

4种氨基酸表面活性剂在洗发水中的应用性能研究

郑晓梅, 汤小芹, 陈明华
(伽蓝(集团)股份有限公司, 上海 200233)

摘要: 针对椰油酰谷氨酸钠、椰油酰丙氨酸钠、月桂酰肌氨酸钠、月桂酰天冬氨酸钠在洗发水中的应用性能进行对比研究, 以月桂醇聚醚硫酸酯钠(SLES)为参考, 从发泡性能、清洁能力、增稠性能和絮凝性能方面进行了讨论。通过实验得出, 椰油酰丙氨酸钠和月桂酰肌氨酸钠的发泡性能略优于SLES; 4种氨基酸表面活性剂的清洁能力差异不大, 且都略好于SLES; 增稠性能普遍低于SLES, 通过添加增稠剂调整体系黏度, 椰油酰丙氨酸钠体系黏度可以被提升至1 500 Pa·s, 其他3种氨基酸体系黏度依然低于1 000 Pa·s; 4种氨基酸表活的絮凝曲线比SLES缓和, 说明氨基酸洗发水冲水较慢, 而硫酸盐体系冲水略快。

关键词: 氨基酸表面活性剂; 发泡性能; 清洁能力; 增稠性能; 絮凝性能

中图分类号: TQ649.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7264(2021)01-0029-05

DOI: 10.3969/j.issn.1006-7264.2021.01.009

氨基酸类阴离子表面活性剂^[1]由于具有低刺激性、低毒性、抗菌性以及生物降解等优良性能, 被用于部分或者全部替代硫酸盐型阴离子表面活性剂^[2]。

目前市场上氨基酸类阴离子表面活性剂主要有谷氨酸盐^[3]、肌氨酸盐^[4, 5]、天冬氨酸盐、丙氨酸盐以及甘氨酸盐等, 甘氨酸盐体系的pH在7.5以下会结晶析出, 一般用来做氨基酸洁面产品, 不常用于洗发水体系。

本文以硫酸盐作为参考, 重点研究了椰油酰谷氨酸钠、椰油酰丙氨酸钠、月桂酰肌氨酸钠、月桂酰天冬氨酸钠在洗发水中的泡沫性能、清洁能力、增稠性能和絮凝性能, 旨在为氨基酸洗发水的配方开发提供一定的参考。

1 实验部分

1.1 主要试剂与仪器

椰油酰谷氨酸钠, 商品名为Hostapon®CGA, 活性含量27%, 科莱恩; 椰油酰丙氨酸钠, 商品名为AMILITE ACS-12, 活性含量30%, 味之素; 月桂酰肌氨酸钠, 商品名为

Medialan®LD, 活性含量30%, 科莱恩; 月桂酰天冬氨酸钠, 商品名为CLT 12 P0, 活性含量30%, 上海盛赐化工科技有限公司; 椰油酰胺丙基甜菜碱, 商品名为Genagen CAB LF, 活性含量30%, 科莱恩; 月桂醇聚醚硫酸酯钠, 商品名为Texapon N70 CN, 活性含量70%, 巴斯夫; 瓜儿胶羟丙基三甲基氯化铵, 商品名为Catinal CG-100S Purified, 活性含量100%, 东邦; 椰油酰胺MEA, 商品名为COMPERLAN 100 C, 活性含量100%, 巴斯夫。

型号为DV2TRVTJ0的黏度计, 来自Brookfield公司; 型号为Five Easy Plus的pH计, 来自METTLER TOLEDO公司; 型号为ML6002T/02的天子天平, 来自METTLER TOLEDO公司; 型号为EUROSTAR强力控制型的搅拌机, 来自IKA公司; 型号为WS-12的电热恒温水浴锅, 来自上海一恒科学仪器有限公司; 型号为TU-1900的紫外可见分光光度计, 来自北京普析通用仪器有限责任公司; 型号为NB-6的多联磁力搅拌器, 来自苏州九联科技有限公司; 型号为C84-III的反射率测定仪, 来自上海现代环境工程技术股份有限公司; 型号

收稿日期: 2020-10-15
作者简介: 郑晓梅(1983-), 河南人。

为JB-03的污布，来自中国日用化学研究院有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 洗发水样品制备

准确称取一定质量的瓜儿胶，冷水分散均匀，水浴加热，搅拌均匀，加入椰油酰胺丙基甜菜碱，搅拌均匀，加入适量阴离子表面活性剂，搅拌至溶解完全；冷却至45℃以下，加入卡松后补适量水即得洗发水样品。

1.2.2 发泡性能测定

称取4 g洗发水样品、76 g自来水加至搅拌机中，盖上盖子秒表计时，开启一档搅拌1 min；将泡沫倒入1 000 mL量筒，观察泡沫质地并读数。重复操作3次，取平均值。

1.2.3 清洁能力测试

污布处理：将污布剪裁成11 cm×9 cm大小，用圆珠笔做好编号。每块污布测定四角和中间5个数值，每个产品测定4块污布，记录数据取平均值即得到白度。

污布清洁：80 g香波加自来水配制800 g溶液，即将洗发水稀释10倍，置于1 000 mL玻璃烧杯。将4块污布投入烧杯，用IKA搅拌浆在400 r/m下搅拌1 h。取出污布后冲水、烘干。

白度测试：用C84-III反射率测定仪进行测定。在污布清洗之前，测定原始白度作为处理前数据，清洗之后，同样位

置用同样方法再次测定白度。平均值差值即为白度的变化值。

1.2.4 增稠效果测定

将洗发水样品恒温至25℃，用5#转子(S05)5 r/m的转速下持续1 min，进行黏度测试。测试洗发水的初始黏度；将洗发水放入水浴锅加热，并向洗发水中加入1%的氯化钠粉末和1%的增稠剂CMEA，搅拌均匀，恒温至25℃，测试增稠后黏度。

1.2.5 絮凝曲线测定

用自来水和去离子水清洗比色皿，再用无水酒精润洗，晾干，备用；按照稀释比例在25 mL烧杯中称取一定量的香波和去离子水，磁力搅拌器转速为400 r/m，搅拌1 min，配制香波稀溶液；将入射光波长设定为600 nm，读取透过率(T%)。收集不同稀释比例数据，绘制絮凝曲线。

2 结果与讨论

2.1 洗发水配制

配制5种洗发水，将不同的阴离子表面活性剂按照质量分数折算成相同的活性物加量，配方组成见表1。该洗发水配方表面活性剂比例和加量为实际配方制作中常用的配比和加量，为常见的无硅油洗发水配方。

表1 洗发水配方
Tab.1 Shampoo formulas

成分	w/%				
	洗发水 (SLES)	洗发水2 (谷氨酸盐)	洗发水3 (丙氨酸盐)	洗发水4 (肌氨酸盐)	洗发水5 (天冬氨酸盐)
月桂醇聚醚硫酸酯钠(70%)	16	NA	NA	NA	NA
椰油酰谷氨酸钠(27%)	NA	41.48	NA	NA	NA
椰油酰丙氨酸钠(30%)	NA	NA	37.33	NA	NA
月桂酰肌氨酸钠(30%)	NA	NA	NA	37.33	NA
月桂酰天冬氨酸钠(30%)	NA	NA	NA	NA	37.33
椰油酰胺丙基甜菜碱(30%)	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
瓜儿胶(Catinal CG-100S)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
卡松	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
水	调节至100	调节至100	调节至100	调节至100	调节至100

2.2 发泡性能

洗发水泡沫数据见图1。5种体系洗发水中，以椰油酰丙氨酸钠洗发水泡沫量最为丰富，高达750 mL，泡沫质地

非常绵密；其次是月桂酰肌氨酸钠洗发水，泡沫量比较丰富，质地非常绵密。相对而言，SLES洗发水和月桂酰天冬氨酸钠洗发水泡沫量^[6]都稍低些，均低于600 mL，而且二者

泡沫都比较大、质地比较松散，椰油酰谷氨酸钠洗发水的泡沫量和泡沫质地表现居中。

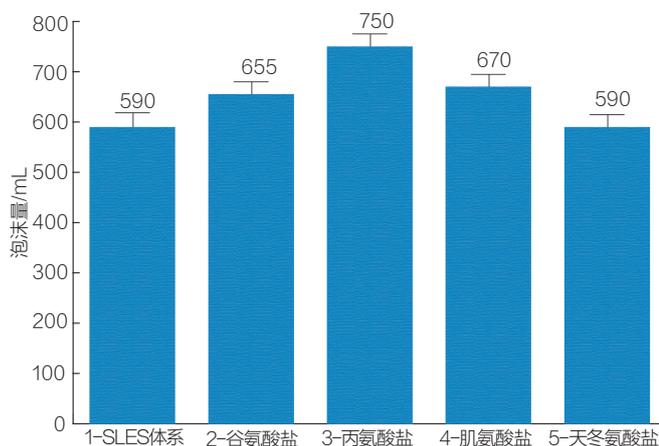


图1 不同种类洗发水的泡沫量

Fig.1 Foaming of different shampoo systems

消费者喜欢泡沫丰富且质地绵密的清洁类产品，因此，椰油酰丙氨酸钠和月桂酰肌氨酸钠的表现比较突出。

2.3 清洁能力

用每个产品同时清洁4块污布，每块取5个数值，记录测试前和测试后数据，取平均值计算差值，白度变化值即可衡量表面活性剂清洁能力，变化值越大，清洁能力越好。

JB-03型污布脂质主要成分为棕榈酸、硬脂酸、椰子油、液体石蜡、橄榄油、角鲨烯、胆固醇、棉油酸等。不同洗发水体系白度变化值见图2。

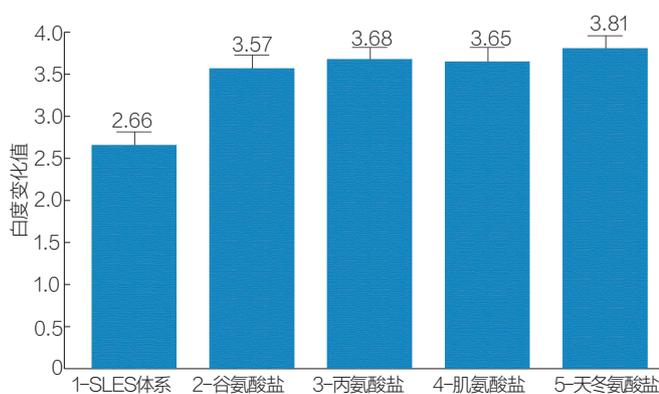


图2 不同种类洗发水的清洁能力

Fig.2 Detergency of different shampoo systems

由图2可知，以月桂酰天冬氨酸盐的清洁能力略出色，但4种氨基酸洗发水的清洁能力相差不大，比硫酸盐洗发水清洁能力略强些。这可能是因为这4种氨基酸表面活性剂具有较好的降低表面张力的能力和较低的临界胶束浓度，可以

有效降低界面自由能，从而保证其具有良好的清洁能力。

本实验所使用的洗发水配方，其表面活性剂活性加量总和为13.12%，市售洗发水表面活性剂有效成分加量总和一般在10%~15%，该加量在洗发水表面活性剂实际使用合理范围。在实际氨基酸洗发水配方开发时，还应当对新开发配方进行一系列的感官评估，以确保氨基酸洗发水在对头皮和头发具有良好清洁力的同时，不会由于产品脱脂力过强而损伤头皮。

2.4 增稠性能测试

5种洗发水的增稠性能测试结果见表2。由于黏度仪在100 Pa·s以下的测试误差较大，故100 Pa·s以下的数据统一写成“<100 Pa·s”。

表2 不同种类洗发水的增稠性能

Tab.2 Thickening effects of different shampoo systems

洗发水种类	黏度/(Pa·s)	
	初始	调整后
1-SLES体系	200	7 880
2-谷氨酸盐	<100	580
3-丙氨酸盐	<100	1 500
4-肌氨酸盐	<100	690
5-天冬氨酸盐	<100	620

由表2可以看出，硫酸盐洗发水增稠比较容易，向体系中添加1%的CMEA和1%的氯化钠粉末，黏度从200 Pa·s提升到了7 880 Pa·s。相对硫酸盐洗发水，氨基酸洗发水增稠比较困难，加入2种增稠剂后黏度提升，但提升幅度很小。对于硫酸盐体系，氯化钠和CMEA可以在体系中体现出良好的协同增稠效果，CMEA作为一种非离子表面活性剂，可以插入原本由阴离子表面活性剂和两性离子表面活性剂形成的混合胶束，而当氯化钠对胶束进行电荷屏蔽之后，CMEA可以“顺势”更多地插入胶束中，这样增稠效率就得到明显提升。

而对于氨基酸体系的洗发水，椰油酰丙氨酸钠洗发水黏度增至1 500 Pa·s，该黏度洗发水置于手心不会由于黏度过低而从手中撒漏，而且黏度稍低一些，可以使洗发水产品更易推开，所以也是消费者可以接受的黏度。

其他3款氨基酸洗发水，增稠效果普遍较低，这可能是由于氨基酸表面活性剂与两性离子表面活性剂形成的混合胶

束比较“松散”，即便加入了氯化钠，其电荷屏蔽效应对“松散的胶束”作用并不明显，而非离子表面活性剂CMEA插入“松散”的胶束所产生的影响亦不大，所以其黏度提升也不高。

制备常规质地洗发水成品，在实际配方开发中可以通过调整表面活性剂配比，找到适宜的椰油酰胺丙基甜菜碱的加量提升黏度^[7]，或者摸索出体系黏度最佳时的pH范围^[8]，又或者添加一些对黏度有促进作用的调理性成分，如PPG-3辛基醚。

2.5 絮凝曲线测试

5种洗发水的絮凝曲线见图3。由图3可以看出，4种氨基酸洗发水的絮凝曲线与硫酸盐洗发水存在明显差异。曲线的“深度”表示絮凝物的多少，曲线越“深”，絮凝物越多，相应地，洗发水的调理性越好。在5倍稀释时，月桂酰肌氨酸钠洗发水絮凝较弱，其他氨基酸洗发水与硫酸盐洗发水的絮凝效果类似。这意味着，理论上在泡沫揉搓阶段，月桂酰肌氨酸钠絮凝效果最为微弱，调理性较弱，即手感较涩，而其他4种洗发水手感略滑。

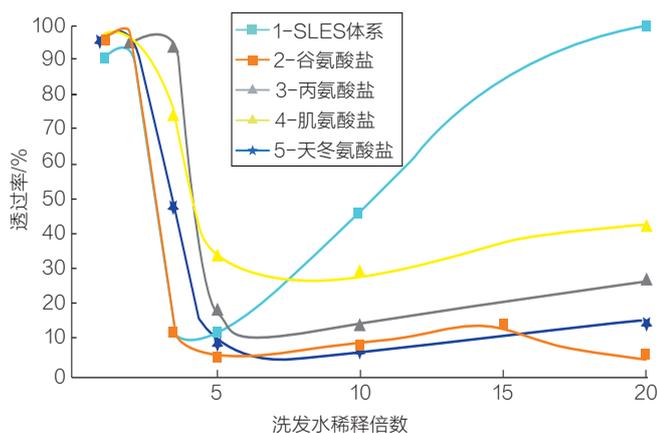


图3 不同洗发水的絮凝曲线

Fig.3 Coacervation curves of different shampoo systems

随着稀释倍数的增加，稀释5~10倍时，硫酸盐絮凝曲线的透过率大幅增加，即说明其絮凝物的量陡然降低，10倍稀释时絮凝已非常微弱。这说明在硫酸盐洗发水，5倍稀释之前，即洗发水被推开、发泡和清洁的状态，在此阶段絮凝物量大，所以此时滑度比较好，而10倍稀释之后，絮凝物迅速降低，说明其容易冲洗^[9]。

而在此阶段的4个氨基酸洗发水絮凝曲线变化“缓慢”^[10]。10倍稀释以后，氨基酸洗发水絮凝效果减弱的非常缓慢，所以理论上，相对于硫酸盐洗发水，氨基酸体系普遍不易冲洗，当然，这可以从另一个维度解读，即冲水阶段氨基酸洗发水普遍比硫酸盐洗发水更为滋润。

在实际配方开发时，可以利用氨基酸体系的该特点制备调理性较好的洗发水，由于月桂酰肌氨酸钠絮凝物的量较低，手感略涩，不是氨基酸洗发水体系主表面活性剂的优选方案。

3 结论

以月桂醇聚醚硫酸酯钠为参考，研究了4种氨基酸表面活性剂的发泡性能、清洁能力、增稠性能和絮凝性能。

在发泡性能方面，4种氨基酸的泡沫量均好于或等于硫酸盐，而且椰油酰丙氨酸钠、月桂酰肌氨酸钠和椰油酰谷氨酸钠的泡沫都比较丰富，泡沫质地也比较绵密，月桂酰天冬氨酸盐泡沫较为松散，泡沫量也相对较少。

在清洁能力方面，4种氨基酸的清洁能力均略高于硫酸盐。一般市售氨基酸表面活性剂的成本高于硫酸盐，而其清洁能力又略高于硫酸盐，从成本考量，降低氨基酸表面活性剂的加量，或者复配非离子表面活性剂如烷基糖苷，可以制备性价比较好、清洁能力较好且不致于脱脂力过强的氨基酸洗发水配方。

在增稠性能方面，4种氨基酸增稠性能均远低于硫酸盐，但椰油酰丙氨酸钠体系的黏度也能增加到1 500 Pa·s，从相对易增稠维度来看，普通质地氨基酸洗发水配方开发首选椰油酰丙氨酸钠。鉴于椰油酰谷氨酸钠难增稠、清洁能力较好、泡沫好的特点，可开发适应市场趋势的泡沫型洗发产品。

在絮凝性能方面，4个氨基酸体系的絮凝性能与硫酸盐有着显著差异。月桂酰肌氨酸钠絮凝物较少、即手感较涩；其他氨基酸洗发水絮凝物的量与硫酸盐相近，但冲水较慢，即冲水阶段的滋润感略强，比较适合做调理性略好的洗发水配方。

综上所述，椰油酰丙氨酸钠具有良好的发泡性能和清洁能力、适宜的絮凝性能，以及相对其他氨基酸表面活性剂，还具有较好的增稠性能，比较适合制备普通质地调理性较好的氨基酸洗发水。椰油酰谷氨酸钠具有良好的发泡性能和清洁能力、适宜的絮凝性能，但由于其难增稠，可以用其制备调理性较好的泡沫型洗发产品。

参考文献：

- [1]王普兵, 谭晓延, 王雪敏. 化妆品用氨基酸表面活性剂的分类及应用[J]. 广东化工, 2019(6): 124-125.
- [2]周晓璐, 王云, 张伟雄, 等. 氨基酸表面活性剂的性能及应用[J]. 广东化工, 2014(15): 143-145.
- [3]王会玉, 沙静, 王婷. 椰油酰谷氨酸二钠的性能及应用

研究[J]. 日用化学品科学, 2018, 41(8): 23-27.

[4] 卢云, 陈燕妮, 吴昊, 等. 月桂酰肌氨酸钠[J]. 精细与专用化学品, 2001(13): 16-17.

[5] 李仲华, 孟巨光, 叶聪荣, 等. 椰油酰胺丙基甜菜碱和月桂酰肌氨酸钠在口腔护理产品中的应用[J]. 中国洗涤用品工业, 2018(7): 40-45.

[6] 左殿发. 不同pH值下椰油酰谷氨酸二钠的发泡及稳泡性能研究[J]. 化学工程师, 2019(8): 94-97.

[7] 刘红旗, 王文扬, 石荣莹. 氨基酸表面活性剂体系的增

稠研究[J]. 日用化学品科学, 2017, 40(11): 16-18.

[8] 袁昊, 董超, 沈珮琳, 等. 两性氨基酸型阴离子表面活性剂形成自增稠体系的性质研究[J]. 日用化学工业, 2015, 45(1): 11-16.

[9] 王鹏, 李东华, 张利萍. 阳离子瓜尔胶和阴离子表面活性剂相互作用的研究[J]. 中国洗涤用品工业, 2015(8): 51-54.

[10] WANG C, LI X, LI P, et al. Interactions between fluorinated cationic guar gum and surfactants in the dilute and semi-dilute solutions [J]. Carbohydrate polymers. 2014(99): 638-645.

Application study of 4 kinds of amino acid surfactants in shampoo

ZHENG Xiao-mei, TANG Xiao-qin, CHEN Ming-hua

(JALA Group Corporation, Shanghai 200233, China)

Abstract: Four kinds of amino acid surfactants (sodium cocoyl glutamate, sodium cocoyl alaninate, sodium lauroyl sarcosinate and sodium lauroyl aspartate) were studied on their performance in shampoo. Taking sodium laureth sulfate (SLES) as a benchmark, the foaming performance, detergency, thickening effect and coacervation phenomena thereof were evaluated in shampoo. The results showed that the foaming performance of the systems containing sodium cocoyl alaninate and sodium lauroyl sarcosinate were a little better than that of SLES. In shampoo, all of the four amino acid surfactants had similar detergency which was a little better than that of SLES, while the behaviors in thickening and coacervation were not as good as SLES. But, the viscosity of the system containing sodium cocoyl alaninate could be increased to 1 500 Pa·s by adding a thickening agent. The coacervation curves of these 4 amino acid surfactants in shampoo were smoother than that of SLES, which suggested that the rinse-off performance was slower than that of SLES.

Key words: amino acid surfactant; foaming performance; detergency; thickening; coacervation

(本文编辑 张 静)

~~~~~  
(上接第28页)

[2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部 [A]. 2015年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.

[3] 谢艳君, 孔维军, 杨美华, 等. 化妆品中常用中草药原料研究进展[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(20): 3925-3931.

[4] 张浩, 何林燕, 王艳, 等. 库拉索芦荟凝胶的晒后修复功效研究[J]. 香料香精化妆品, 2019(3): 60-66.

[5] 武婷, 王超, 李洁, 等. 高效液相色谱法测定化妆品中

芦荟蒽醌类的含量[J]. 日用化学工业, 2006, 36(1): 53-55.

[6] 张强, 崔君, 顾华, 等. 化妆品中芦荟苷的测定及其稳定性的研究[J]. 日用化学工业, 2019, 49(3): 199-202, 208.

[7] 王军仓. HPLC法测定复方芦荟胶囊中芦荟苷的含量[J]. 西北药学杂志, 2017, 32(1): 48-50.

[8] 孙婉华, 潘江球, 谢主兰. 芦荟汁中芦荟苷的稳定化技术研究[J]. 热带农业科学, 2009, 29(5): 48-52.

## Study on the quality standard of Aloe vera in cosmetics

DUAN Xin, FANG Hao, WU Xue-mei, HUANG Yu, HU Chang-jiang

(Sichuan Green Herb Technology Development Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 611193, China)

**Abstract:** The quality standard of Aloe vera in cosmetics was established. The Aloe vera in cosmetics was identified qualitatively by thin-layer chromatography (TLC). Meanwhile, the effects of different manufacturers, temperature and relative humidity on the separation effect of TLC were investigated. The content of Aloe glycoside was quantitatively analyzed by high performance liquid chromatography. The experimental results showed that, the TLC spots of the tested samples were clear and specific, and showed good correspondence with the spots of the reference substance and medicinal materials, which could be used as the basis for qualitative identification of Aloe vera. Aloe glycoside showed a good linearity with the peak area in the range of 0.209 0~4.180 0  $\mu\text{g}$ , and the recovery rate was 101.9%~102.7% with the RSD value of 0.31%. This method could be used as a quality control for Aloe vera in cosmetics because it was simple, stable and reliable.

**Key words:** cosmetics; Aloe vera; TLC; HPLC

(本文编辑 张 静)