

# 生物技术在化妆品行业的应用

赵 华, 何聪芬, 董银卯, 季泽恒

(北京工商大学 化学与环境工程学院 植物资源研究开发北京市重点实验室, 北京 100048)

**摘要:** 简要介绍了生物技术的概念, 重点综述了其在生产、功效检测和安全评价等 3 个方面的应用, 包括为化妆品生产提供新型活性添加剂的生物提取技术、生物发酵技术、酶工程、植物细胞培养技术, 为化妆品美白、抗衰老、抗敏、祛红血丝提供功效检测方法的各类生物技术, 为化妆品提供安全评价方法的红细胞溶血实验、鸡胚绒毛膜尿囊膜实验、彗星实验、致病菌检测等生物技术。最后讨论了目前我国化妆品行业中生物技术存在的问题并提出建议。

**关键词:** 化妆品; 生物技术; 生物活性添加剂; 安全评价; 功效评价

**中图分类号:** TQ658      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-1803(2010)05-0377-04

## Progress with respect to application of biotechnology in cosmetic industry

ZHAO Hua, HE Cong-fen, DONG Yin-mao, JI Ze-heng

(School of Chemical and Environment Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing Key Lab of Plant Resources Research and Development, Beijing 100048, China)

**Abstract** Concept of biotechnology was introduced briefly, and the application of biotechnology in cosmetic field such as manufacturing process used for preparation of cosmetic products, cosmetics efficacy evaluation and cosmetic safety assessment were summarized in detail. It covers biotechnological extraction of new active cosmetic additives, fermentation technology, enzymatic engineering, plant cell culture technology, as well as various methods for efficacy evaluation of cosmetics for whitening, anti-senium, anti-allergy, dispelling of telangiectasis, and various methods for safety assessment of cosmetics such as hemolysis experiment, chicken embryonal membrane experiment, comet assay, pathogen detection, et al. Some existing problems in application of biotechnology in Chinese cosmetic industry were discussed with some recommendations provided.

**Key words** cosmetic; biotechnology; bioactive additives; safety assessment; efficacy evaluation

生物技术是指人们以现代生命科学为基础, 结合其他基础科学, 采用先进的科学技术手段, 按照预先的设计改造生物体或加工生物原料, 为人类生产出所需产品或达到某种目的。近年来, 随着生物技术在分子生物学、医药等领域的快速发展, 生物技术和生物制剂在化妆品原料的研发、化妆品的安全性和功效性评价等化妆品工业领域中的多个环节得到了广泛推广和应用<sup>[1]</sup>, 生物技术逐渐成为化妆品行业未来发展的主要方向之一。

### 1 为化妆品提供新型生物活性添加剂

目前在化妆品领域, 生物技术主要用于生产科技含量高的化妆品活性添加剂, 这些技术主要包括生物提取分离技术、生物发酵技术、酶工程和植物细胞培养

技术等。利用这些技术, 可以为化妆品开发提供高效、安全和价优的原材料和添加剂。

#### 1.1 生物提取分离技术

生物提取新技术既包括生物技术在传统的煎煮、浸渍、回流等提取方法的改进和深入研究, 又包括超临界萃取技术、超声波和微波辅助提取技术、半仿生提取法、酶提取法、固相微萃取法等现代提取技术的应用。生物分离纯化技术主要分为两种: 以提高选择性目标的分离技术, 如亲和萃取技术、亲和膜分离技术等; 以强化为目标的耦合分离技术如制备型电动色谱技术、膨胀床色谱技术等<sup>[2-3]</sup>。提取分离所得的植物多糖、黄酮、生物碱、皂苷、挥发油等成分可以作为化妆品活性添加剂。彭游等<sup>[4]</sup>运用微波提取法提取出沙

收稿日期: 2010-01-28 修回日期: 2010-07-27

作者简介: 赵 华 (1965-), 男, 山西人, 副教授, 博士, 电话: (010) 68984949

棘果渣中的植物黄酮并研究了提取机理,结果表明微波辐照可以使极性的黄酮分子高速旋转,破坏了黄酮分子与周围分子的分子间力平衡,使液泡中介质沸腾冲破液泡,同时微波也打破了细胞壁,从而实现黄酮分子与植物组织的分离。

## 1.2 生物发酵技术

生物发酵技术是采用现代生物工程技术手段,利用微生物的某些特定功能,为人类生产有用产品或直接把微生物应用于工业生产过程,如运用生物发酵技术生产透明质酸(HA)和辅酶 Q10 等。HA 是由 N-乙酰葡糖胺和糖醛酸为基础形成的一种杂多糖,它和硫酸软骨素等共同组成黏多糖类物质,是结缔组织的主要成分之一。过去 HA 主要从鸡冠和脐带中提取,其含量较少,成本高。日本资生堂于 1985 年利用生物发酵技术,对链球菌进行突变处理而筛选出 HA 高产菌株,通过发酵法大规模生产 HA,运用该法 1 L 培养液中可得 5 g~6 g 高纯度的 HA,使得 HA 作为一种保湿剂在化妆品行业得到了广泛应用<sup>[5]</sup>。

## 1.3 酶工程

酶工程指利用酶、细胞或细胞器等具有的特异催化功能,借助生物反应装置和通过一定的工艺手段生产出人类所需产品。它是酶学理论与化工技术相结合形成的一种新技术。利用酶工程可提取动植物中的各种活性成分,如植物多糖、植物黄酮、生物活性肽等。生物活性肽是对生物机体的生命活动有益或是具有生理作用的肽类化合物,是一类分子质量小于 6 000 Da 且具有多种生物学功能的多肽。蛋白质本身是生物活性肽的前体,选择合适的蛋白酶水解这些多肽链,把具有生物活性的肽片断释放出来,从而可制得具有各种生理功能的生物活性肽。蛋白质水解产生的活性肽主要是以化学法和酶法水解而来。化学法以酸或碱断开蛋白质肽键,由于反应环境较极端,不利于活性的保持<sup>[6]</sup>。酶法水解蛋白质生产的活性肽安全性高,无副作用,能在温和的条件下进行定位水解分裂产生特定的肽且水解过程易于控制<sup>[7]</sup>。因此,酶法生产的小分子生物肽已成为化妆品领域研究的一个重要方向。

## 1.4 植物细胞培养技术

植物的次生代谢产物是化妆品原料的重要来源,在美国 CTFA (The Cosmetic Toiletry and Fragrance Association 美国化妆品盥洗用品和香精协会)化妆品原料手册和日本功能性化妆品原料手册中选用的植物提取物及代谢产物的数量都占有较大比例。但从天然

植物资源提取或化学合成则存在资源消耗、环境影响和成本较高等诸多不利因素,植物次生代谢细胞工程因此应运而生。自 1956 年 Routie 和 W icreu 首次提出利用植物细胞培养技术生产天然产物以来,植物细胞培养技术已成为一门精细的实验科学<sup>[8-9]</sup>。通常植物细胞/组织培养技术的产物以次生代谢产物为主,其中包括生物碱、皂苷、黄酮、多糖、酚类、鞣质类等。植物细胞培养有利于细胞筛选、生物转化和寻找新成分,并保护了植物资源。紫草主要成分为紫草宁及其系列衍生物,具有止血、消炎、抗微生物、收缩血管和增加毛细血管通透性的作用。紫草提取物在化妆品中用作收敛剂,其中紫草宁可用作生物色素。1983 年日本三井石油化学公司<sup>[10-11]</sup>采用两步法培养紫草细胞,成功实现工业化生产。1984 年该公司和钟纺公司利用紫草宁色素研制出了世界第一支生物口红。人参提取液是一种皮肤细胞活化剂,可以应用于系列化妆品的生产,日本电工公司自 20 世纪 80 年代末一直进行人参细胞大规模商业化生产。

## 1.5 透皮传输技术

化妆品功效成分的透皮吸收,指化妆品的有效成分通过皮肤并到达不同作用皮肤层发挥各种作用的过程。化妆品透皮传输中的生物技术,是指采用现代皮肤科学研究新成果,对皮肤细胞生物结构与功能深入研究,结合新的传输技术,如微乳液技术、渗透促进剂、脂质体、微胶囊、环糊精、纳能托、多孔聚合物微球、纳米技术、球形液晶等,与传统功效添加剂如蛋白质和多功能多肽类、多糖类、酶类、维生素类、有机酸、脂质类、氨基酸类、植物活性成分等相结合,制得新型的生物活性添加剂,用于化妆品功效成分的开发。如今,对于化妆品透皮传输中的生物技术研究主要集中在促透剂的选择及经皮传输系统的开发,如通过脂质体、微胶囊等载体将植物精油送到作用皮肤层。市售 SK-II 360 度全效焕采活肤露、植村秀深海滋润修复精华液等产品就是采用环糊精或纳米技术来提高透皮传输能力。法国欧莱雅公司在 2003 年授权公开的美国专利 US6565886,介绍了一种纳米微胶囊的制造工艺,该纳米胶囊包括脂质中心和不溶于水的聚己二酸烷烯包膜。Coletica 公司(现属 Engelhard 公司)也曾使用交联蛋白质膜生产纳米微胶囊并用于化妆品<sup>[12]</sup>。

## 2 对化妆品进行功效性评价

### 2.1 对化妆品美白功效的评价

化妆品美白功效评价法主要有生物化学法和细胞

生物学培养法。生物化学法主要通过测定美白剂对酪氨酸酶的抑制结果来评价其功效。酪氨酸酶是黑色素合成途径中的限速酶, 它主要通过催化酪氨酸转化成多巴酸和多巴酸氧化为多巴醌来影响黑色素的生成。一些美白剂如曲酸及其衍生物、熊果苷等通过抑制酪氨酸酶的活性来抑制黑色素细胞的生成。生物化学法测定酪氨酸酶活性抑制的原理是酪氨酸或多巴酸在酪氨酸酶的作用下转化为多巴醌, 该反应是显色反应, 通过比色法测定, 判断不同美白剂对于酪氨酸酶活性的抑制率。该方法较多使用蘑菇酪氨酸酶。用酪氨酸酶法来判定美白剂的效果, 虽然简单快捷, 但是仍具有一定的局限性, 它不能反映出美白剂是否能到达有效作用点, 也无法反映出美白剂的其他作用机理<sup>[13]</sup>。利用细胞生物学法, 可以从多个途径分析黑色素的形成机理, 并通过多巴色素互变酶的信使核糖核酸和脱氧核糖核酸的表达水平及酪氨酸酶合成量来评价美白剂对这些酶的影响。黑素瘤细胞具有能够多次传代、生长快、培养条件相对较低等优点, 成为筛选美白剂的首选细胞。20世纪80年代初, Eisinger成功培养出正常黑素瘤细胞, 采用人体正常黑色素细胞的体外培养技术来评价美白功效的方法得到了越来越广泛的应用<sup>[14]</sup>。Regnier等构建表皮模型来研究黑色素生成机理, 该模型由可以生长并分化的人体角朊细胞组成, 暴露在空气中一定时间后可形成致密的角质层, 与人的表皮非常接近。以该表皮模型为基础, 接种入黑素瘤细胞和朗氏细胞, 该模型中可以清楚地观测到黑色素的产生及其向临近角朊细胞的转移。使用了曲酸后可观测到色素的降低而且黑色素的合成受到了抑制<sup>[15]</sup>。

## 2.2 对化妆品抗衰老功效评价

在寻找或筛选具有抗衰老活性物质时, 常以皮肤角朊细胞和成纤维细胞为受试对象, 确定该物质基本毒性情况, 着重观察对两种细胞增殖能力及活性的影响以及皮肤中胶原蛋白、弹性蛋白和黏多糖等延缓皮肤衰老的物质的新陈代谢情况<sup>[16]</sup>。

Ander-Frei等评估抗衰老化妆品的活性成分时, 采用了相当真皮和皮肤的模型来考察该产品对成纤维细胞和角朊细胞的激活程度。相当真皮模型是将正常的人体成纤维细胞接种到含有真皮基质的24孔板培养而得, 相当皮肤模型则是将成人体的角朊细胞接种到相当真皮模型上继续培养而成。Kin和Won在体外细胞培养研究中发现, 在人体真皮成纤维细胞培养中添加一定量的果酸, 增强了细胞的繁殖和胶原蛋白的生成, 对成纤维细胞有明显的激活作用<sup>[17-18]</sup>。Song等<sup>[19]</sup>用人体成纤维细胞模型研究维生素A的衍

生物对胶原蛋白合成的影响, 发现它对胶原蛋白生成的促进作用与维生素A相近, 但比维生素A有更好的渗透性和稳定性。

## 2.3 对化妆品抗敏功效评价

透明质酸酶能无选择地水解细胞外基础中透明质酸, 会造成皮肤屏障的损伤, 造成皮肤过敏, 它是过敏反应的参与者, 研究表明许多抗过敏药物有强抑制透明质酸酶活性的作用。这是一个相对简便和准确的抗过敏活性检测方法, 因此透明质酸酶体外抑制实验作为研究抗过敏作用的一个指标, 目前广泛采用Elsom-Morgan法进行实验<sup>[20]</sup>。其具体过程为: 取CaCl<sub>2</sub>溶液和透明质酸酶液37℃保温培养20min, 加入样品液继续培养20min后加入NaOH溶液和乙酰丙酮溶液, 沸水浴加热15min后冰水冷却5min, 加入埃尔利希试剂, 并用乙醇稀释, 20min后显色, 紫外分光光度计测定吸光度值, 根据公式计算样品抗过敏活性。

另外, 一些检测抗敏物质效果的实验方法如肥大细胞组胺释放实验、被动皮肤实验、 $\beta$ -己糖胺酶抑制实验、免疫细胞复活法以及血清中IgE抗体抑制实验等, 都可以用来对化妆品原料及产品的抗过敏功效进行评价。

## 2.4 对化妆品祛红血丝功效评价

红血丝的产生主要是由面部毛细血管扩张引起, 抑制红血丝的首要方法即抑制毛细血管的扩张。血管内皮生长因子(VEGF)又称血管通透因子或促血管因子<sup>[21]</sup>。正常情况下, VEGF的表达水平较低, 但在一些病理情况下VEGF会过量表达<sup>[22]</sup>。内皮细胞表面有血管紧张素转换酶(ACE), 是一种非特异性酶, 能使血浆中的血管紧张素I变成具有收缩血管作用的血管紧张素II, ACE还可催化舒缓激肽等肽类扩血管物质的降解来收缩血管<sup>[23-24]</sup>。因此, 抑制血管内皮细胞生长因子酪氨酸激酶的活性, 提高血管紧张素转化酶活性以及降低激肽释放酶的活性均可以抑制毛细血管的扩张。

目前尚无评价防治红血丝效果的标准检测方法, 一般通过测试VEGF抑制率、弹性硬蛋白酶活性抑制率、增加血管紧张素转化酶活性、降低激肽酶的活性等实验反映相关化妆品或添加剂的防治效果。下面简要介绍酶联免疫实验测定VEGF抑制率。酶联免疫吸附测定(ELISA)是1971年Engvall等在免疫学的基础上建立起来检测可溶性物质的酶联免疫吸附实验, 大体可以分为竞争法、双抗法、抗抗法以及抑制性测定法。运用抑制性测定法, Flt-1(VEGF受体)的活性通过

PolyE4Y 作为底物来进行评价。PolyE4Y 是一个多肽聚合物,其中被磷酸化的酪氨酸基团可以通过酪氨酸磷酸化单克隆抗体 PY20 来识别。然后辣根过氧化物酶 (HRP) 抗体作为第二抗体结合 PY20 再加入底物反应,在 492 nm 左右进行紫外吸收产生一种物质。绘制标准曲线,不加入植物活性成分为空白对照组,实验组与其进行比较,得到相关抑制率<sup>[25]</sup>。

### 3 对化妆品进行安全性评价

化妆品质量优劣取决于化妆品的功能性、安全性和稳定性,而不在于化妆品是否为进口产品或价格高低。生物技术在生命科学和皮肤科学方面取得的新成就,为化妆品的安全性评价提供了新的手段和方法。

#### 3.1 检测化妆品刺激性

##### 3.1.1 红细胞溶血实验

试剂的刺激性能够通过对其对血红细胞的刺激程度大小来衡量,当其对其对血红细胞的刺激达到一定程度时,血红细胞开始破裂,红色细胞内液流出,使此时溶液清液变红。将溶液离心,使破裂的细胞壁和未溶血的细胞沉淀,去上清液,在 530 nm 下测量吸光度,吸光度越大,说明细胞溶血率越高,试剂的刺激性越高<sup>[26-27]</sup>。

建立原料与血红细胞的磷酸缓冲溶液 (PBS) 体系,假设原料对血红细胞有一定程度的保护作用,加入能使 50% 红细胞溶血的特定体积量的表面活性剂,刺激体系中的血红细胞,在 530 nm 下测量吸光度,吸光度值越大,说明细胞溶血率越高,原料的抗刺激能力越弱;吸光度值越小,说明细胞溶血率越低,原料的抗刺激能力越强。

##### 3.1.2 鸡胚绒毛膜尿囊膜实验

随着科学技术的发展以及迫于各种动物保护组织施加压力等原因,开展体外替代方法的系列研究与开发有重要的实际意义。鸡胚尿囊膜绒毛膜是鸡胚的呼吸膜,血管丰富,紧贴于蛋壳膜下,鸡胚尿囊膜绒毛膜试验 (HET-CAM) 通过观察尿囊膜暴露于化学物质后血管的变化——充血、出血和凝血并计算刺激分值,根据结果对受试物评分。广东省疾病预防控制中心应用 HET-CAM 方法,同步采用动物眼刺激性试验对 26 种阳性参考物和 20 种化妆品产品进行比较和分级的一致性研究分析,以探讨 HET-CAM 替代兔眼刺激性试验方法的效能及实际应用的可能性<sup>[28]</sup>。

##### 3.1.3 彗星实验

彗星实验是国际上公认的检测各种理化因子作用细胞后引起的 DNA 链断裂的方法。实验采用十二烷基硫酸钠 (SDS) 作为血红细胞 DNA 损伤的诱导因子,

通过 CASP 图像分析系统对彗星实验结果进行观察、分析<sup>[29]</sup>,该实验分为细胞处理和彗星电泳实验两部分。

### 3.2 检测化妆品中致病菌

测试化妆品对丙酸杆菌、金黄色葡萄球菌等菌种的杀菌作用,可以对化妆品的抗粉刺功效进行评价。其实验方法为将培养 24 h 的指示细菌和培养 5 d 的指示酵母菌用 50 mmol/L PBS 配制成  $10^6$  细胞/mL 菌悬液。取被试样品 1 g 加入上述菌悬液 1 mL 均匀混合 20 min 后用 50 mmol/L PBS 进行梯度稀释,分别接种不同试验菌株的培养基平板上,痤疮丙酸杆菌置于厌氧培养箱中于 37 °C 培养 3 d~5 d 金黄色葡萄糖球菌、表皮葡萄球菌 37 °C 培养 24 h 后观察结果。以无菌水代替样品作为空白对照。

### 4 展望

随着中国加入 WTO 以来,世界级名牌化妆品不断加大力度进军中国,中国化妆品行业竞争日趋激烈,其核心实质在于高科技含量产品的较量。国外一些依据皮肤生理学原理开发的新型化妆品在市场上占有很大的优势。面对国外同行在生物技术化妆品方面的法规、技术、资金和生产经验的优势,国内化妆品行业应该采取积极的对策,通过研发单位的技术革新和化妆品生产企业的交流合作,把国际先进的生物技术和管理经验引入到化妆品行业中去,并不断开拓创新,将我国化妆品行业打造成世界一流的高新科技产业。首先要对现代生物技术进行全面的了解,加强国际国内学术交流和合作,掌握生物技术的发展动态和最新成果;其次是建立化妆品生物技术实验室,培养出一批精通化妆品生物技术的专业人员;第三需建立健全生物技术应用方面的法规,在配方过程中要注意生物制剂的稳定性和安全性。

参考文献:

- [1] 贾伟,高文远. 药物控释新剂型 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005 147-148
- [2] 周加祥,刘铮. 生物分离技术与过程研究进展 [J]. 化工进展, 2000 (6): 38-41
- [3] 朱小娟,安小宁. 中药有效成分的提取分离技术研究进展 [J]. 广州化工, 2008, 36(4): 12-14
- [4] 彭游,尹健美. 沙棘果渣中黄酮的微波干法提取的研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(8): 3884-3885.
- [5] 傅力,吴海文. 透明质酸 (HA) 的功能性及生产技术研究进展 [J]. 新疆农业科学, 2004, 41(专刊): 97-100
- [6] 崔凤霞. 海参胶原蛋白生化性质及胶原肽活性研究 [D]. 山东: 中国海洋大学, 2007
- [7] 程云辉,文新华. 生物活性肽制备的研究进展 [J]. 食品与机械, 2001(4): 4-6
- [8] 孔祥海. 植物次生代谢物的细胞培养技术研究进展 [J]. 龙岩学院学报, 2005, 23(6): 60-64

(下转第 392 页)

相比较于水,重烷基苯的膨胀系数要大几倍。其受热膨胀体积更大,产生的压强更大,在现有的生产条件下,北方冬季停车后关闭阀门,其产生的压强一定会超过 0.8 MPa(冬季室外水管会冻裂,管线耐压强度为 0.8 MPa 水 0℃膨胀系数为  $1.3 \times 10^{-4}$ )。

### 2.3 解决问题的方法

1)放一定体积原料:按正常操作程序停车或换输出管线后,所停泵的出口阀不能立即关闭,在泵出口底阀放出计算量体积(膨胀体积  $V_2 - V_1 = \alpha V_1 (t_2 - t_1)$ )的烷基苯,然后再关闭泵的出口阀。

2)管线上加安全阀:在距不合格酸储罐就近管线上接一安全阀,跳阀压力设为 0.4 MPa 阀出口至不合格酸储罐,这样管线的压力升高,重烷基苯就进入不合格酸储罐。安全阀安装如图 2 所示。

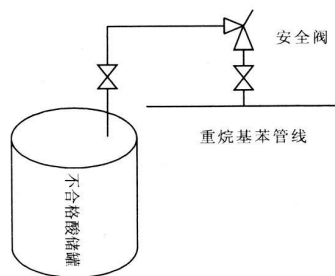


图 2 管线改造示意图

Fig. 2 Diagram for re-construction of piping system

综上所述,北方冬季化工原料传输管线法兰泄漏以及户外管线连接的化工设备出现泄露,多考虑一些传输介质的体积膨胀,特别是有伴热的户外管线,在设计的时候要更多考虑冬夏温差带来的不利影响。

参考文献:

[1] 栾振辉. 齿轮泵研究的现状与发展 [J]. 起重运输机械, 2005(6): 11-13

(上接第 380 页)

- [9] 李晓蕙,陈蕾. 植物细胞培养技术的发展与应用 [J]. 安徽农学通报, 2006, 12(5): 74-75
- [10] FU JITA Y, TABATA M, NISHI A, et al New medium and production of secondary compounds with the two-staged culture method. In A Fujiwara A (ed) Plant tissue culture [C]. Japan Japan Assoc 1982: 399-400.
- [11] CURTIN M E. Harvesting profitable from plant tissue culture [J]. Biotechnology, 1983(1): 649-657.
- [12] 叶琳,肖作兵. 纳米微胶囊技术与纳米化妆品研究进展 [J]. 香料香精化妆品, 2006(4): 22-26
- [13] 杜孝元,刘玮,史飞,等. 酪氨酸酶活性抑制实验及其在祛斑美白化妆品功效评价中的应用 [J]. 中国美容医学, 2005 14(6): 740-742
- [14] 马来记,林惠芬,吕洛. 美白祛斑化妆品添加剂基本筛选平台研究 [J]. 日用化学工业, 2002 32(6): 26-28.
- [15] 吴晓慧. 美白祛斑化妆品的功效评价与展望 [J]. 香料香精化妆品, 2007(3): 33-36.
- [16] 程艳,祁彦,王超. 抗衰老抗皱化妆品的功效评价与展望 [J]. 日用化学工业, 2006 36(3): 178-182.
- [17] PILCHER BK, DUMIN JA, SUDBECK BD, et al The activity of collagenase-1 is required for keratinocyte migration on a type I collagen matrix [J]. Cell Biol 1997, 137: 1445-1457
- [18] SUDBECK BD, PILCHER BK, PENTLAND AP, et al Modulation of intracellular calcium levels inhibits secretion of collagenase-1 by migrating keratinocytes [J]. Molec Biol Cell 1997, 8: 811-824

(上接第 389 页)

参考文献:

- [1] 毛培坤. 表面活性剂产品工业分析 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002
- [2] 任永强,王学川,强涛涛. 表面活性剂的生物降解性研究进展 [J]. 皮革与化工, 2009 26(1): 18-19
- [3] 胡应燕,郭睿,窦蓓蕾,等. 新型含酯基结构季铵盐杀菌剂的合成 [J]. 石油化工, 2009 38(11): 1225-1229
- [4] YAN HONGTAO, ZHANG YING, YAN YANG. Determination of cationic surfactant by laser thermal lens spectrometry [J]. Chinese Chemical Letters 2002, 11(13): 263-267.
- [5] 刘娟,于宏伟. 酯型双子阳离子表面活性剂与甲基橙的相互作用 [J]. 日用化学工业, 2004 34(1): 5-7.
- [6] YUKIO YOKOYAMA, HIDETAKA KUBO, HISAKUNI SATO. Highly

- [19] SONG Y S, CHUNG B Y, PARK M E, et al Polyethoxylated retinamide as an anti-wrinkle agent [J]. Cosmetics and Toiletries 1999 114(6): 53-58
- [20] 华晓东,尹春晖. 抗过敏中药及其作用机制研究进展 [J]. 天津药学, 2009, 21(6): 69-72
- [21] 杜向青. 内皮的研究进展 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2008 16(5): 77-78
- [22] 严凤娣,何胜虎,张晶. 人血管内皮细胞的氧化损伤及药物保护作用的研究 [J]. 实用医学杂志, 2008, 24(15): 2587-2589.
- [23] 杜乃立,杜瑞芝. 肾素-血管紧张素系统的研究进展 [J]. 心血管病学进展, 2005, 26(S1): 43-45
- [24] SHIDA J, FUKAMIZU A. Angiotensin II and apoptosis [J]. Nippon Rinsho 1999, 57: 1117-1123
- [25] 董银卯,何聪芬. 现代化妆品生物技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 225-235.
- [26] 廖艳,王雪,张立实,等. 溶血试验作为眼刺激试验替代方法的研究 [J]. 现代预防医学, 2002 29(4): 593-595
- [27] OKAMOTO Y, OHKOSHI K, ITAGAKI H, et al Inter-laboratory validation of the in vitro eye irritation tests for cosmetic ingredients evaluation of the hemolysis test [J]. Toxicology in vitro 1999, 13: 115-124.
- [28] 张宏伟,阮鸿洁,赵月朝. 鸡胚尿囊膜试验检测化妆品的刺激性 [J]. 中国公共卫生, 2004 20(10): 1213-1214
- [29] KASSIE F, PARZEEALL W, KNASMULLER. Single cell gel electrophoresis assay: a new technique for human biomonitoring studies [J]. Mutation Research 2000, 463: 13-31.

- sensitive spectrophotometric determination of cationic surfactants in ground waters as their Cu(II)-TPPS aggregates preceded by solid-phase fractionation [J]. International Conference on Flow Injection Analysis and Related Techniques 2008 9(15): 667-672
- [7] 田志茗,赵桦萍,柳彩云. 分光光度法测定水中十六烷基三甲基溴化铵的含量 [J]. 日用化学工业, 2006 36(4): 251-253.
- [8] IDOUHARM, TAZEROUTIA. Spectrophotometric determination of cationic surfactants using patent blue V: Application to the wastewater industry in algiers [J]. Surfactants and Detergents 2008, 8(22): 263-267.
- [9] 秦勇,张高勇,赵郁梅,等. 油溶性表面活性剂生物降解度的测定 [J]. 日用化学工业, 2006, 36(6): 351-354.
- [10] 王友国,王佩维,姚晨之,等. 织物柔软剂酯基季铵盐生物降解性的研究 [J]. 化工新型材料, 2005 33(7): 19-21.