

液膜分离技术及其在生物、食品工业下游处理中的应用

陆丽丽 陈舜胜 陈有容

(上海水产大学食品学院,上海,200090)

摘要 液膜分离技术(liquid membrane technique)是近年来发展起来的分离、纯化和浓缩一步完成的新型分离技术,具有专一、高效、快速,经济简便等特点。文章中介绍了液膜的组成和类型、分离纯化浓缩的机理和其不稳定性等特性,叙述了其在脂肪酸、手性化合物、蛋白质、酒及果蔬汁等下游处理中的应用。此外,展望了其在生物、食品工业中的应用前景和发展方向。

关键词 液膜,分离,生物,食品,下游处理

1968年,美籍华人黎念之博士在研究了甲苯-正庚烷和其他体系的乳化液膜的渗透特性后,首次提出液膜技术的概念及其基本原理,奠定了液膜分离技术的理论基础;1987年,Draxler采用液膜法,从粘胶废液中回收锌的中等规模运转获得成功,迈出了液膜工业化应用的第一步。此后,人们对液膜技术的膜结构和迁移机理的研究不断深入,并克服了超滤、纳滤、电渗析及反渗透等固膜技术的膜选择性、通量、流动性和机械强度等不足。在此基础上,液膜厚度减薄,选择性增强,物质穿膜扩散系数增大,透过速率跃增,浓缩倍数增大,并实现了生物膜的高度选择性迁移,操作更为简单。自此,液膜技术在冶金、环保、医药、生物和食品等领域得到了广泛的研究和应用。

现代生物和食品工业中的下游处理,比较繁杂而且成本高达总生产成本的20%~60%。作为一种新型的下游分离技术,液膜技术具有高精度、大通量、低扩散、高生产率、无二次污染和低成本等特点^[1]。它快速有效地逆浓度梯度回收传递溶质;萃取与反萃取同时进行,分离与浓缩一步完成,快速简便、能耗低;可大面积萃取,规模化生产相对容易;适合处理低浓度溶液;尤其是通常在较温和的室温下操作,活性、风味和营养损失小,不发生相变且化学品用量低^[2,3]。液膜技术在生物和食品工业的下游处理中,活性、风味和营养损失小,不发生相变且化学品用量低;尤其适合生物活性、热敏性和传统方法较难分离的物理化学性质近似的物质的分离以及低浓度溶液的处理。因而作为生物、食品和化学工业一种新的分离纯化和浓缩方法受到普遍关注。

1 液膜分离技术类型与机理

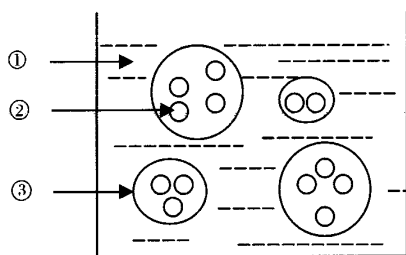
液膜模拟生物膜的结构,通常由膜溶剂、表面活性剂和流动载体组成。它利用选择透过性原理,以膜两侧的溶质化学浓度差为传质动力,使料液中待分离溶质在膜内相富集浓缩,分离待分离物质。液膜分离技术(liquid membrane permeation, LMP),利用这种分离原理分离、纯化,属于物理分离过程,是一种有效的工业化分离技术。它是受生物膜选择透过性运输功能和固膜技术的启发,将膜分离与溶媒萃取相结合,使选择性渗透、膜相萃取和膜内相反萃取3个传质环节同时完成。一般认为膜两侧相界面上传质分离过程存在简单扩散、化学反应、选择性渗透、萃取和反萃取及吸附等。液膜的分离效率,关键在于其稳定性和选择性载体的选择。

1.1 液膜分离技术及其类型

液膜分离体系包括膜相、内相和外相。膜相是由膜溶剂、表面活性剂和流动载体组成的液膜。膜溶剂是膜相的主要成分,类似生物膜的类脂,一般为水或有机溶剂,选择的依据是液膜的稳定性、对载体及溶质的溶解性、安全性和对生物活性无破坏。表面活性剂应根据分离物质的性质对其进行选择,分为阴离子型、阳离子型和非离子型等,它促进成膜液体的乳化、液膜稳定和选择渗透。流动载体的功能类似生物膜中蛋白质载体的功能,是液膜分离技术的关键,要求迁移待分离溶质的选择性好、通量大,对分离速度起决定性作用;它实际上是萃取剂,配合适宜的反萃取剂,才能达到分离效果。适当的载体可以几十甚至上百倍的提高分离效率。内相即接受相或反萃相。外相即待分离原料液或被萃取相。目前生物和食品工业中,载体基本上都是一种季铵盐。按构型和操作方式的不同,液膜主要分为乳化液膜(emulsion liquid

第一作者:硕士研究生(陈舜胜教授为通讯作者)。
收稿日期:2005-09-22,改回日期:2006-05-22

membrane, ELM)和支撑液膜(supported liquid membrane, SLM),如图1和图2所示。



① 外相 ② 内相 ③ 膜相

图1 乳化液膜

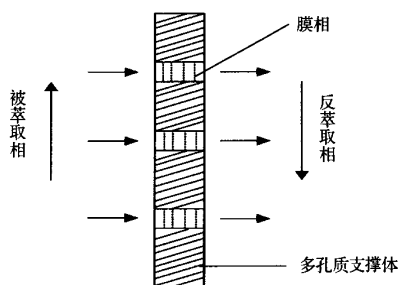


图2 支撑液膜

ELM是先将不互溶的内相与膜相充分搅拌乳化,再在搅拌条件下将其分散在外相制成,它实际上是一种多重乳状液,比表面积和对极性溶剂容量大。被液膜隔开的内外相溶液是亲水相,液膜为油包水型(W/O/W);被隔开的两溶液是亲油相,液膜为水包油型(O/W/O)。油包水乳化液膜用于水溶液体系;水包油乳化液膜用于有机溶液体系。ELM技术工艺流程包括乳化液制备、待分离溶质由膜相向内相渗透并富集和将膜相与内相分离的解乳化。膜相可回收利用,回收内相可作为试剂使用。乳化液的稳定及破乳比较困难。同时具有高渗透性、高选择性与高稳定性的ELM体系制备的研究,仍须进一步完善。

SLM是近年来开发的属隔膜型的一种液膜技术,将支撑体(多孔惰性基膜)浸在溶有载体的膜相中,借助于表面张力和毛细管力使膜相充满支撑体的微孔即制成,分离界面相对稳定并可承受较大压力。一般认为聚乙烯和聚四氟乙烯支撑的疏水微孔膜效果较好。如何降低其传质阻力及如何使液膜长期“固定”在支撑体中的问题,仍须进一步加以研究。

1.2 液膜分离纯化和浓缩的机理

液膜分离源于膜结构和迁移机理研究的突破,模拟生物膜选择透过性原理,利用液膜两侧溶质浓度

差,使待分离物质在内相富集。其分离纯化和浓缩机理主要分为以下两大类。

1.2.1 ELM的分离纯化和浓缩

(1) 非流动载体分离纯化和浓缩。液膜不含流动载体时,待分离组分(如A和B)在膜中扩散系数与分配系数(主要因素)不同,若分配系数 $K_A > K_B$,A透过膜的速度大于B,两者从而实现分离,但此过程不产生浓缩效应,被称为单纯扩散迁移。可在内相添加能与溶质A发生不可逆化学反应的试剂,使A与其生成不能扩散透过膜的产物,从而保持渗透溶质在膜两侧有最大浓度差,促使溶质快速高效转移并产生浓缩效应,这种机理也称为I型促进迁移,在生物产品的分离中应用较多。

(2) 含流动载体的分离纯化和浓缩。膜相中添加的可自由流动的载体,能选择性地与外相中待分离物质结合后透过膜相并将其送入内水相,载体又扩散到外相侧,重复上述过程。整个过程消耗的只是内相中的试剂。此类液膜的传质,实质为选择性促进传递过程,极大的提高了渗透溶质在膜中的有效溶解度,大大增加了膜内浓度梯度,提高了输送效果。这种机理也称为II型促进迁移。

1.2.2 SLM的分离纯化和浓缩

SLM中待分离的溶质自原料液经多孔支撑体中的膜相向反萃相传递,比ELM简单,能耗也降低,对分离物的回收及溶液的再利用不需要破乳。但使用过程中,膜相易流失从而使其分离功能逐渐降低。

1.3 液膜的稳定性

液膜的稳定性是影响分离效率的关键问题之一,也是大规模工业面临的主要问题。膜配方及其与原料液的接触条件是影响液膜稳定的主要因素。膜在中性介质中稳定;内外相pH、溶质浓度差异,温度及内水相粒度都会影响膜稳定性。不稳定性主要为膜的溶解破裂和溶胀。

(1) 膜的溶解、破裂(leakage)。这是常见问题,会使膜稳定性和寿命缩短,从而影响分离效果并造成液膜体系损失。内相中经常含有某些试剂,膜溶解破裂后可能改变外相条件,阻碍分离,并造成外相的污染。选择适当的膜相配方、制乳和提取条件,可严格控制膜破裂。

(2) 膜溶胀(swelling)。实质上是外相水溶液进入内相使膜体积胀大的过程,外相水的进入既造成了内相中已被浓缩物质的稀释,也减少了传质推动力。它有2种可能的机理:亲水性表面活性剂水(合)化机

理及外相水溶液的反胶团机理。ELM 溶胀后更易破裂,可能不易破乳且乳液破损也直接影响分离效率。ELM 用于分离浓缩生物产品时,溶胀的影响特别突出。选用水合作用小、形成胶束少的表面活性剂或增大其浓度、屏蔽其水合作用,增加膜粘度和厚度,减小内外水相的渗透压差能够减少膜溶胀。

2 液膜分离技术在生物、食品工业下游处理中的应用

2.1 液膜技术在脂肪酸分离中的应用

混合脂肪酸组分物理性质近似,从由不同双键和碳原子的多种脂肪酸组成的鱼油中分离较高纯度多不饱和脂肪酸(PUFA)组分较困难。 Ag^+ 在硝酸银水溶液中可以络合不饱和有机物并形成疏水性复合物。以 Ag^+ 为载体的水包油 ELM 能使 PUFA 乙酯(PUFA-E),如 EPA-E 和 DHA-E,有效地被萃取入硝酸银溶液,使脂肪酸组分分离^[4~9]。SLM 也可用于低碳链挥发性脂肪酸的分离。

Teramoto, Nakano 和 Yoshiro 等^[4~7]用 Ag^+ 为载体的 ELM 进行了 PUFA 组分分离的研究。发现液膜的稳定性是获得高纯度的高回收率的 PUFA 最重要因素。PUFA-E 在水相和在有机相中的分配比大大地依赖于有机溶剂的种类。以正十二烷作为有机溶剂时,EPA-E 的分配比是间二甲苯作有机溶剂时的 18 倍。EPA-E 能逆浓度梯度从正十二烷溶液穿过膜传递到间二甲苯溶液。 Ag^+ 浓度最合适时,86%的 PUFA 在几秒钟内被分离且纯度为 98%^[6]。6 个碳碳双键的 DHA-E 的传质速率比 1 个双键的脂肪酸的快得多,表明液膜能根据双键数目的差异分离多不饱和脂肪酸酯^[7]。

Gyeongho-Han^[8]用液膜研究鱼油中脂肪酸的分离,研究了不同条件下脂肪酸(FA)在液膜中的传质。接受相含质量分数为 3% NaHCO_3 ,膜相含质量分数为 3% 表面活性剂提高了 FA 传质速率并增强了膜的稳定性。连续相中大约 85% FA 被分离。实验结果与他们提出的数学模型吻合。Nuchnoi 等^[9]用 SLM 研究挥发性脂肪酸(VFA)的萃取,测定了萃取率,并观察到只有未被解离的 VFA 形式能够穿过 SLM。膜内的氧化三辛基膦(ToPo)与 VFA 的复合物可增加 VFA 的透过率。他们认为 VFA-ToPo 复合物在膜内的扩散是限速步骤。

此外,日本森永乳业已成功采用膜乳化法替代搅拌乳化,减小脂肪颗粒,生产低脂化的冰淇淋,脂肪含

量可由一般的 40% 左右降至 25% 以下。分散相水含量的增加,降低了脂肪率,制品在很长时间内仍保持稳定,然而脂肪率的下降使得口感下降。改变多孔质膜的孔径可解决此问题^[10]。

2.2 液膜技术在手性化合物分离中的应用

手性化合物物理化学性质极其相似,拆分相当困难,其分离的传统工业化方法结晶、酶法、消化和色谱分离,将对映体混合物转换成非对映异构体使之分离。色谱法预处理量大,成本高且不易放大;结晶、酶法及消化法耗时且产品纯度低。手性拆分液膜,是将具有手性选择能力的载体溶解于膜溶剂中,通过与某个对映异构体特异性结合,将其从原料运输到内相,从而实现手性分离。因而手性拆分液膜传输速度快,能耗低并易于工业放大。

Ha 等^[11]研究由 D, L- 氨基酸甲酯混合物中分离 L- 氨基酸的工艺,膜内相为 α -胰凝乳蛋白酶,膜相为 94% 煤油、5% span80 和 1% 载体 Adogen464,发现膜内相 pH 是影响酶活性最重要的变量,膜的组成特别是粘度对酶的活性和乳化稳定性影响很大。Pickering 等^[12]报道了以 ELM 从 D, L- 苯丙氨酸混合物中分离 D- 苯丙氨酸,手性载体 N- 癸基-L- 羟脯氨酸铜溶解于膜溶剂己醇和癸烷中。实验发现乳液扩散是主要的传质阻力。尽管由于质量作用效应,手性选择率随时间增加而降低,内部水相 pH 较低、膜相己醇和 Paranox106 浓度较高时,手性选择率可达 2.4。他们提出的简单的外相界面反应限制模型,实验发现能很好地体现初始、平衡阶段的特征。Pickering 等^[1]也用手性 ELM 从工业排出液中萃取分离 D, L- 苯丙氨酸和 D, L- 乳酸,研究了 Cl^- 存在时的协同运输(co-transport)机制,并提出热和光度的背景萃取(back-extraction)方法,使整个液膜的选择性提高。乳酸的萃取率因为其他阴离子的存在,由模型液分批萃取可超过的 75% (2 min 内)下降到 20% 左右。

2.3 液膜技术在蛋白质分离中的应用

溶媒萃取、反胶团萃取等法萃取蛋白质,原料利用率和蛋白质活性保持较差。蛋白质因为通过液膜时相对易失活,一般也不直接用液膜分离。结合反胶团的液膜^[13, 14],膜相中的反胶团作为蛋白质载体,在膜相中往返输送蛋白质,发挥流动载体的功能,具有迅速大量分离蛋白质的优势。反胶团,也称反胶束,是表面活性剂分散于连续有机相中自发形成的纳米尺度的一种聚集体,是透明的、热力学稳定的系统。SLM 色谱法也可以用于蛋白质分离。

Tsai 等^[13]以反胶团作为 SLM 载体萃取了 α -胰凝乳蛋白酶,通过测定回收率发现此方法萃取酶是一个可行的方法。Armstrong 等^[14]用此法完成了牛血清白蛋白、溶菌酶、细胞色素 C 和肌红蛋白的萃取。Stobbe 等^[15]用结合反胶团的 ELM 分离蛋白质。两种表面活性剂 Span80 和 AOT 分别用来稳定膜和内建反胶团。以 α -胰凝乳蛋白酶作为模型蛋白质,研究了膜相中的 AOT 的浓度和外相中的离子强度的影响,并提出 3 步萃取的机理——溶解、传质及释放。实验获得最大 98% 的萃取率,并保留了 60% 的酶活性。此外,他们也对该技术可能的工业应用进行了讨论。谷敬伟^[16]用反胶团 ELM 进行了萃取溶菌酶的实验研究,确定了能够用于萃取溶菌酶的稳定的反胶团乳化液膜的膜相组成。

Ghosh^[17]用 SLM 色谱法分离了单克隆抗体(MAB)和牛血清白蛋白(BSA)。SLM 的制备首先通过推动正己醇穿过 PVD 膜,然后逐渐与 pH 7.2 磷酸钠缓冲液接触,使 MAB 结合在 SLM 上。该法运用了疏水相互作用膜层析。SLM 在高盐离子浓度时结合 MAB 从而实现两者的分离。

2.4 液膜技术在酒类分离中的应用

酒类中需要分离的主要是酒精及其他杂质。生产低醇啤酒,减压蒸馏蒸发会改变风味。反渗透、渗析及液膜技术等膜技术可以较好的保留酒类的质量特性。液膜特有的高效、快速、专一等特点引起了研究者的极大兴趣。液膜也可除去酒中的胺类。

Etuk 等^[18-20]用 ELM 从啤酒中分离酒精并提出了传质机理,提出的传质扩散模型可以准确预测酒精的去除。制成了低酒精、口感、风味等质量特性不变的啤酒。表面活性剂卵磷脂质量分数 30% 及油水体积比 1.61 时膜稳定,分离速率与膜稳定性受混合速度、乳液相体积比和初始酒精含量的影响。该法避免了膜受到高压力和经常换膜。Romero 等^[21]用多元最优化 SLM 萃取酒中的生物胺(biogenic amine),阴离子载体为 2-乙烷基磷酸。实验发现,从西班牙酒中萃取生物胺的效率值和萃取合成胺标准溶液获得的值无显著差异。

2.5 液膜技术在果蔬汁等其他物质分离中的应用

果蔬汁的澄清、脱苦和浓缩,离心分离、硅藻土及纸析过滤等过程中,风味和营养(特别是维生素)损失较多;多级真空蒸发浓缩能耗及生产成本低;超滤、反渗透等的逐步应用以及膜联合过程可以生产高质量的果蔬汁。但固膜技术分离效率和浓缩倍数仍不

及液膜技术,液膜技术在此方面的应用已有报道。

Schaefer^[22]用 SLM 从猕猴桃汁中分离回收有机酸,可以从单成分体系和果汁中分离柠檬酸、苹果酸及奎宁酸,但不分离抗坏血酸,表明该技术用于果汁脱酸的潜力较大。载体为 Aliquat336/油醇(料液 pH 2.5~3.0 时)或 Alamine336/油醇(料液 pH 4.5 时),支撑体为 Celgard2500 和 2400。Khrolenko 等^[23]在毛细管电泳测定果汁中三嗪除草剂时,固相萃取预浓缩前,用 SLM 进行清洁、预处理。

液膜也可用于其他物质的分离。Hossain^[24]以载体 Aerosol OT/油醇和支撑体 Celgard2500 的液膜从溶液中萃取氨基糖、氨基酸和二肽,8 h 内约提取了溶液的 90%,效率较高。料液的 pH 影响氨基酸、二肽的萃取,但对氨基糖几乎没影响。增加载体浓度可促进氨基糖的萃取,但不能促进另外两者的萃取。液膜也可从有机酸和蔗糖糖蜜中提取食品酸化剂乌头酸^[25],从发酵液中分离羧酸和氨基酸等。

3 液膜分离技术在生物和食品下游工业中应用前景及发展方向

液膜分离作为分离科学与技术的一个新方法,在生物、食品工业下游处理中具有突出优势。(1)常温下分离组分并回收渗透溶质,原料的色香味、营养、有效和活性成分可以完整地保留,可用于回收热敏的物质和传统方法常温下不易分离物质,如部分脂肪酸、蛋白质和果蔬汁的分离;(2)可有效分离物理和化学性质近似等传统方法较难分离的物质,如混合脂肪酸、手性化合物等;(3)适合分离各种浓度的溶液(包括低浓度和高浓度溶液),如酶、三嗪除草剂等低浓度物质和酒精等高浓度发酵产物;(4)可与反胶团萃取等其他分离技术结合实现优势互补,如蛋白质等的分离;(5)可作为色谱等分析或浓缩方法的清洁和分离前处理,如某些除草剂的分离。目前,液膜技术在生物和食品方面的应用研究大多处于实验室阶段,作为新型的分离纯化和浓缩技术,液膜的溶解性、乳化性、破乳和稳定性、膜相成分的毒性、各种场合液膜组成及对特定分离过程有特定性质载体等仍然有待进一步研究和完善。此外,液膜浓缩的产品为液态,使其在生物和食品工业中的应用范围受到一定限制。

参 考 文 献

- Pickering, Southern. Clean-up to chirality-liquid membranes as a facilitating technology [J]. Journal of Chemical Technol-

- ogy and Biotechnology, 1997, 68 (4): 417~424
- 2 柳萍,周定,王建龙.液膜技术在发酵产物分离中的应用[J].食品与发酵工业,1994(1):79~82
 - 3 吕宏凌,王保国.液膜分离技术在生化产品提取中的应用进展[J].化工进展,2004,23(7):696~700
 - 4 Teramoto M, Matsuyama H, Nakai K, et al. Facilitated uphill transport of eicosapentaenoic acid ethyl ester through bulk and supported liquid membranes containing silver nitrates as carrier: a new type of uphill transport[J]. Journal of Membrane Science, 1994, 91: 209
 - 5 Nakano K, Kato S, Noritoni H, et al. Extraction of polyunsaturated fatty acid ethyl esters from sardine oil using Ag^+ -containing O/W/O emulsion membranes [J]. Journal of Membrane Science, 1996, 110: 219
 - 6 Kakoi Takahiko, Goto Masahiro, Kamachi Aki, et al. Silver-mediated separation of polyunsaturated fatty acids by oil-in-water emulsion liquid membranes[J]. Membrane, 1998, 23 (4): 204~212
 - 7 Yoshiro Kitamura, Hideto Matsuyama, Akihiro Nakabuchi, et al. Separation of Ethyl Ester of Docosahexaenoic Acid by Facilitated Transport Membrane with High Stability [J]. Separation Science and Technology, 1999, 34(2): 277~288
 - 8 Gyeongho-Han. Separation of fatty acids from fish oils by liquid membranes[J]. Dissertation Abstracts International-B, 1993, 54(10): 4 978
 - 9 Nuchnoi P, Yano T, Nishio N, et al. Extraction of volatile fatty acid from diluted aqueous solution using a supported Liquid membrane [J]. J Ferment Technol, 1987, 65: 301
 - 10 唐传核,朱高翔.膜乳化法及其在食品工业中的应用[J].食品与机械,1999,6(74):42
 - 11 Ha H Y, Hong S A. Proc ISEC, 1990, 1899
 - 12 Pickering P J, Chaudhuri J B. Enantioselective extraction of (D)-phenylalanine from racemic (D/L)- phenylalanine using chiral liquid membranes [J]. Journal of Membrane Science, 1997, 127(1): 115~130
 - 13 Tsai S W, Wen C L. Protein Extractions by Supported Liquid Membrane with Reversed Micelles as Carriers [J]. Journal of Membrane Science, 1995, 100: 87
 - 14 Armstrong D W, Li W Y. Highly selective protein separation with reversed micellar liquid membranes [J]. Anal Chem, 1988, 60: 86
 - 15 Stobbe H, Xiong Yunguang, Wang Zihao, et al. Development of a New Reversed Micelle Liquid Emulsion Membrane for Protein Extraction [J]. Biotechnology and Bioengineering, 1997, 53(3): 267~273.
 - 16 谷敬伟.反胶团乳液膜萃取溶菌酶的研究[D].北京化工大学硕士学位论文,19990501
 - 17 Ghosh. Bioseparation using supported membrane chromatography [J]. Journal of Membrane Science, 2001, 192(1/2): 243~247
 - 18 Etuk B R. Separation of alcohol from beer by liquid membrane technique [J]. Dissertation Abstracts International, B, 1989, 49(11): 4915
 - 19 Etuk, B-R; Murray, K-R. Potential to use liquid membranes for alcohol-reduced beer production [J]. Process Biochemistry, 1990, 25(1): 24~32; 92
 - 20 Etuk B R, Murray K R. Mechanism for the removal of alcohol from beer by emulsion liquid membranes[J]. Food and Bioproducts Processing, 1991, 69(C1): 27~34; 27
 - 21 Romero Roberto, Jonsson Jan Ake, Gazquez Domingo, et al. Multivariate optimization of supported liquid membrane extraction of biogenic amines from wine samples prior to liquid chromatography determination as dansyl derivatives [J]. Journal of Separation Science, 2002, 25 (9) : 584~592
 - 22 Schaefer A, Hossain MM. Application of liquid membrane processes for separation and production of organic acids from fruit juice [J]. Food Australia, 1996, 48 (2) : 75~79
 - 23 Khrolenko M, Dzygiel P, Wiczorek P, et al. Combination of supported liquid membrane and solid-phase extraction for sample pretreatment of triazine herbicides in juice prior to capillary electrophoresis determination [J]. Journal of Chromatography A, 2002, 975 (1) : 219~227
 - 24 Hossain M M. Extraction of amino sugars, amino acids and dipeptides by liquid membrane technology [J]. Food Australia, 2002, 54(10): 463~466; 15
 - 25 McMurray S H, Griffin G J. Extraction of aconitic acid from mixtures of organic acids and cane molasses solutions using supported liquid membrane [J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 2002, 77(11): 1 262 ~ 1 268; 25

Liquid Membrane Technique and Its Applications in the Industry of Biology and Food during Downstream Processing

Lu Lili Chen Shunsheng Chen Yourong

(College of food science, Shanghai Fishery University, Shanghai 200090, China)

ABSTRACT Liquid membrane technique is a novel separation technique which makes the separation, purification and concentration impossible in one step. It is more efficient, simple, economic and easy to operate with good specificity compared with the traditional separation methods. The specialties such as composition, type, separation mechanism and instability of liquid membranes were introduced in this paper, and their applications in the separation of lipid acids, chirality's compounds, proteins, wines and beers, as well as fruits and vegetables juice during downstream processing were reviewed. Its prospect in the industry of biology and food was discussed too.

Key words liquid membrane, separation, biology, foodstuff, downstream processing