

- [J]. J Dairy Sci, 1993, 76: 3812 - 3831.
- [21] Cox T M et al. Iron binding proteins and influx of iron across the duodenal brush border. Evidence for specific lactotransferrin receptors in the human intestine[J]. Biochim. Biophys. Acta, 1979, 588: 120.
- [22] Bellamy W Takase, M Wakabayashi et al. Antibacterial spectrum of lactoferricin B, a potent bactericidal peptide derived from the N - terminal region of bovine lactoferrin[J]. Journal of Applied Bacteriology, 1992, 73: 472 - 479.
- [23] Shin K, Yamauchi K et al. Antibacterial activity of bovine lactoferrin and its peptides against enterohaemorrhagic Escherichia coli O157: H7[J]. The Society for Applied Microbiology, 1998, 26: 407 - 411.
- [24] Wakabayashi, Hiroyuki. Bellamy, Wayne et al. Inactivation of *Listeria monocytogenes* by lactoferricin, a potent antimicrobial peptide derived from cow's milk[J]. Journal of Food Protection, 1992, 55(4): 238 - 240.

红曲霉产生的生理活性物质研究进展

童群义

(江南大学食品学院, 无锡 214036)

摘 要: 本文对红曲霉产生的生理活性物质如红曲色素、抑菌物质、酶类、HMG - CoA 还原酶、降血压物质、麦角固醇、桔霉素等进行了全面的论述。

关键词: 红曲霉; 生理活性物质

Abstract: This paper summarized the bioactive substances such as monascus pigment, antibacterial substances, enzymes, HMG - CoA reductase, antihypertensive substances, ergosterol and citrinin.

Key words: monascus; bioactive substances

中图分类号: Q949.32

文献标识码: A

文章编号: 1002 - 6630(2003)01 - 0163 - 05

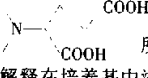
红曲霉是腐生真菌, 它属真菌门 (Eumycophyta), 子囊菌亚门 (Ascomycotina), 不整子囊菌纲 (Plectomycetes), 红曲科 (Monascaceae), 红曲霉属 (Monascus)。日本报导该属有 40 多种, 国内实际报导的有 17 种, 中科院微生物菌种保藏管理委员会正式编目的重要红曲霉有 8 种 48 个菌株。

红曲霉的利用在我国具有悠久的历史, 主要是利用其产生的红曲色素应用于食品的着色。最近几年来, 人们对红曲霉及其代谢产物的生产、应用、性质以及生理功能方面的研究日趋深入, 已取得了许多进展。综合各种资料, 红曲霉在生长过程中可以产生色素、抑菌物质、酶类、胆固醇生物合成抑制剂、麦角固醇、桔霉素等多种代谢产物。

1 红曲色素

红曲色素的结构可根据元素分析、熔点及混合熔点分析、薄层色谱、核磁共振、红外光谱、紫外光谱、旋光率和质谱等方法进行确定。1959 年至 1963 年间, 就已经弄清并确定红曲色素的结构式共有六种^[1]。但此后的二十年间, 对红曲色素的结构及其性质研究方面的进展不大, 也未有新的色素发现。1993 年, 郭东川

等^[2]从红曲霉 AS3.4617 菌株中分离到两种具有新结构的色素, 经分析: 其分子量分别为 397 和 425, 分子式可能为 $C_{23}H_{27}O_5N$ 和 $C_{25}H_{31}O_5N$ 。该分子的核磁共振谱与梦那玉红 (Monascorubin) 相似。所不同的是, 梦那玉红上的 g 位氢被某个基团所取代。1994 年, P. J. Planc^[3] 等采用谷氨酸钠为唯一碳源培养 *Monascus ruber* van Tieghem 菌株或 *Monascus purpureus* CBS 10907 菌株, 所得到的色素大部分为:

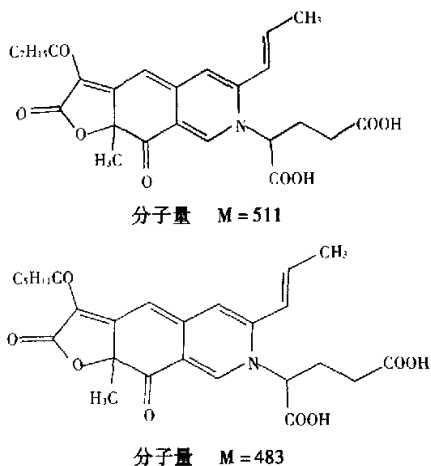
由图可知, 其结构与潘红胺 (Rubropunctamine) 和梦那天红胺 (Monascorubramine) 相似, 只是潘红胺和梦那天红胺的 > NH 被谷氨酸  所取代。这种结构在水中溶解度较大, 这也可以解释在培养基中添加氨基酸类氮源会增加红曲色素的水溶性的原因。

2 红曲的抗菌作用研究

天工开物有以下记载^[4]: 普通的鱼肉最容易腐败, 但涂以薄薄的丹曲, 即使在盛夏也不变质, “经 10 天蛆蝇不近, 色味不减, 盖奇药也”。这段记述说明红曲有杀菌和静菌作用, 可防止鱼肉

收稿日期: 2002 - 09 - 25

作者简介: 童群义 (1963 -), 男, 副教授, 现从事食品工程方面研究。



因杂菌感染而变质,肯定其中含有抗菌活性物质。1981年, H. C. Wong^[5]等证实 *Monascus purpureus* 能产生具有抗菌作用的活性物质,变异株 N11S 较 G1 的抗菌活性高,用枯草杆菌为敏感菌,用 6mm 的滤纸片测定, N11S 的发酵液与菌体抽提物的抑菌圈直径分别为 24mm 和 8mm。

1991年,董明盛等^[6]用红曲霉固体培养物和液体发酵液对十四种微生物进行了抑菌实验。其结果表明:红曲色素对蜡状芽孢杆菌、霉状杆菌、枯草杆菌、金黄色葡萄球菌、荧光假单胞菌有较强的抑制作用;其次是绿浓杆菌、鸡白痢杆菌、大肠杆菌、变形杆菌,而对八叠球菌、啤酒酵母、草霉酵母、产黄青霉不抑制,但能强烈地抑制黑曲霉分生孢子的形成。以上试验证明红曲霉在生长代谢过程中能产生某些杀菌和抑菌的生理活性物质。但商品红曲色素稀液未测出抑菌活性。

笔者^[7]使用自制的红曲色素粉末配成 0.5g/ml 的红曲色素水溶液进行实验,结果证实红曲色素对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌具有较强的抑制作用,对大肠杆菌、灰色链霉菌抑制作用较弱,而对酵母、霉菌无抑制作用。

1995年,王柏琴等^[8]报道了红曲色素对肉毒梭状芽孢杆菌的抑制作用。实验证明,红曲提取物可使肉毒梭状芽孢杆菌的营养体细胞壁产生裂痕。1600ppm 的红曲色素在抑制肉毒梭状芽孢杆菌生长上能够代替 110ppm NaNO_2 , 1600ppm 红曲色素 + 2000ppm 山梨酸钾可代替 150ppm NaNO_2 。因此,红曲色素可代替亚硝酸盐作为发酵香肠的发色剂, 1600ppm 的红曲色素作为着色剂制作的发酵香肠,其颜色接近以 150ppm NaNO_2 为着色剂制作的发酵香肠。以红曲色素作为着色剂制作的香肠在 4℃ 条件下贮存,一个月内不变色。由于亚硝酸盐是强烈致癌物“亚硝胺”的前体物质,因此,采用红曲色素代替亚硝酸钠作为着色剂具有重要意义。宫慧梅等认为红曲中的抑菌物质是橙色素或存在于橙色素组中。

3 红曲霉产生的酶类物质

红曲霉在生长过程中能产生多种酶类,如淀粉酶、糖化酶、

糊精化酶、麦芽糖酶、蛋白酶、果胶酶等。不同种类菌株产酶的类型及产量有所差异。一般来说,液化型 α -淀粉酶活性较弱,而糖化型的 β -淀粉酶活性较强。70 年代以来,中国科学院微生物研究所主要开展了红曲霉葡萄糖淀粉酶方面的理论研究。实验证明:红曲霉的葡萄糖淀粉酶具有多型性。1976 年就已得到该酶结晶^[9],并进行了电镜观察^[10],其中的第 4 带即 E_4 还纯化到凝胶电泳均一,并进行了一系列物理化学性质的测定^[11]。为了比较 E_3 和 E_4 ,又用板型凝胶制备电泳分别将 E_3 和 E_4 纯化^[12],进一步比较研究了两型组成及某些性质。通过对葡萄糖淀粉酶的底物特异性的研究^[13],发现该酶的粗提取液可以 100% 的分解可溶性淀粉、直链淀粉、支链淀粉等多种底物。此外,还研究了该酶的紫外差光谱^[14],以及该酶的色氨酸残基的修饰与酶活力的关系^[15],该酶的肽图谱^[16]以及该酶的形成过程^[17]和糖肽结合方式^[18],并对该酶的构象进行了研究^[19]。并通过对红曲 AS3.3491 葡萄糖淀粉酶的生物合成调节机制的研究^[20]和葡萄糖淀粉酶形成过程的研究^[21],证实了迅速利用的碳源对该酶的阻碍作用是培养基 pH 降低的结果,而“葡萄糖效应”只是表现效应。以上研究为利用红曲霉生产葡萄糖淀粉酶提供了理论基础。

1991年,安田正昭等^[22]从 *Monascus* SP No. 3404 提取到高活性蛋白酶,该酶的分子量为 43000(凝胶过滤法测定)或 46000(SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳法测定),最适 pH3.2,最适温度 50℃。由于红曲霉能产生较高活性的糖化酶和蛋白水解酶,故可用红曲腌渍鱼、肉、豆腐乳等高蛋白食品,经 1~3 个月的腌渍,可制成色、香、味俱佳的产品。1993 年,安田正昭等^[23]还报导了豆腐乳成熟过程中使用 *Monascus* 菌的化学成份变化,为酿造厂利用红曲霉菌提供了理论依据。

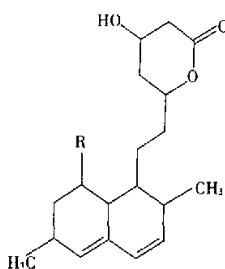
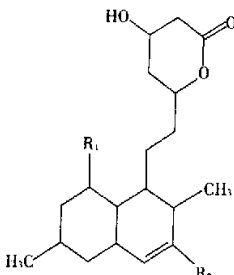
4 红曲霉产生的胆固醇生物合成抑制剂

医学研究表明:高胆固醇血症可能是冠心病和动脉硬化的重要原因之一,在人体内,胆固醇是在肝脏里会成的,又在肝脏里被转化成胆酸。如果能够抑制肝脏内源性胆固醇的生物合成,就一定会降低血液内胆固醇的浓度,从而达到治疗高胆固醇血症,防止或缓解动脉硬化和冠心病的发生^[24]。

胆固醇是乙酸辅酶 A 通过 20 多步酶促反应合成的,在胆固醇的生物合成过程中, 3-羟基-3-甲基-戊二酸辅酶 A 还原酶(HMG-CoA 还原酶)是一个限速酶,显然这个酶的特异性抑制剂,将会减少肝脏内胆固醇的生物合成,使血清内胆固醇浓度降低。1979 年,远藤章从红曲霉属(*Monascus*)发现了能强力抑制胆固醇合成的活性物质,命名为 Monacolin K^[25]。1985 年,又从红色红曲霉(*M. ruber*)中分离出与 Monacolin K 结构相似的其它活性成分^[26, 27],分别命名为 Monacolin L, Monacolin X, Monacolin J, Dihydromonacolin L 和 Dihydromonacolin 等。其中以 Monacolin K 活力最高,现已制成商品出售^[28]。

1986 年远藤章等又发现了 Monacolin M^[29], 1990 年 Teiichi 等又分离到 3 α -hydroxy-3, 5-dihydroMonacolin L^[30]。综上所述,目前已从红曲霉属中分离检出 8 种 Monacolin 类物质,其

表 1 红曲霉产生的胆固醇生物合成抑制剂

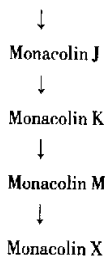
结构	名称	基团 R	相对生理活性
	Monacolin L	H	15
	Monacolin J	OH	4
	Monacolin K	$-O-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-\overset{\overset{CH_3}{\mid}}{CH}-CH_2-CH_3$	100
	Monacolin X	$-O-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-\overset{\overset{CH_3}{\mid}}{CH}-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-CH_3$	20
	Monacolin M	$-O-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-\overset{\overset{CH_3}{\mid}}{CH}-\overset{\overset{OH}{\mid}}{CH}-CH_3$	
	4α, 5dihydromonacolin L	R ₁ H	20
	3α - hydroxy - 3, 5 - dihydromonacolin L	H OH	
	Dihydroevinolin	$-O-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-\overset{\overset{CH_3}{\mid}}{CH}-CH_2-CH_3$	H

化学结构见表 1。

从表 1 可以看出,所有这些代谢产物在结构上都是相似的。它们都是 HMG - CoA 还原酶的特定抑制剂,都具有很强的降低胆固醇的作用。

近年来,已逐步深入到这些代谢物的合成机理方面的研究,现已弄清这些代谢物之间的转化过程^[30-33]。

乙酰 CoA → HMG - CoA → Monacolin L → 4α, 5dihydromonacolin L →



3α - hydroxy 3, 5 - dihydromonacolin L

图 1 微生物体内 Monacolin 类化合物的转化过程

上图为微生物体内 Monacolin 类化合物的大致转化过程。不同的菌株因体内酶系不同,产物也不一样。例: *M. ruber* 可产 Monacolin K^[21],但它的变异株则只产 Monacolin X^[26],而 *M. ruber* M 4681 却产 Monacolin M^[29]。

5 红曲的降血压作用

1992 年,迁启介等发现了红曲霉具有很强的降血压作用^[34-37],并初步研究了其作用机制。各次实验均采用 SHR 大鼠作为试验动物。SHR 大鼠是本态性高血压病的典型动物。所谓本态性是并不因食盐的摄取或肥胖等二次原因而成高血压症的总称,这可能是由于遗传因子的关系。生后 10 周血压就自然上升,20 周以后的成熟期,其收缩压即达 180 ~ 200mmHg,而正常大鼠的收缩压为 130mmHg。对 SHR 来说,即使食用低盐饲料也会患高血压,如给予高盐饲料,或 2% 食盐水,就激烈地使高血压症恶化,并引起并发症,所以各次试验都使用 SHR 作试验动物。

实验使用 18 周已呈高血压的 SHR,令其自由摄取含红曲的饲料,一周后测定其血压,发现只给蒸米的对照组的高血压非常严重,而加红曲组的血压显著下降。若停止给曲,换成市售普通饲料,红曲组的血压仍停留在低值。

用添加红曲 3% 或 5%、添加米曲霉曲及蒸米各 5% 的饲料,饲养 SHR 3 周,在试验期间的体重及饲料摄取量各组之间无显著差别。

用 10 周或更年幼的 SHR 进行试验,开始试验时的血压为 158mmHg,添加 1% 食盐的对照组,3 周内血压上升至 224mmHg,而添加红曲组的两群的血压则完全没有上升。

迁启介等还对红曲降血压作用的机制^[34]进行了初步研究。结果表明:随着红曲霉的增殖其降血压作用也随之加强,菌

体量愈多的曲,其降血压作用也愈强,并证明红曲的降血压效果与葡萄糖胺之间呈比例关系,因此,通过葡萄糖胺含量的测定可大致判断降血压的效果。但是,葡萄糖胺以乙酸葡萄糖胺的形式构成细胞壁的主要成份,至今尚无这种葡萄糖胺具有降血压作用的报告。因此,迁启介等认为葡萄糖胺可能不是红曲中的降血压物质。Monascus 属虽然产生红曲色素及 Monacolin 等二次代谢产物,但是这些二次代谢产物较菌的繁殖要拖后一些才产生,很少与菌体量平行产生,所以也认为降血压物质并非这些二次代谢产物。用各种方法对红曲进行划分后发现,降血压成分是水溶性的及乙醇溶性的,而不溶于 *n*-丁醇及醋酸乙酯的低分子物质,但红曲中的降血压成份的结构与性质仍需进一步研究^[19]。

6 红曲霉产生的麦角固醇

麦角固醇是维生素 D₂ 的前体,当它受到紫外线照射后即转化为维生素 D₂。维生素 D₂ 是一种重要的药品,能防治婴幼儿佝偻病,促进孕妇和老年人钙磷的吸收。普通食品中维生素 D 的含量有限,因此,需要适当补充。目前国内外麦角固醇的生产仅限于酵母菌。

1995 年,陈松生等^[19]发现红曲霉属 (*Monascus*) 中的许多菌株都能不同程度地产生麦角固醇。所产生的麦角固醇主要存在于菌体内,可采用碱性甲醇回流皂化,然后用乙醚振荡抽提。实验发现:不同菌株产生麦角固醇高峰时间不一样,625 菌株在 72~96h,945 菌株在 48~72h。麦角固醇量与色素盐成量成正比,且有的菌株麦角固醇产生量高达 2% 以上。

7 红曲霉产生的桔霉素

桔霉素 (citrinin) 是一种真菌毒素 (mycotoxin),具有肾毒性,也称为肾毒素 (nephrotoxin),毒性比较明显,可引起实验动物的肾脏肿大、尿量增多、肾小管扩张和上皮细胞变性坏死等症状。小鼠的口服半数致死量 (LD₅₀) 为 110mg/kg^[40],大白鼠和小鼠皮下注射和腹腔内注射的 LD₅₀ 分别为 67mg/kg 和 35mg/kg^[41],其毒性属中等偏剧毒性。

1981 年,香港中文大学的 Hinchung Wang 等人从红曲中分离出一种抑菌因子,命名为 Monascidin A^[42]。1995 年,法国 Blank 教授用质谱、核磁共振、紫外及荧光分析等多种方法对 Monascidin A 进行了结构测定和定性分析,发现 Monascidin A 的实质是桔霉素^[43]。此后,法国、日本、美国、荷兰等国先后开展了研究,肯定了红曲及相关产品中桔霉素的存在,并探讨了桔霉素的测定方法及部分影响因素。

红曲是我国传统发酵产品,毒理学实验已证明了红曲产品的食用安全性,并在长期的应用实践中未发现明显的毒副作用^[44],但我国红曲的生产和应用行业都在密切关注桔霉素问题。近年来,我国红曲产品的出口已开始受到国际市场的压力。据悉,红曲产品已受到日本卫生部门的严格检验,认定为不含桔霉素才允许生产和出口,德国也明确提出今后若从中国进口红曲,必须有安全生产菌种及产品不含桔霉素的证明。因此,筛选低产或不产桔霉素的红曲霉菌种,对于我国红曲及其产品的生产和

应用都将具有特别重要的意义^[45]。

参考文献:

- [1] 陈陶声编著. 近代工业微生物学(下册)[M]. 上海科学出版社,1982:553-562.
- [2] 郭东川等. 红曲色素的两种新结构[J]. 真菌学报,1993,(1):65-70.
- [3] P J Blanc et al. Pigments of *Monascus*[J]. Food Science, 1994,(4): 862-865.
- [4] 宋应星. 天工开物[M]. 商务印书馆,1936.
- [5] H C Wong et al. Mutant for *Monascus* Pigment Production[J]. Food Science, 1981:956-957.
- [6] 董明盛等. 红曲霉抑菌作用的探讨[J]. 中国调味品,1991,(1): 11-12.
- [7] 童群义等. 红曲色素抑菌作用的研究[J]. 食品工业科技,1997,(5): 5-6.
- [8] 王柏琴等. 红曲色素、乳酸链球菌素、山梨酸钾对肉毒梭状芽孢杆菌的抑制作用[J]. 食品与发酵工业,1995,(3): 60-61.
- [9] 中科院微生物所酶结构与功能研究组. 红曲霉葡萄糖淀粉酶的研究 I. 提取结晶及性质[J]. 微生物学报,1976,(16): 200-205.
- [10] 中科院微生物所酶结构与功能研究组. 红曲霉葡萄糖淀粉酶结晶的电镜观察[J]. 生物化学与生物物理进展,1978,(10): 349-354.
- [11] 中科院微生物所酶结构与功能研究组. 红曲霉葡萄糖淀粉酶的研究 II. 进一步提纯及性质[J]. 微生物学报,1977,(17): 101-107.
- [12] 中科院微生物所酶结构与功能研究组. 垂直板型凝胶制备电泳及其在分离红曲霉葡萄糖淀粉酶中的应用[J]. 生物化学与生物物理进展,1976,(4): 36-39.
- [13] 王杨声等. 红曲霉葡萄糖淀粉酶的底物特异性[J]. 微生物学报,1980,(4): 398-406.
- [14] 严白正等. 红曲霉葡萄糖淀粉酶的紫外差光谱的研究[J]. 微生物学报,1982,(4): 64-70.
- [15] 杨寿均等. 红曲霉葡萄糖淀粉酶色氨酸残基的修饰与酶活力的关系[J]. 微生物学报,1982,(2): 132-138.
- [16] 李钦等. 红曲霉葡萄糖淀粉酶的肽图谱[J]. 微生物学报,1984,(4): 394-395.
- [17] 孙晋武等. 红曲霉葡萄糖淀粉酶形成过程的研究[J]. 微生物学报,1983,(1): 44-49.
- [18] 戈苏国等. 红曲霉葡萄糖淀粉酶中糖肽结合方式的研究[J]. 微生物学报,1983,(3): 265-269.
- [19] 杨寿均等. 红曲霉葡萄糖淀粉酶的构象研究[J]. 中国科学, B 辑,1983,(11): 1000-1005.
- [20] 唐国敏等. 红曲 AS3.3491 葡萄糖淀粉酶生物合成的调节[J]. 真菌学报,1984,(3).

- [21] 唐国敏等. 红曲 AS3.3491 葡萄糖淀粉酶形成的研究[J]. 微生物学报, 1988, (4): 319-324.
- [22] Masaaki(安田正昭) Production, Purification and Properties of acid Proteinase from Genus *Monascus*[J]. 日本食品工业学会志, 1991, (10): 954-961.
- [23] 安田正昭等. *Monascus* 属菌を用いたとうふの熟成過程における化成份の変化. 日本食品工业学会志, 1993, (5): 331-338.
- [24] 王崑等. 抗生素[M]. 科学出版社, 1988. 496-499.
- [25] Endo A. Monacolin K. A new hypocholesterolemic agent Produced by a *Monascus* species[J]. Antibiotics, 1979, (8): 852-854.
- [26] Endo A. Dihyromonacolin L and monacolin X, new metabolites those inhibit cholesterol biosynthesis[J]. Antibiotics, 1985, (3): 321-331.
- [27] Endo A. Monacolin J L. New Inhibitors of cholesterol biosynthesis produced by *Monascus ruber*[J]. Antibiotics, 1985, 420-422.
- [28] Alberts A W. Mevinolin, a highly potent competitive inhibitor of hydroxymethyl glutaryl - coenzyme A reductase and Cholesterol - lowering agent[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1980, 3957-3961.
- [29] Endo A. Monacolin M. A new inhibitor of cholesterol biosynthesis[J]. Antibiotics, 1986, 1670-1673.
- [30] Teiichi Nakamura. Isolation. And biosynthesis of 3α -hydroxy-3, 5-dihyromonacolin L[J]. Antibiotics, 1990, (12): 1621-1622.
- [31] Endo A. Biosynthesis of ML-236B and Monacolin K[J]. Antibiotics, 1985: 444-448.
- [32] Komagata D. Biosynthesis of Monacolins: Conversion of Monacolin L to Monacolin J by a monooxygenase of *Monascus ruber*[J]. Antibiotics, 1989, (3): 407-412.
- [33] Keisuke kimura. Biosynthesis of Monacolin: Conversion of Monacolin J to Monacolin K (Mevinolin) [J]. Antibiotics, 1990, (12): 1621-1622.
- [34] 迁启介等. 红曲菌体量为高血压自然发症テットの血压降下に及ぼす影响. 日本食品工业学会志, 1992, (9): 790-795.
- [35] 迁启介等. 小麦红曲かりの血降下成分の抽出. 日本食品工业学会志, 1992, (10): 913-918.
- [36] 迁启介等. 红曲食品が高血压自然发症テットの血压及ぼす影响. 日本食品工业学会志, 1992, (10): 919-924.
- [37] 迁启介等. 红曲の血压调节作用. 日本酿造协会志, 1994, (3): 207-211.
- [38] 须励清. 红曲的功能 [J]. 广州食品工业科技, 1996, (1): 59.
- [39] 陈松生等. 红曲霉的麦角固醇的研究 [M]. 食品与发酵工业, 1995, (6): 18-23.
- [40] 孟昭赫, 张国柱, 宋圃菊. 真菌毒素图解 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1979.
- [41] 中国食品添加剂生产应用协会. 食品添加剂手册 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1996.
- [42] Hinchung Wang Philip E Kochler[J]. Food Sci. 1981, 46(2): 589-592.
- [43] Blank P.J. Laussac J.P et al. Characterization of Monascidin A from *Monascus as citrinii*[J]. International Journal of Food Microbiology, 1995, 27: 201-213.
- [44] 傅金泉. 中国红曲及其使用技术 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [45] 许慧荣, 卢晨, 穆晓青等. 部分红曲霉菌菌株产桔霉素的研究 [J]. 无锡轻工大学学报, 2001, (1): 58-61.

膜分离在蛋白质分离纯化中的应用

姚红娟, 王晓琳, 丁宁

(清华大学化学工程系, 北京 100084)

摘要: 以压力差为推动力膜分离过程(过滤、超滤、纳滤、反渗透)的分离性能由透过通量和截留率表征, 其操作模式分浓缩和渗滤两种. 膜分离技术用于分离、纯化、回收和浓缩蛋白质, 如乳清蛋白、血清白蛋白、蛋清蛋白、西蒙德木蛋白、重组白红胞介素-2包涵体以及二元蛋白质混合物等。

关键词: 膜分离; 微滤; 超滤; 浓缩; 渗滤

Abstract: Membrane separation technology and its applications in purifying and separating bioproducts were re-

收稿日期: 2002-09-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(29876018)

作者简介: 姚红娟(1978-), 女, 硕士研究生。