

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.04.016

骨提取液的梯度膜法浓缩研究

岳鉴颖, 贾伟, 张春晖, 李侠

(中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193)

摘要:针对传统浓缩工艺耗能高、产品品质低等问题,设计了一种基于微滤-反渗透梯度串联膜浓缩方法用于骨提取液的浓缩。新鲜原料骨破碎后,配成质量分数为33%~40%的鸡骨渣悬浮液加入到提取罐内,在0~0.3 MPa的压力下经过30~120 min热压抽提后得到骨提取液。提取液经过静置除渣、脱脂后,利用微滤-反渗透膜循环梯度浓缩至Brix 5°~50°,然后进行调和、杀菌操作。该技术应用膜法梯度浓缩技术,能够在较低的温度下除去骨提取液中的水分,显著减少了骨提取液的营养和风味损失,降低了能耗与生产成本。

关键词:畜禽骨;提取液;膜浓缩;微滤;反渗透

中图分类号:TS251.94

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2016)04-0076-04

Concentration of Bone Extracts Using Gradient Series Membrane

YUE Jianying, JIA Wei, ZHANG Chunhui, LI Xia

(Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: A concentration system of microfiltration and reverse osmosis membrane was designed for the concentration of bone extracts to substitute traditional process, which always consumed lot of energy and decreased the quality of products. After being broken into blocks, the fresh bone material was added to extraction tank with water (33%~40%, w/w) to prepare bone extracts, and the hot pressure extraction time was 30~120 min at 0~0.3 MPa. After standing in slag and degreasing, bone extracts was concentrated to brix of 5°~50° using microfiltration and reverse osmosis membrane, which was followed by blending and sterilization operation. This gradient series membrane could remove water from bone extracts at the lower temperature, and thus decreasing the loss of nutrition and flavor. In addition, this technology could reduce the consumption of energy and cost of production.

Key words: livestock bone; bone extracts; membrane concentration; microfiltration; reverse osmosis

我国是动物源食品生产和消费大国,每年产生大约1 200万t的可食性畜禽骨,占世界产量的30%左右,折合约200万t动物蛋白,可满足7 500万人的年蛋白需求^[1]。畜禽骨中含有丰富的蛋白质、脂类、矿物质等营养成分,具有很高的开发价值^[2]。骨产品的加工利用,可实现资源再利用,提升屠宰副产品价值^[3]。畜禽骨经过深加工后,可开发出新型、天然、绿色、营养的骨汤、骨素等骨源食品,提高肉品加工企业的综合效益^[4]。但是,传统工艺中整个提取、真空浓缩、调和等过程均需燃煤供应水蒸气加热,能耗较大。其中真空浓缩占到整个生产线能耗的60%以上,而且

导致骨提取液的风味物质逸失,品质降低^[5]。

膜分离技术是指利用高分子半透膜的选择性使溶剂与溶质或溶液中不同组分加以分离的一种方法^[6]。微滤和反渗透等膜分离技术可根据物料分子特性不同,将不同分子量的物质分离,显著提高分离效率^[7],并且具有操作简单、能耗低、可在常温下连续操作、无相变过程等优点^[8],特别适用于热敏性物质的处理,因而广泛应用于食品领域^[9]。但是单一膜浓缩技术仍存在很多问题,如样品浓缩倍数受设备压力限制、不可逆污染严重等。近年来,随着膜材料、膜组件以及渗透蒸馏膜技术的发展,集成膜技术应运而生,实现了多

收稿日期:2016-05-11;修回日期:2016-06-20

基金项目:国家农业科技创新工程。

作者简介:岳鉴颖(1991),女,河北沧州人,硕士研究生,主要研究方向为肉品加工技术。E-mail:dr_zch@163.com

种膜分离过程的有机结合,克服了单一膜浓缩的缺点^[10]。本文研究了微滤-反渗透串联集成膜浓缩工艺,为膜法浓缩骨提取液的工业化生产提供依据。

1 骨提取液的梯度膜浓缩工艺流程

膜法浓缩骨提取液的工艺流程如图1所示。以新鲜骨为原料,经过破碎、高温热压抽提、静置分离得到纯净提取液后,采用微滤结合反渗透的方法浓缩汤料,最后经调和、杀菌后得到成品。具体操作如下:

1) 提取液制备。选取新鲜骨为原料,经破骨机破碎后冲洗干净。将预处理后的鸡骨渣配成质量分数为33%~40%的悬浮液加入到提取罐内,在0~0.3 MPa的压力下经过30~120 min热压抽提后得到Brix为3°左右的骨提取液,经静置出渣、脱脂,得到待浓缩的骨提取液。

2) 微滤膜浓缩。将所得到的骨提取液首先进入到提取液暂存罐内,料液经过过滤精度至少为75 μm的保安过滤,以防止坚硬的微粒对后期膜浓缩造成的损害。过滤后提取液在高压离心泵的作用下进入到陶瓷膜的微滤浓缩系统。使用循环法将提取液浓缩到Brix 13°~15°,所得滤出液进入到单独收集罐,浓液则循环回暂存罐内。

3) 反渗透一级浓缩。经过陶瓷膜微滤浓缩后的滤液进入到第一级反渗透膜浓缩系统当中,在多级高压离心泵的作用下滤出液同样进行循环浓缩,所得滤出液为纯水进入到单独收集罐,浓液则循环回一级反渗透循环罐内。

4) 反渗透二级浓缩。体积浓缩至60% (脱除40%水分)的提取液进入到第二级反渗透膜浓缩系统当中,在多级高压离心泵的作用下滤出液同样进行循环浓缩,所得滤出液为纯水进入到单独收集罐,浓液则循环回二级反渗透料液罐内,浓缩至Brix 26° (脱除80%水分)。

5) 调和、杀菌。将微滤与二级反渗透浓缩液混合,得到Brix 18°~20°的浓缩液,加入食盐调和,杀菌后包装。

2 梯度膜浓缩设计原理

梯度膜浓缩分为2个阶段:微滤过滤阶段和反渗透浓缩阶段。其中微滤过滤阶段使用陶瓷膜完成;反渗透浓缩阶段使用一级反渗透膜完成。2套系统共同构成了完整的集成膜过滤工艺系统。

2.1 微滤过滤阶段

微滤过滤系统由保安过滤器1、高压泵2、陶瓷膜循环罐3、一级陶瓷膜4、二级陶瓷膜5和一级反渗透

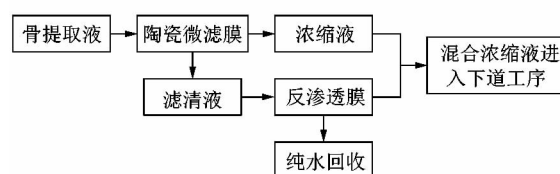
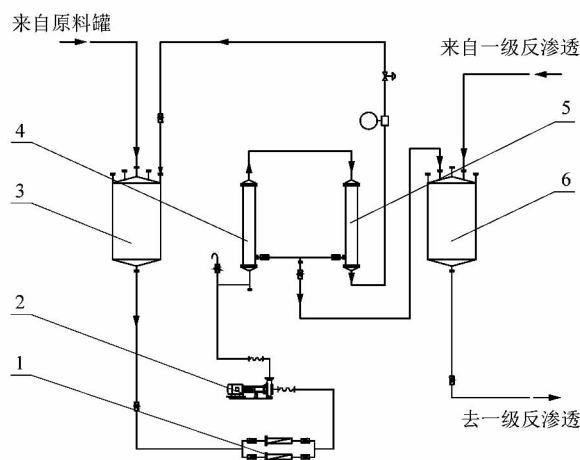


图1 膜法浓缩骨提取液工艺流程图

Figure 1 Concentrated flow chart of bone extracts by membrane

循环罐6构成,如图2所示。陶瓷膜的基本构成为99% α - Al_2O_3 ,膜材料为 ZrO_2 ,有37个通道,通道直径为2.6~2.8 mm,滤膜孔径为5~50 nm,膜进口压力0.3~0.6 MPa。



1—保安过滤器;2—高压泵;3—陶瓷膜循环罐;4—一级陶瓷膜;5—二级陶瓷膜;6—一级反渗透循环罐。

图2 陶瓷膜浓缩骨提取液工艺流程图

Figure 2 Concentrated flow chart of bone extracts by ceramic membrane

过滤时,提取液进入到陶瓷膜循环罐3中,经过保安过滤器1通过高压泵2进入到一级陶瓷膜4中,在泵压力作用下串联的二级陶瓷膜5与一级陶瓷膜4一样产生的滤清液进入到一级反渗透循环罐6中,而浓液则回到陶瓷膜循环罐3。当一级反渗透循环罐6的料液达到一定液位后,料液进入到二级反渗透膜浓缩系统进行浓缩。

2.2 二级反渗透膜浓缩阶段

二级反渗透膜浓缩系统由料液泵7、反渗透高压泵8、一级反渗透膜9、二级反渗透料液罐10、二级反渗透高压泵11、二级反渗透膜12构成,如图3所示。反渗透膜为聚酰胺复合膜,型号为8040(高温膜)。

当一级反渗透循环罐6的料液达到一定液位后,

启动料液泵7,将陶瓷膜滤清液经过反渗透高压泵8进入一级反渗透膜9,同样在二级反渗透高压泵8的作用下,产生的RO纯水收集后回用,而浓液则回到一级反渗透循环罐6。

当一级反渗透料液的体积浓缩至60%(脱除40%水分)后,切换阀门将部分一级反渗透料液泵送至二级反渗透料液罐10中,开动二级反渗透高压泵11,在二级反渗透高压的作用下,产生的RO纯水收集后回用,而浓液则回到二级反渗透料液罐10,如此循环操作直至Brix 26°(脱除80%水分)。

3 经济效益分析

以Brix 3°的2 000 L骨提取液浓缩到Brix 20°浓缩用时为1 h为例,比较双效真空蒸发器浓缩与梯度串联膜浓缩的运行成本,见表1。

表1 双效真空浓缩与膜浓缩效益对比表

Table 1 Comparison of benefits of double effects vacuum concentration and membrane concentration

方法	陶瓷微滤膜 成本/元	反渗透膜 成本/元	泵能耗/ (kW·h)	蒸气/t	冷却水 消耗量/t	清洗 成本/元	综合运行 成本/元
梯度串联膜浓缩	5.0	5.0	59.0	0.00	0.00	2.0	59.20
双效真空蒸发器	0.0	0.0	16.5	1.19	3.45	0.5	357.25

1) 膜成本。该研究中的梯度串联膜浓缩设备包括122根陶瓷微滤膜和4根反渗透膜,单价分别为1 230元/根和15 000元/根,寿命分别为5 a和2 a。按工厂每年运作300 d,每天运行20 h计算,则陶瓷微滤膜和反渗透膜的成本均为5元/h。

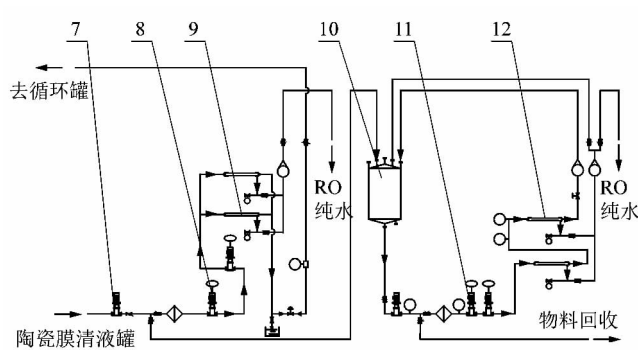
2) 泵能耗。梯度串联膜浓缩的加压泵和双效真空蒸发器浓缩的泵(真空泵和循环泵)能耗分别为59 kW·h和(5.5+11)kW·h,工业用电按0.8元/kW·h计算,成本分别为47.2元和13.2元。

3) 蒸气。以天然气为例,双效真空蒸发器的蒸气系数为0.7,2 000 L骨提取液从Brix 3°浓缩到Brix 20°去除水量为1.7 t,所以蒸气消耗量为 $0.7 \times 1.7 = 1.19$ t,天然气按280元/t蒸气计算,成本为 $1.19 \times 280 = 333.2$ 元。

4) 冷却水消耗。冷却水消耗主要为风吹损失和蒸发损失,风吹损失一般为循环水流量的0.2%~0.3%。取0.2%,循环水流量按150 m³/h计算,则冷却水风吹损失为 $0.2\% \times 150 = 0.3$ t;蒸发损失水量公式为

$$Q_e = K\Delta t Q$$

式中: Q_e 为蒸发损失水量/(m³·h⁻¹); Δt 为冷却塔进出水的温度差/℃; Q 为循环水量/(m³·h⁻¹); K 为系数/(℃⁻¹),气温20℃时 K 值为0.001 4。



7—料液泵;8—反渗透高压泵;9—一级反渗透膜;10—二级反渗透料液罐;11—二级反渗透高压泵;12—二级反渗透膜。

图3 二级反渗透膜浓缩骨提取液工艺流程图

Figure 3 Concentrated flow chart of bone extracts by two stages of reverse osmosis membrane

蒸发水温度变化为5~20℃,则冷却水蒸发损失量为3.15 t。冷却水消耗共 $0.3 + 3.15 = 3.45$ t,工业用水按3.0元/t计算,成本为 $3.45 \times 3.0 = 10.35$ 元。

5) 清洗成本。梯度串联膜浓缩和双效真空蒸发器浓缩清洗成本分别为2元和0.5元。

6) 综合运行成本:双效真空蒸发器1 h的综合运行成本为: $13.2 + 333.2 + 10.35 + 0.5 = 357.25$ 元,而梯度串联膜1 h的综合运行成本仅为: $5 + 5 + 47.2 + 2 = 59.2$ 元,成本降低了83.43%。

7) 节能。电力的热值一般有2种计算方法:一种是按理论热值计算,另一种是按火力发电煤耗计算。理论热值是按每千瓦时本身的热值(3 600 kJ)计算;火力发电煤耗按国家统计局每千瓦时等价于11 840.43 kJ热量作为电力折算系数计算^{[11]28}。梯度串联膜浓缩共耗电59 kW·h,按火力发电煤耗计算,相当于消耗热量 $59 \times 11 840.43 = 698 585.37$ kJ,双效真空蒸发器共耗电 $11 + 5.5 = 16.5$ kW·h,相当于消耗热量 $16.5 \times 11 840.43 = 195 367.10$ kJ。每千克温度为220~260℃的蒸气可提供热量2 846.48 kJ^{[11]29},1.19 t蒸气可提供热量 $1.19 \times 1 000 \times 2 846.48 = 3 387 311.20$ kJ,则双效真空蒸发器共消耗热量

(下转第82页)