parameters, juice quality and membrane fouling [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(2): 613~621.
- GB/T 15038—2006 葡萄酒、果酒通用分析方法[S].
- 李静,聂继云,王孝娣. 福林酚法测定葡萄和葡萄酒中总多酚[J]. 中国南方果树, 2007, 36(6): 86~87.
Li Jing, Nie Jiyun, Wang Xiaodi. Folin phenol method for the determination of total polyphenols in grapes and wine [J]. South China Fruits, 2007, 36(6): 86~87. (in Chinese)
- 李志江. 考马斯亮蓝 G250 染色法测定啤酒中蛋白质含量[J]. 酿酒, 2008, 35(1): 70~72.
Li Zhijiang. Study on determination of protein content of beer by coomassie brilliant G-250 dye binding [J]. Liquor Making, 2008, 35(1): 70~72. (in Chinese)

Abstract: Moisture sorption isotherms of pure yacon powder (YP) and yacon powder with maltodextrin addition (YP-MD) (total solids ratio of yacon: maltodextrin = 1:1) were determined at different temperatures (15, 25 and 35°C) by static gravimetric method. The best model for describing yacon adsorption characteristic was determined through seven models fitting analyses. Thermodynamic properties, namely net isosteric heat of sorption, differential entropy, enthalpy-entropy compensation and spreading pressure, were determined from sorption isotherm data of yacon. The effect of maltodextrin (MD) on the sorption characteristics and thermodynamic properties were also discussed. The results show that the sorption behaviour of yacon follows a type III isotherm; GAB model is the best fit one for describing yacon adsorption characteristic for both YP and YP-MD. Equilibrium moisture content of YP and YP-MD increases with water activity (a_w). Addition of MD decreases the monolayer moisture content (M_0) of yacon. When temperature ranges from 15°C to 35°C, the M_0 of YP and YP-MD ranges from 15.04% to 9.04%, 8.80% to 5.91%, respectively. The net isosteric heat of sorption (q_{st}) and differential entropy (S_d) decreases with the increasing of moisture contents. The q_{st} of YP and YP-MD decreases from 67.44 kJ/mol to 62.23 kJ/mol, and 66.17 kJ/mol to 62.12 kJ/mol as the moisture content increases from 6.33% to 75.29%. The value of S_d of YP is always higher than that of YP-MD. The spreading pressure of YP and YP-MD increases with increasing a_w , and decreases with increasing temperature. The value of spreading pressure of YP is always higher than that of YP-MD at fixed a_w and temperature. Through this study, a conclusion can be drawn at last that the driving force of moisture sorption for PY and PY-MD is entropy.

Key words: Yacon Moisture sorption isotherm Thermodynamic properties

(上接第 213 页)

- 21 罗安伟,刘兴华,任亚梅,等. 猕猴桃干酒超滤澄清技术的研究[J]. 中国食品学报, 2005, 5(2): 55~59.
Luo Anwei, Liu Xinghua, Ren Yamei, et al. Study on ultra-filtration clarification technique of kiwi fruit dry wine [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2005, 5(2): 55~59. (in Chinese)
- 22 Lin Chejen, Rao Pritesb, Shirazi Saqib. Effect of operating parameters on permeate flux decline caused by cake formation—a model study[J]. Desalination, 2005, 171(1): 95~105.
- 23 张军伟,傅大放,彭奇均,等. 响应面法优化酸水解稻秆制木糖的工艺参数[J]. 农业工程学报, 2009, 25(11): 253~257.
Zhang Junwei, Fu Dafang, Peng Qijun, et al. Optimized conditions for production of xylose by acid-hydrolysis of rice straw based on response surface methodology[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(11): 253~257. (in Chinese)

Application of Ultra-filtration Technology in Cider Clarification

Wang Zhouli¹ Wu Xiaohong² Yue Tianli¹ Zhang Nan¹ Guo Caixia¹ Yuan Yahong¹

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. College of Economics and Management, Northwest University of Politics & Law, Xi'an 710063, China)

Abstract: In order to improve the clarity and stability of cider, membrane ultra-filtration technology was used for clarification. Box-Behnken response surface methodology (RSM) was adopted to study effect of the key parameters pressure, temperature and feeding velocity on membrane flux. The results indicate that the order of three factors effects on membrane flux are as follow: temperature, pressure, feeding velocity. The optimal levels for cider clearing were obtained, including pressure of 0.7 MPa, temperature of 24°C, feeding velocity of 5.6 mL/min. Under optimized conditions, the luminousness of cider is 98.72%, the membrane flux is 14.38 L/(m²·h), and the flavor and quality of cider are satisfactory.

Key words: Cider Ultra-filtration Clarification Response surface