

天然来源成分在洗发产品中的应用研究

丁亚平, 王南春, 洪晓华, 刘英^{*}
(纳爱斯浙江科技有限公司, 浙江杭州, 310051)
DOI:10.61369/CDCST.2025040003

摘 要: 随着消费者对健康、环保和可持续性需求的不断提升, 天然来源成分在清洁产品中的应用日益受到重视。文章基于一项高天然指数洗发水配方的开发实践, 探讨了天然表面活性剂、调理剂、增稠剂及防腐剂在清洁产品中的应用潜力与挑战。通过配方优化与性能测试, 最终开发出一款天然来源指数 ≥ 0.95 、消费者接受度达 77.27% 的洗发水产品, 为天然清洁产品的开发提供了技术参考和实践依据。

关 键 词: 天然来源成分; 洗发水配方; 天然清洁产品开发; 应用前景

第一作者简介: 丁亚平, 硕士研究生, 高级工程师, 现就职于纳爱斯浙江科技有限公司, 从事个人护理产品的开发工作。E-mail: 416096560@qq.com。



丁亚平

中国古代已有使用皂角、无患子、茶籽等天然植物进行清洁与护理的传统。这些植物中含有丰富的皂苷、蛋白质、油脂等活性成分, 具有良好的清洁、滋养、抗菌等功效, 但由于其使用不够便捷、直接使用效果不佳等因素, 逐渐被淘汰。近年来, 随着“绿色化学”和“可持续消费”理念的普及, 天然化妆品和清洁产品市场开始复苏并迅速增长。国际标准化组织 (ISO) 于 2016 年和 2017 年发布《ISO 16128-1/2: 天然和有机化妆品成分和产品的技术定义和标准》, 为天然成分的认定提供了国际依据。中国也于 2022 年和 2024 年发布团体标准 T/SHRH 041-2022 和 T/CHCIA 038-2024, 进一步规范了天然产品的技术要求。在此背景下, 开发高天然指数、高使用接受度的清洁产品成为行业热点与难点。

1. 天然的概念

根据 ISO 16128-1 的定义, 天然成分是指从植物、动物、微生物或矿物中通过物理方式 (如粉碎、干燥、蒸馏) 或自然发酵获得的成分, 并确保未进行有意化学修饰。该标准还明确排除了石油、煤等化石来源的成分, 并将转基因植物来源成分纳入天然范畴^[1]。

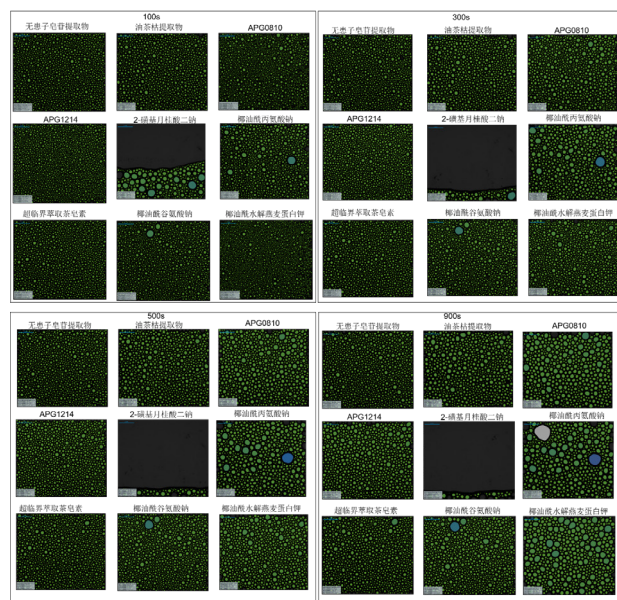
中国团体标准 T/SHRH 041-2022 和 T/CHCIA 038-2024 在此基础上进一步细化了天然成分的计算方法, 提出了“天然来源指数” (Natural Origin Index, NOI) 的概念, 用于量化成分的天然程度。其范围在 0~1, 只有当天然来源指数 > 0.5 时, 该成分才能被称为“天然来源成分”。以脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸钠 (AES2EO) 为例, 整个分子的分子量为 376.48, 其中天然部分的分子量为 208.32, 天

然来源百分比 $= 208.32/376.48 = 0.553$, 天然来源指数即为 $0.553^{[2,3]}$ 。本研究以此为标准, 筛选各类原料并对其具体的使用效果进行评估。

2. 天然来源成分在产品中的应用分析

2.1 天然来源的表面活性剂的性能分析

表面活性剂是清洁产品的核心成分。本研究共筛选了 10 种天然来源指数接近 1 的表面活性剂, 包括椰油酰丙氨酸钠、无患子皂苷提取物、茶皂素、槐糖脂等, 并通过泡沫性能测试 (泡沫观察时间 900s, 泡沫形态见图 1 所示, 测试条件见表 1) 评估其发泡性、稳泡性和泡沫结构, 见表 2 所示。



注: 其中槐糖脂未捕捉到泡沫。

图 1 各表面活性剂在 100s、300s、500s 和 900s 时的泡沫形态

表1 各表面活性剂的泡沫性能测试条件

测试仪器: kruss DFA100动态泡沫分析仪	测试模式: 搅拌测试模块	程序设置: 4000r/min 搅拌 40s, 延时 860s	
	样品配制: 2.5g/L 溶液 (有效物)	测试体积: 50mL	
	测试温度: 室温	前处理: 搅拌	

表2 各表面活性剂的泡沫性能测试结果

表活名称	最大泡沫高度 /mm	BC _{initial} /mm ⁻²	t _{BC1/2} /s
无患子皂苷提取物	33.4	68.883	--
油茶枯提取物	37.4	59.496	706.26
APG0810	39.6	154.585	149.65
APG1214	23.9	109.196	282.48
2-磺基月桂酸二钠	/	/	/
椰油酰丙氨酸钠	24.6	79.986	166.53
超临界萃取茶皂素	36	69.537	--
椰油酰谷氨酸钠	24.0	105.742	425.47
椰油酰水解燕麦蛋白钾	41.7	193.332	158.86
槐糖脂	/	/	/

注: BC_{initial} 为初始时每平方毫米的气泡个数, 数值越大越好; t_{BC1/2} 为气泡个数半衰期, 数值越长越好; “/” 表示泡沫未覆盖整个测试镜头, 无数据; “--” 表示观察时间内, 泡沫个数未减半。

从图1和表2的结果看: 2-磺基月桂酸二钠和槐糖脂的发泡效果较差, 椰油酰水解燕麦蛋白钾、APG0810、油茶枯、茶皂素和无患子几款表面活性剂的泡沫丰富度较好, APG0810、APG1214、椰油酰谷氨酸钠和椰油酰水解燕麦蛋白钾的泡沫更绵密, 无患子、油茶枯和茶皂素三款表面活性剂的稳泡性能较好。

现以阴离子表面活性剂、非离子表面活性剂烷基糖苷以及植物提取物表面活性剂相互搭配, 每款表面活性剂的活性物加量均为4%, 并添加少量调理剂和防腐剂等, 设计一个基础的洗发水配方, 以该配方为基础, 考察不同的表面活性剂组合的泡沫性能, 测试条件同上, 结果见表3所示, 3[#]、6[#]、9[#]泡沫表现不佳, 5[#]、16[#]和17[#]的配方泡沫表现较好, 后续研究以5[#]配方为基础。

表3 各表面活性剂组合的泡沫性能测试结果

表活组合及编号	最大泡沫高度 /mm	BC _{initial} /mm ⁻²	t _{BC1/2} /s
1 [#] : APG0810+燕+谷+无	23.0	8375	96
2 [#] : APG 0810+燕+丙+无	28.6	8206	109
3 [#] : APG 0810+谷+丙+无	17.1	/	/
4 [#] : APG 0810+燕+谷+油	28.4	7771	104
5 [#] : APG 0810+燕+丙+油	29	9796	134
6 [#] : APG 0810+谷+丙+油	12.6	/	/
7 [#] : APG 0810+燕+谷+皂	22.5	9157	88
8 [#] : APG 0810+燕+丙+皂	23.7	8863	124
9 [#] : APG 0810+谷+丙+皂	16.4	/	/

10 [#] : APG 1214+燕+谷+无	26.4	8672	115
11 [#] : APG 1214+燕+丙+无	27.2	7568	115
12 [#] : APG 1214+谷+丙+无	21.9	7344	108
13 [#] : APG 1214+燕+谷+油	24.5	8803	109
14 [#] : APG 1214+燕+丙+油	28.7	8691	114
15 [#] : APG 1214+谷+丙+油	24.2	7760	100
16 [#] : APG 1214+燕+谷+皂	28.5	10980	112
17 [#] : APG 1214+燕+丙+皂	29.4	9874	116
18 [#] : APG 1214+谷+丙+皂	25.4	9161	106

注: BC_{initial} 为初始时每平方毫米的气泡个数, 数值越大越好; t_{BC1/2} 为气泡个数半衰期, 数值越长越好; “/” 表示泡沫未覆盖整个测试镜头, 无数据; 燕指椰油酰水解燕麦蛋白钾; 谷指椰油酰谷氨酸钠; 丙指椰油酰丙氨酸钠; 无指无患子皂苷提取物; 油指油茶枯提取物; 皂指超临界萃取茶皂素。

2.2 天然来源的调理剂的性能分析

在清洁产品（如洗发水、沐浴露、洗面奶、洗衣液等）中, 调理剂的主要作用是抵消清洁成分带来的粗糙、干涩感, 使洗后的皮肤、头发或织物变得柔软、顺滑、易于梳理且具有光泽。常用的合成调理剂如硅油、聚季铵盐等不符合天然标准。天然的调理剂成分主要来源于植物或动物等, 目前应用较多的还是植物基来源。它们通过不同的机制发挥作用, 部分常见的天然来源的调理剂种类及作用如表4所示。

表4 部分天然调理剂分类及作用

成分类型	天然成分示例	主要作用
油脂 / 黄油	荷荷芭油、椰子油、乳木果油	形成保护膜, 滋润软化
硅藻替代品	胡桃壳粉、植物衍生酯类	提供丝滑触感
蛋白质	水解小麦蛋白、蚕丝蛋白	强化发丝, 增强光泽
保湿舒缓剂	芦荟、甘油、泛醇	保湿, 舒缓刺激
植物柔顺	植物脂肪酸（源）、醋酸	柔软织物, 减少静电

本研究筛选了几种天然调理剂, 如植物油（棕榈油、椰子油）通过水解得到的副产品甘油水, 再浓缩精制得到的甘油、利用微藻发酵将糖转化为三油酸甘油酯类油脂（微藻油）、由毛发水解得到的水解角蛋白以及改性橄榄油、山梨坦辛酸酯、澳洲坚果油酸乙酯等应用于配方中, 使用方案及配方特点如表5所示, 方案5和6的配方稳定性不佳, 有些方案影响配方外观, 通过体外发束对各配方的泡沫、湿发顺滑感和干发顺滑感进行使用性能评估, 综合结果显示方案9中改性橄榄油、山梨坦辛酸酯与水解角蛋白复配使用可提供相对较好的泡沫和湿、干发丝顺滑感。

表5 不同的调理剂方案在配方中的表现

编号	方 案	配方指标及使用性能				
		料液外观	稳定性	泡沫	湿发顺滑感	干发顺滑感
1	甘油 3%+ 改性橄榄油 2.5%	雾	正常	2	3	3
2	甘油 3%+ 微藻油 0.5%	雾	正常	3	1	3
3	甘油 3%+ 澳洲坚果油酸乙酯 2%	雾	正常	3	1	1
4	甘油 3%+ 山梨坦辛酸酯 2%	透明	正常	4	2	3
5	甘油 3%+ 异硬脂酰乳酸钠 2%	雾	分层	\	\	\
6	甘油 3%+ 甘油油酸酯 2% 改性橄榄油 1%+ 微藻	透明	分层	\	\	\
7	油 0.5%+ 山梨坦辛酸酯 2%+ 水解角蛋白 0.11%	雾	正常	3	3	2
8	改性橄榄油 1%+ 山梨坦辛酸酯 2%	透明	正常	4	1	3
9	改性橄榄油 1%+ 山梨坦辛酸酯 2%+ 水解角蛋白 0.11%	透明	正常	4	3	3

注：改性橄榄油指氢化橄榄油酸乙基己酯、氢化橄榄油不皂化物的混合物；使用性能评价采用 5 分制，分值越高效果越好；稳定性跟踪条件是 52℃烘箱中 2 周。

2.3天然来源的增稠剂的性能分析

大部分清洁产品都需要添加一定的增稠剂来调整料液的黏度,提高使用体验感。本研究主要搜集了三类纯天然或天然来源指数较高的增稠剂，一类是无机盐，如氯化钠，利用电解质使得由表面活性剂在水溶液中形成的胶束的缔合数增加，导致溶液的运动阻力随胶束形状由球形向棒状形转变而增大，最终体系的黏稠度增加^[4]；一类是无机高分子及改性类，如硅酸铝镁、膨润土等，常被用于护发素、乳液或止汗剂等产品中；还有一类是天然胶及其改性类的增稠剂，如阿拉伯胶、黄原胶、果胶、瓜儿豆胶、葡糖甘露聚糖、长角豆胶、皱波角叉菜/葡萄糖等。基础配方调整为 2.1 中 5[#] 的表面活性剂体系和 2.2 中调理剂的优选方案，结果见表 6，研究发现，氯化钠在该配方中增稠效果很弱，膨润土可以增稠但会影响配方的透明度和稳定性，将天然胶类增稠剂加入配方中，皱波角叉菜/葡萄糖和瓜儿豆胶增稠效果不佳，黄原胶及其复配方案的增稠效果较好，但具有一定的果冻感，综合下来黄原胶及其复配方案具有可行性。

表6 不同的增稠剂方案在配方中的表现

增稠方案	氯化钠 1%	膨润土 1.4%	黄原胶 0.7%	黄原胶 0.5% + 阿拉伯胶 0.5%	黄原胶 0.5% + 果胶 0.5%	皱波角叉菜 / 葡萄糖 0.7%	瓜儿豆胶 0.7%
增稠效果	不佳	较佳	较佳	较佳	较佳	不佳	不佳
配方外观	透明	不透明	透明	透明	透明	透明	透明
稳定性	分层	分层	正常	正常	正常	分层	正常

注：稳定性跟踪条件是 52℃烘箱中 2 周。

2.4 天然来源的防腐剂的性能分析

产品中添加防腐剂，是为了预防或延缓产品内的微生物生长，延长产品的保存时间。随着化学防腐剂引起的健康问题越来越多，消费者对产品的安全和绿色追求越来越高，寻找有效的天然防腐剂也成了最近几年的研究热点。扁柏酚又称桉木醇，主要是从扁柏的树干中提取的一种具有卓酚酮骨架的单萜类的天然化合物，有研究表明扁柏酚对马拉色菌具有较好的抑制效果，扁柏醇对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌具有较好的抑菌活性^[56]；著名的中草药肉桂，具有抗菌、抗炎、抗癌等医药价值，肉桂含有大量的挥发油，其主要活性成分为肉桂醛，有研究表明肉桂醛对金黄色葡萄球菌、白色念珠菌和绿脓杆菌具有很好的抑菌效果^[7]。本研究还搜集到天然来源指数为 1 的防腐剂有 LAE-20（月桂酰精氨酸乙酯盐酸和甘油）、明串球菌/萝卜（RAPHANUS SATIVUS）根发酵产物滤液、覆盆子酮及其复配物、燕麦麸皮/苦参/大豆籽提取物组合物、辣根提取物/赖氨酸/甘油组合物等等，加入到配方中，通过中国食品药品检定研究院制定的《化妆品防腐挑战测试评估技术指南》进行防腐性能验证，结果如表 7 所示，肉桂醛和扁柏酚对真菌和细菌的防腐效果较好，但肉桂醛配方在使用时气味较重，皮肤有灼热感，故优选扁柏酚做配方的防腐剂。

表7 不同的防腐方案的防腐结果

部分防腐方案	防腐结果
防腐空白	不通过
LAE-20 1%	不通过
LAE-20 2%	不通过
肉桂醛 1.5%	通过
肉桂醛 0.8%	通过
扁柏酚 0.04%	不通过
扁柏酚 0.1%	通过
扁柏酚 0.2%	通过
覆盆子酮 0.3%	不通过
葡萄柚子提取物 2%	不通过
明串球菌/萝卜（RAPHANUS SATIVUS）根发酵产物滤液 1%	不通过
滨蒿提取物 2%+ 辛甘醇 1%	不通过
燕麦麸皮/苦参/大豆籽提取物组合物 1.5%	不通过
辣根提取物/赖氨酸/甘油组合物 1.5%	不通过

2.5 天然洗发水配方及消费者接受度

结合以上研究,形成一款基础洗发水配方,表面活性剂以 APG0810、椰油酰水解燕麦蛋白钾($\text{NOI}=0.98-1$)、椰油酰丙氨酸钠和油茶枯提取物的组合方式,以改性橄榄油、山梨坦辛酸酯和水解角蛋白为调理,黄原胶增稠,扁柏酚做防腐,并添加少量 $\text{NOI}=1$ 的螯合剂和 pH 调节剂,整体配方的天然来源指数 ≥ 0.95 ,通过玉米醇溶蛋白法检测配方 10% 水溶液的 Zein 值为 0.72g/L ,属于无刺激性级别,配方温和无刺激。将配方产品进行消费者试用测试(共 30 人),产品使用效果接受比例为 77.27%,主要不足在于发丝不够顺滑。

3. 结论与展望

本研究成功开发出一款高天然来源指数($\text{NOI}\geq 0.95$)的洗发水产品,证明了天然成分在清洁产品中应用的可行性。然而,天然成分仍存在使用体验不足、防腐难度大、成本高等挑战。未来研究应聚焦于开发更温和高效的天然防腐体系、优化天然调理剂的配伍性和使用感、推动天然成分的标准化与规模化生产,降低成本等方向。天然清洁

产品的开发是一个系统工程,需在成分筛选、配方设计、工艺优化和消费者体验之间找到平衡,方能实现真正的市场突破。

参考文献

- [1]Guidelines on Technical Definitions and Criteria for Natural and Organic Cosmetic Ingredients and Products: ISO 16128-1:2016[S].
- [2]上海日用化学品行业协会.化妆品中天然成分的技术定义和计算指南:T/SHRH 041—2022[S].上海:上海日用化学品行业协会,2022.
- [3]中国日用化工协会.洗涤用品天然来源指数的评估导则:T/CH-CIA 038—2024[S].北京:中国日用化工协会,2024.
- [4]于丽,邢铁玲,关晋平,等.增稠剂的种类及应用研究进展[J].印染,2017(10):51-55.
- [5]闫永涛,郭惠珊,曹菲,等.扁柏酚及其组合物抑制马拉色菌性能研究[J].中国洗涤用品工业,2024(9):54-61.
- [6]周浓林,于泉林,武宝悦,等.扁柏醇与托酚酮抑菌活性的初步研究[J].湖北农业科学,2012,51(11):2230-2232
- [7]路露,束成杰,葛翎,等.肉桂精油和肉桂醛的抑菌、抗氧化和酪氨酸酶抑制活性研究[J].林产化学与工业,2022,42(3):105-110.

Research on the Application of Naturally-Derived Ingredients in Shampoo and Cleaning Products

Ding Ya-ping, Wang Nan-chun, Hong Xiao-hua, Liu Ying
(NICE Zhejiang Science and Technology Co., LTD., Hangzhou, Zhejiang, 310051)

Abstract : With the continuous increase in consumers' demands for health, environmental protection, and sustainability, the application of naturally-derived ingredients in cleaning products has attracted growing attention. Based on the development practice of a shampoo formula with a high natural index, this paper explores the application potential and challenges of natural surfactants, conditioners, thickeners, and preservatives in cleaning products. Through formula optimization and performance testing, a shampoo product with a naturally-derived index of ≥ 0.996 and a consumer acceptance rate of 77.27% was finally developed, providing technical references and practical basis for the development of natural cleaning products.

Keywords : natural-derived ingredients; shampoo formulation; natural cleansing product development; application prospects

