



氨基酸表面活性剂牙膏泡沫性能和 pH 值变化的研究

易瑞, 徐春生*

(广州市倩采化妆品有限公司, 广东广州, 510897)

DOI:10.61369/CDCST.2025030016

摘 要: 简单介绍了氨基酸表面活性剂月桂酰丙氨酸 (LA)、月桂酰肌氨酸钠 (L-30) 和碱性氨基酸精氨酸。选择将 LA 与精氨酸反应, 调节 pH 制成月桂酰丙氨酸精氨酸水溶液 (LA-Arg), 探索 LA-Arg、L-30 和烷基糖苷 (APG) 单一使用或两两复配时在牙膏常用比例的三元溶液中的 pH 值和泡沫量。并在此基础上自制了二氧化硅型和二水磷酸氢钙型牙膏, 测量了 pH 和泡沫量。根据测试结果对氨基酸表面活性剂 LA 和 L-30 在牙膏中的应用进行了可行性分析及展望。

关键词: 氨基酸表面活性剂; 牙膏; 泡沫性能; pH 值

通讯作者简介: 徐春生, 广州市倩采化妆品有限公司总工程师, 研究方向: 口腔护理用品的研究与开发, E-mail: xcs6603@163.com。



徐春生

随着社会进步和收入提高, 我国消费者对于牙膏的需求不再限于经济实惠, 而是更多追求品质、功效、环保、安全。发泡剂即表面活性剂, 是牙膏重要的必备成分, 刷牙时产生丰富泡沫, 能够清除牙垢, 清洁口腔。月桂醇硫酸酯钠 (K12) 是最常用的牙膏发泡剂, 起泡快、泡沫量高, 但其对皮肤和口腔黏膜有较强刺激性^[1,2]。近年来, 要求牙膏中不添加 K12 的企业和消费者越来越多。

因此, 逐渐有新型表面活性剂开始应用到口腔护理用品中, 其中, 氨基酸表面活性剂因其刺激性低、对环境友好、生物降解性能优异等特点受到广泛关注。目前市面上氨基酸表面活性剂主要是 N-酰基氨基酸表面活性剂, 一般是由中性氨基酸或酸性氨基酸的 α -氨基与脂肪酰基经过缩合而反应得到的, 为阴离子表面活性剂^[3-5]。

应用于牙膏中最常见的氨基酸表面活性剂为月桂酰肌氨酸钠 (L-30), 又称十二酰基肌氨酸钠, 为无色至淡黄色澄清液体, 以月桂酸和肌氨酸为主要原料制得, 低毒、低刺激, 与其他表面活性剂复配时有很好的协同作用。因此牙膏中在使用 K12 作为主要发泡剂时, 通常会复配 L-30 以降低 K12 的刺激性^[6]。

月桂酰丙氨酸 (LA) 是近年来研发成功的氨基酸表面活性剂, 由 L-丙氨酸和月桂酰氯在碱性条件下发生反应, 酸化、重结晶、过滤干燥后制得, 具有安全无毒、环境友好自然降解、易洗净、抑菌等特点。LA 为白色或类白色粉末, 不溶于水, 分散在水中超声加热后会迅速形成胶束, 有研究^[7]表明 LA 溶液在 pH 降低、温度升高、其氯化钠溶

液浓度升高等情况下更容易形成胶束, 但 LA 在 pH 低时具有较高的表面活性。因 LA 的酸性和水不溶性, 需要通过加入碱性物质调节 pH, 配制成一定浓度的水溶液后再作为发泡剂应用于牙膏中。

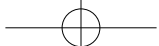
精氨酸是 20 种基本氨基酸之一, 主要是指 L-精氨酸, 是一种 α 氨基酸, 因为分子结构上含有氨基, 呈碱性, 可以与酸反应形成盐。精氨酸在口腔中最初是用作抗过敏成分, 有促进羟基磷灰石沉积、封闭牙本质小管等^[8]作用, 随后精氨酸在预防治疗龋齿, 有效促进人牙釉质表层及表层下再矿化^[9]、调节口腔微生态平衡^[10]等方面的应用也逐渐被发现。近几年已经有主要含高纯度精氨酸的氨基酸牙膏上市, 热度高且销量好。

本文选择将月桂酰丙氨酸与碱性氨基酸精氨酸进行反应, 调节 pH 至 6.30 ~ 7.30, 得到月桂酰丙氨酸精氨酸盐溶液 (简写成 LA-Arg)。并根据前期对表面活性剂烷基糖苷 (APG) 密泡试验的研究^[11], 选择用 APG 代替 K12, 对 APG、LA-Arg 和 L-30 单一或两两复配的三元溶液及制成的牙膏小样进行 pH 和泡沫性能测试。

1. 实验部分

1.1 主要仪器与试剂

罗氏泡沫测定仪, PHS-3C 酸度计 (上海雷磁), KQ-100B 型超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司)。烷基糖苷 (APG, 50%, Plantacaren®1200 UP 巴斯夫



(中国)有限公司), 月桂酰肌氨酸钠(L-30, 30%, 广州市倩采化妆品有限公司), 月桂酰丙氨酸(张家港保税区庆余田化工科技有限公司), 精氨酸(上海誉诺生物科技有限公司), 山梨醇(固含量70%, 广州市倩采化妆品有限公司), 丙二醇(广州市倩采化妆品有限公司), 蒸馏水。

1.2 实验方法

1.2.1 月桂酰丙氨酸精氨酸溶液配制

配制 100g, pH 6.30~7.30, 20% (质量分数) 的月桂酰丙氨酸精氨酸水溶液, 步骤为: 在 150mL 烧杯中加入 20g LA 和一定量水, 60℃ 以上加热超声至 LA 完全分散(无颗粒和结团状态), 趁热快速加入适量精氨酸, 搅拌, 调节 pH, 补充水至 100g, 冷却备用。

1.2.2 pH 值测试

称取 5.0g 的三元溶液或牙膏于 50mL 小烧杯中, 加入蒸馏水 20mL, 充分搅拌均匀, 使用酸度计测定 pH 值。

1.2.3 泡沫性能测试

称取 5.0g 的三元溶液或牙膏于 500mL 的容量瓶中, 加入 40℃ 的蒸馏水稀释至刻度, 得到试液, 通过罗氏泡沫仪测量并记录泡沫的高度, 即为初始泡沫量, 再记录 5min 后的泡沫量。

1.2.4 三元溶液体系的配制

以总含量为 4% 的单一或各比例复配的表面活性剂为变量配制三元溶液, 其余成分为丙二醇 12%, 山梨醇 40%, 蒸馏水余量至 100%, 搅拌均匀, 超声, 使表面活性剂充分溶解于三元溶液中, 测试各溶液的 pH 值和泡沫量。

1.2.5 牙膏试验配方

以自制二氧化硅型牙膏和二水磷酸氢钙型牙膏小样为试用对象, 两种类型的牙膏配方中表面活性剂的复配比例为唯一变量, 其他成分添加量一致。制作完后对各编号小样的泡沫量和 pH 进行分析。

(1) 二氧化硅牙膏小样的配方为: 山梨醇 40%, 甘油 10%, 焦磷酸钠 0.5%, 糖精钠 0.25%, 纤维素胶 0.3%, 黄原胶 0.5%, 水合硅石 20%, 二氧化钛 0.5%, 表面活性剂复配总 2.4%, 香精 1.2%, 羟苯甲酯 0.1%, 水余量至 100%。

(2) 二水磷酸氢钙牙膏小样的配方为: 二水磷酸氢钙 44%, 甘油 18%, 丙二醇 5%, 水合硅石 3%, 焦磷酸钠

0.5%, 纤维素胶 0.35%, 瓜儿胶 0.6%, 糖精钠 0.2%, 表面活性剂复配总 2.4%, 香精 1.2%, 羟苯甲酯 0.1%, 水余量至 100%。

其中, 牙膏小样的编号及对应的表活复配比例见表 1。

表 1 二氧化硅牙膏和二水磷酸氢钙牙膏小样编号及对应的表活复配比例

发泡剂成分	比例	二氧化硅牙膏编号	二水磷酸氢钙牙膏编号
APG : LA-Arg	1 : 1	1#	6#
	1 : 2	2#	7#
	2 : 1	3#	8#
	1 : 3	4#	9#
	3 : 1	5#	10#
L-30 : LA-Arg	1 : 1	11#	16#
	1 : 2	12#	17#
	2 : 1	13#	18#
	1 : 3	14#	19#
	3 : 1	15#	20#
APG : L-30	1 : 1	21#	26#
	1 : 2	22#	27#
	2 : 1	23#	28#
	1 : 3	24#	29#
	3 : 1	25#	30#

2. 结果与分析

2.1 三元溶液

配制的三元溶液 pH 及泡沫量见表 2。在单一表面活性剂的三元溶液中, APG 的 pH 较高, LA-Arg 和 L-30 的 pH 都偏中性; 泡沫量方面可以看出 LA-Arg 和 APG 的泡沫量较低, L-30 在测试时产生的泡沫很快消失, 待稳定后读数泡沫量很低。可见单一使用时, 氨基酸表面活性剂的泡沫性能不够理想, 需要通过复配来互补以提高泡沫量。在表面活性剂复配后的三元溶液中, 将 APG 与 LA-Arg 或 L-30 复配均可以得到适中或稍高的泡沫量, 总体来看 APG 占比高一些的溶液得到的泡沫量略微高一些; L-30 和 LA-Arg 复配泡沫量还是较低, 且不够稳定。

2.2 牙膏小样

2.2.1 APG 与 LA-Arg 复配的牙膏

APG 与 LA-Arg 不同比例复配牙膏的 pH 及泡沫量见表 3。由表可知, 在两个牙膏体系中, pH 均在牙膏控制范围内, 为弱碱性。泡沫量都适中偏高且稳定, 不同复配比例的泡沫量有略微差别, 但不是很大。



表2 不同表面活性剂复配的三元溶液实验结果

表面活性剂	序号	比例	pH	泡沫量	
				0 min	5 min
LA-Arg	1	1	6.92	128	122
APG	2	1	10.16	133	133
L-30	3	1	7.65	25	20
APG : LA-Arg	4	1 : 1	8.03	168	168
	5	1 : 2	7.68	158	158
	6	2 : 1	8.36	167	167
	7	1 : 3	7.54	161	161
	8	3 : 1	8.58	163	163
L-30 : LA-Arg	9	1 : 1	7.02	121	105
	10	1 : 2	6.91	125	116
	11	2 : 1	7.12	114	97
	12	1 : 3	6.88	135	127
	13	3 : 1	7.19	110	90
APG : L-30	14	1 : 1	9.48	166	166
	15	1 : 2	9.04	154	154
	16	2 : 1	9.89	165	165
	17	1 : 3	8.68	155	155
	18	3 : 1	9.99	163	163

表3 APG与LA-Arg不同比例复配的牙膏实验结果

发泡剂成分	二氧化硅牙膏编号	比例	pH	泡沫量	
				0min	5min
APG : LA-Arg	1#	1 : 1	7.83	170	170
	2#	1 : 2	7.70	168	168
	3#	2 : 1	7.86	165	165
	4#	1 : 3	7.65	161	161
	5#	3 : 1	7.98	163	163
	6#	1 : 1	7.69	170	170
	7#	1 : 2	7.61	164	164
	8#	2 : 1	7.85	171	171
	9#	1 : 3	7.63	165	165
	10#	3 : 1	7.89	166	166

2.2.2 L-30与LA-Arg复配的牙膏

L-30与LA-Arg不同比例复配牙膏的pH及泡沫量见表4。由表可见，在两个牙膏体系中，pH均在牙膏控制范围内，但无论哪个比例的牙膏在测试泡沫量时，通过罗氏泡沫仪打出的泡沫马上消失，几乎没有稳定的泡沫产生。因此，用L-30和LA-Arg复配作为发泡剂的只适合做低泡牙膏。

2.2.3 APG与L-30复配的牙膏

APG与L-30不同比例复配牙膏的pH及泡沫量见表5。由表可见，在两个牙膏体系中，pH均在牙膏控制范围

内。泡沫量适中且稳定，APG : L-30=2 : 1和3 : 1的泡沫量比APG : L-30=1 : 2和1 : 3的高，可见APG占比较高的牙膏泡沫量也相对高一些。

表4 L-30与LA-Arg不同比例复配的牙膏实验结果

发泡剂成分	二氧化硅牙膏编号	比例	pH	泡沫量	
				0min	5min
L-30 : LA-Arg	11#	1 : 1	7.60	3	3
	12#	1 : 2	7.56	3	3
	13#	2 : 1	7.64	10	5
	14#	1 : 3	7.54	3	3
	15#	3 : 1	7.67	6	6
	16#	1 : 1	7.57	3	2
	17#	1 : 2	7.54	4	2
	18#	2 : 1	7.59	0	0
	19#	1 : 3	7.51	2	2
	20#	3 : 1	7.62	0	0

表5 APG与L-30不同比例复配的牙膏实验结果

发泡剂成分	二氧化硅牙膏编号	比例	pH	泡沫量	
				0min	5min
APG : L-30	21#	1 : 1	8.05	158	158
	22#	1 : 2	8.02	156	156
	23#	2 : 1	8.15	166	166
	24#	1 : 3	7.99	153	153
	25#	3 : 1	8.16	167	167
	26#	1 : 1	7.94	162	162
	27#	1 : 2	7.73	159	159
	28#	2 : 1	7.88	161	161
	29#	1 : 3	7.86	152	152
	30#	3 : 1	7.92	165	165

3. 结果讨论与展望

由上述实验可知，所有实验牙膏的pH都在控制范围内。泡沫方面，两款氨基酸表面活性剂特别是月桂酰肌氨酸钠本身不具备合适且稳定的泡沫量。尽管两者复配的三元溶液有一定的泡沫量，但应用于牙膏时通过罗氏泡沫仪测试发现基本没有泡沫且泡沫不稳定，因此，这两种氨基酸表面活性剂单独或互相复配添加于牙膏中，适合开发低泡牙膏产品。

根据前期研究^[1]，烷基糖苷具有泡沫量适中、泡沫细腻绵密、去污力好、安全环保、刺激性极低等优点，若对牙膏没有非常高泡沫的需求，认为烷基糖苷可以完全替代十二烷基硫酸钠使用。选择APG与氨基酸表面活性剂



复配,可看出 APG 与 LA-Arg 复配能得到 pH 温和、泡沫量适中偏高、膏体细腻稳定的牙膏。在泡沫和口感方面,因不同复配比例得到的泡沫量差别不大,考虑泡沫绵密程度与 APG 有关,且 LA-Arg 有特征性气味,添加量过大可能影响口感,因此建议选择 APG : LA-Arg 为 1 : 1、2 : 1 或者 3 : 1 的复配比例作为发泡剂成分加入牙膏中。APG 与 L-30 复配的泡沫量略低于 APG 与 LA-Arg 复配,LS-30 没有明显气味,但考虑其本身泡沫低,同样建议选择 APG 高的配比。该类牙膏的优点在于:LA-Arg、L-30 和 APG 都是温和可降解的表面活性剂,对口腔刺激性低;LA-Arg 将月桂酰丙氨酸与精氨酸结合,更加贴合氨基酸的理念,与 APG 复配增加泡沫量和绵密度;选择二氧化硅或二水磷酸氢钙作为摩擦剂,得到的膏体更加细腻光滑,起泡效果更好。

近年来,含氨基酸表面活性剂的牙膏因具有温和无刺激、环保可降解、泡沫细腻、去污能力好等特点,符合现在可持续发展的理念,热度持续上升。考虑产品成本和社会效益等情况,可将其定位为中高端产品。又因其低刺激,泡沫适中绵密的特点,可适用于儿童牙膏或孕产妇牙膏的开发。当前,氨基酸表面活性剂在牙膏中的应用研究数据较少,本研究从泡沫量和 pH 两个方面入手,提供了系统的基础数据支持,为后续深入测试和开发氨基酸表面活

性剂牙膏做技术准备。

参考文献

- [1] 方云,夏咏梅.表面活性剂的安全性和温和性[J].日用化学工业.1998,6:22-27.
- [2] 杨彦.表面活性剂在个人清洁产品中的刺激性研究[J].广东化工.2015,42(6):116-117.
- [3] 王杰,薄纯玲,王淑钰,等.氨基酸型表面活性剂的进展[J].中国洗涤用品工业.2018(6):61-68.
- [4] 成晓静,姚晨之.氨基酸表面活性剂分析方法探讨[J].中国洗涤用品工业.2024(6):13-18.
- [5] 史立文,李忠红,葛赞,等.N-酰基氨基酸型表面活性剂的合成研究进展[J].化学与生物工程.2023,40(8):8-13.
- [6] 何陵玲,龚秋君,张毅.常见氨基酸表面活性剂与十二烷基硫酸钠复配体系的刺激性评价[J].中国洗涤用品工业.2021(8):94-99.
- [7] 葛赞,徐坤华,耿二欢,等.月桂酰丙氨酸的胶束行为研究[J].印染助剂.2020,37(8):31-33.
- [8] Kleinberg I, Sensistat. A new saliva based composition for simple and effective treatment of dentinal sensitivity pain[J]. Dent Today. 2002. 21(12):42-47.
- [9] 许鹏程,邓盟,周学东,等.精氨酸牙膏对釉质早期龋再矿化作用的研究[J].华西口腔医学杂志.2014,32(1):32-35.
- [10] 郑欣.精氨酸与氟化物协同调节口腔微生态[A].中华口腔医学会牙体牙髓病学专业委员会.2014,2:64-65.
- [11] 易瑞,徐春生.密泡牙膏的试验研究[J].日用化学工业.2022,52(11):1214-1220.

Study on the Foam Properties and pH Change of Amino Acid Surfactant Toothpaste

Yi Rui, Xu Chun-sheng

(Guangzhou Qiancai Cosmetic Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510897)

Abstract : A brief introduction was given to the amino acid surfactants lauroyl alanine (LA), lauroyl sarcosinate sodium (L-30), and alkaline amino acid arginine. Choose to react LA with arginine, adjust the pH to prepare lauroyl alanine arginine aqueous solution (LA Arg), and explore the pH value and foam amount of LA Arg, L-30 and alkyl glycoside (APG) in the ternary solution of the common proportion of toothpaste when they are used alone or mixed in pairs. On this basis, the silica toothpaste and calcium hydrophosphate dihydrate toothpaste were self-made, and the pH and foam content were measured. Feasibility analysis and prospects were conducted on the application of amino acid surfactants LA and L-30 in toothpaste based on test results.

Keywords : amino acid surfactant; toothpaste; foam performance; pH

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告