



TONY O'LENICK1*, THOMAS O'LENICK2

*Corresponding author

1. Siltech L.L.C., 1625 Lakes Parkway,
Suite N., Lawrenceville, GA 30043, USA
2. SurfaTech Corporation, 1625 Lakes Parkway,
Lawrenceville, GA 30019, USA



配方师科学

这是系列论文的第一篇，为科学配方提供新方案，本文的观念为配方设计提供已知的和潜在的科学依据以及有用的信息，快乐阅读！选择适当的表面活性剂在配方中的技巧是，选择正确的聚合物，不仅需要考虑它的相容性，还要考虑它的表面张力、润湿能力、为配方带来的美学特性，我们在使用聚合物时需要了解它所有的结构/性能方面的特性。

Tony O' Lenick 是 Siltech 有限责任公司的董事长，在美国乔治亚洲劳伦斯维尔，Tony 于 1989 年加入 Siltech，. Siltech 是一间专业生产硅树脂的公司。在此之前，他曾在 Lambent、Alkaril、以及 Henkel 和 Mona 等不同的表面活性剂及特种 化学品公司任首席技术和管理的职位，他在表面活性剂及硅树脂行业拥有超过 35 年从业经验，在表面活性剂、硅树脂和有机化学方面，Tony 曾写过五本著作，同时在行业杂志上发表超过 70 篇的专业文献，对另外六本书的出版也有很大的贡献。超过 300 项发明获得专利，他教硅油、表面活性剂化学的专利法规这门学科，他在工作获得若干奖项，包括：1996 年获得美国石油化学家颁发的 Samuel Rosen 奖，1997 年获得洗涤和清洁协会颁发的 Innovative Use of Fatty Acids 奖，和个人护理行业 Advanced Technology Group 奖，Tony 是化妆品化学家学会和美国化学家协会会员，在化妆品化学家学会中，他是科学事务和继续教育委员会委员，同时他也是化妆品化学家学会的财务主管，副会长，2015 年担任会长。

为什么在个人护理品中使用硅树脂？

第 2 部分 - 水溶性有机硅聚合物

关键词：硅树脂、二甲基硅油、 配方、头发护理

摘要：这是三篇介绍硅油聚合物在个人护理品配方中的应用的第二篇论文，“为什么在个人护理品中使用硅树脂？”这是所有配方师都需要考虑的一个重要的问题。

配方工程师有越来越多的硅油聚合物可以应用，这是高分子聚合物创造力的一个见证，这么多的硅油聚合物可以选择，虽然这对配方工程师来说是一个好事，但必须找到市场上所销售的产品中性价比最高的，最能满足消费者和市场需求的产品应用在配方中。

完美的个人护理品配方就犹如一道美食，硅油聚合物在这道美食中起着佐料的作用，而不是肉和土豆；这些多功能的聚合物通常只需添加低浓度的量，就能提升整个配方的效果，配方的整体效果离不开他们。

本系列的第一篇文章讨论了不含官能团的硅油聚合物的溶解性问题，本文讨论含有亲水基团的硅油聚合物。

简介

使用硅油聚合物来满足配方的基本需求，是使用其他化学物质所不能达到的。使用少量的硅油聚合物，在配方中有显著的特性，如表 1 所示(1)。

配方工程师首先需要决定哪些硅油的性能在配方中是必需的，然后评估选择适当的硅油，我们建议最低限度的微调。

A properly closed silicone polymer can provide the following attributes to formulations;

1. Lowering surface tension to around 25 dynes/cm
2. Providing unique skin feel, cushion and playtime
3. Providing unique solubilities (are soluble in silicone, oil, water and fluoro compounds)
4. Can provide emulsification with unique aesthetics (especially invert emulsions)
5. Provide film/formation
6. Provide water resistance
7. Provide foaming for non-traditional formulations

表 1：. 硅油特性

评估几个含硅油聚合物的配方，这个强大的方法是在改变现有配方中的硅油聚合物，在一个既定的基质中添加低浓度的不同的硅油聚合物来评估，通过微调硅油聚合物来达到配方工程师的期望。

这个硅油聚合物被我们称为 PEG /PPG 聚二甲基硅氧烷混合物。以前，这些物质叫聚二甲基硅氧烷共聚物，. 不管他们的 INCI 名称，它们的结构如图 1 所示(2)。

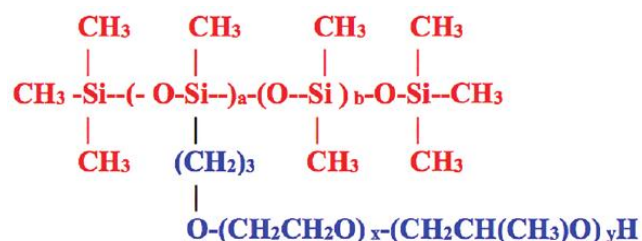


图 1. PEG/PPG 聚二甲基硅氧烷(3)。蓝色部分是水可溶部分，红色部分是硅油可溶部分

怎样区分这些衍生至硅油聚合物的聚合物，事实上，它们结构上都有一个亲水的基团，我们必须清楚地了解水、油脂和硅油，他们三者之间是互不相溶的，图 2 显示它们互不相溶性。



图 2. 互不相溶的相(4)

当两个或更多的互不相溶的产品结合在一起时，我们需要一个具有双亲结构的产品来达到这个目的，这类物质就是表面活性剂。

表面活性剂和聚合物自身所具有的这种双亲结构在改善互溶性上，较低浓度就能体现出显著的效果

我们清楚地知道，在水中添加脂肪酸类表面活性剂的标准及添加后所带来的效果，添加十二烷基硫酸钠盐在水中的首要作用是降低水的表面张力，随着表活浓度的增加，当表面吸附达到饱和时，表面张力不再继续下降，这就是我们通常所说的临界胶束浓度，也称 CMC，选择合适的表面活性剂在临界胶束浓度时，可以起到润湿和降低表面张力的效果。选择适当的 PEG/PPG 聚二甲基硅氧烷表面活性剂不仅能降低表面张力，还能带来意想不到的肤感。选择适当的有机硅表面活性剂，随着浓度的增加，胶束的形成，可以起到清洁、乳化作用，以及其他特性，都可以体现。

硅油表面活性剂 CMC(临界胶束浓度)曲线如图表 2 所示，A-208 是 PEG-8 聚二甲基硅氧烷，分子量约为 611，只需添加很少量就能迅速降低表面张力，一旦达到临界胶束浓度，表面张力并不再继续降低。

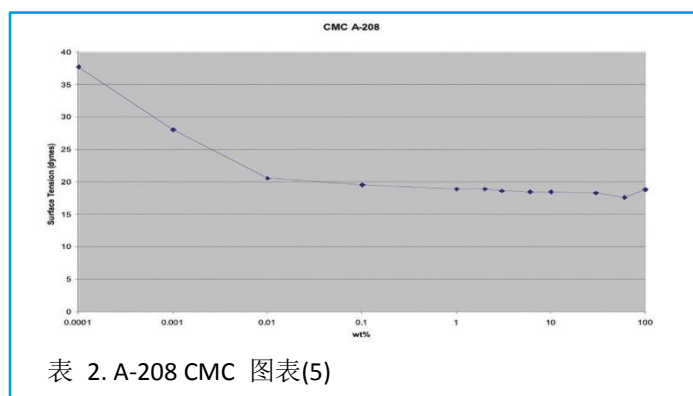


表 2. A-208 CMC 图表(5)

选择适当的表面活性剂在配方中的技巧是，选择正确的聚合物，不仅需要考虑到它的相溶性，还要考虑到它的表面张力、润湿能力、为配方带来的美学特性，我们在使用聚合物时需要了解它所有的结构/性能方面的特性。

溶解性

配方工程师首先要考虑的是在自己配方的每一相里添加哪一种硅油聚合物是适合的？一个硅油聚合物在某个特定相

不溶，那么它不能为它所在这个相的各个方面提供有价值的改变。如果一个硅油聚合物在这个相里不溶，那么我们将看不到它为这一相所带来的好处，添加在这个相里也是毫无益处的。

当一个产品的每一组份都是单一成份时，这是比较简单的，表 3 展示了接近单一相产品配方（溶剂包括油、硅油混合物和水溶性产品），表 3 列出的是在单一相配方需加添加的添加剂的类型。

Phase	Additives
Water	PEG / PPG Dimethicone, Silicone quaternary compounds
Oil	Alkyl Dimethicone
Silicone	Dimethicone or Dimethicone blends

表 3. 单一相产品

如果一个配方有乳化剂，硅油聚合物有可能进入到配方的每一相，因为它的溶解性能被改变，比如在一个水包油配方，我们很可能希望在每一相里添加一个或是多个硅油表面活性剂，取决于每一相你希望改变或是降低表面张力，以及能感受到的为配方带来美学特性，每一相都应该通过微调技术来评估硅油聚合物在配方中的最小添加量，一般情况下，硅油在配方中的添加量为 2%或更少，

我们建议关注广泛不同的硅油聚合物在不同相里带来的不同附加效果，这将影响产品最终的性能。

溶解性是首要条件，但仅仅因为硅油聚合物在配方里是可溶的并不意味着它能以最有效的途径提供所期待的效果，溶解性是第一要求，但肯定不是唯一要求。

微乳液(6)

事实上，所有洗涤类的产品，配方工程师都希望硅油能停留在皮肤或是头发上，在清洗过程中不被水完全冲掉。这也意味着硅油聚合物如果太易溶于水，那么它就不能很好的附着在头发上，但是如果这个硅油聚合物太不水溶，那么添加到水性配方中就会出现分离和消泡的情况，解决办法就是使硅油自发形成微乳液。微乳液是非常有趣的，因为表面活性剂提供的微乳液在溶解性、头发沉积及清洁力上面是一个最佳的组合。

微乳液是清晰透明略带蓝光的液体，乳液中的各组份是均匀且稳定的。与普通的乳化体相比，微乳液各部分只需要简单的搅抖混合就可以了，不需要像普通乳液那样需要高速剪切来形成乳状液，国际理论和应用化学联合会 (IUPAC) 对微乳液的定义如表 4 (7)。

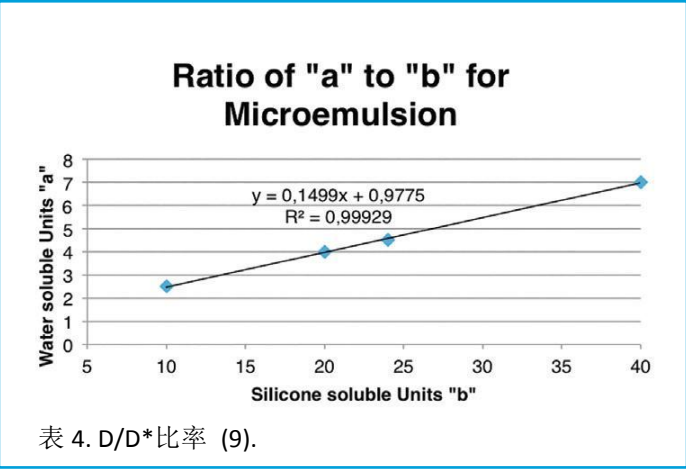
通过调节表面活性剂 PEG/PPG 硅油聚合物的结构，在配方里形成微乳液，基于这个机制，我们可以使硅油最大程度的积聚。简而言之，如果 PEG/PPG 太容易溶于水，它就会被冲洗掉，就不能在配方中最大程度的体现出它的价值所在，如果你想添加一个高效的 PEG/PPG 聚二甲基硅氧烷在配方中，提供很好的积聚和长期的调理性能，那么这个 PEG/PPG 聚二甲基硅氧烷在体系中需是可溶的，透明的。使用 PEG/PPG 聚二甲基硅氧烷可以形成一个微乳液在配方测试中。

最简单的做法是改变 D/D*的比值（这个比值是 a:b）这样做是改变这个产品的溶解性能，那些溶解性很差或是完全不溶的物质，添加进去的时候需要获得最低的自由能，才能在基质上积聚，这意味着你想在基质上获得最佳的传递，与此同时还需要配方清彻透明，使硅油聚合物形成微乳液。表 4 展示了改变 PEG 聚二甲基硅氧烷 D/D*比值所得到的效

果(8).
事实上使用一个公式可以非常简单、有效的来确定表 4 中含 8 个 PEG 的硅油聚合物微乳液的数值

确定可溶性聚二甲基硅氧烷聚醚的公式

最低需求单位量 “b” = (0.1499)(“a” 的实际单位量)+1”
b 是上面结构中标注的“b”，a 是上面结构中标注的“a”，这意味着如果“b”的单位值高出计算值，高浓度的不溶性低聚不会出现，如果“b”在聚合物中的值比公式中需要的值要低一些因为“a”的单位量，可溶性产品是不可能存在的，因为会有大量的不溶性聚合物在低聚体混合物中出现。
选择 D: D* 比率提供了一个硅油聚合物配制微乳液最简单、最低成本且最有效的方法，提高 PEG/PPG 聚二甲基硅氧烷在配方中的性能，它们的 INCI 名甚至是相同的。



上述公式是由各种不同含 8 摩尔环氧乙烷的聚二甲基硅氧烷聚合物所评估决定的，结果如表 5 所示

a	b	Predicted* (Formula Below)	Observed (Lab Synthesised)
5	1.0	Insoluble	Insoluble
5	2.0	Soluble	Soluble
10	2.0	Insoluble	Insoluble
10	2.5	Micro	Micro
10	3.0	Soluble	Soluble
20	3.5	Insoluble	Insoluble
20	4.0	Micro	Micro
20	4.5	Soluble	Soluble
24	4.0	Insoluble	Insoluble
24	4.5	Micro	Micro
24	5.0	Soluble	Soluble
40	6.0	Insoluble	Insoluble
40	7.0	Micro	Micro
40	8.0	Soluble	Soluble

Tabel 5. 溶解性(10%水).
* using the micro emulsion formula: Minimum needed “b” units = (0.1499)(actual number of “a” units)+1

配方提示

在所有的配方准备过程中，都是与平衡有关系的，选择将最简单的原材料混合添加到配方中通常总是最低效的方法，尤其是简单的原料是旧的或是来自于其他工业，原材料的

供应厂商总是向提供最有效的产品挑战，总是在考虑在为什么这个原料会被添加到配方中，和如何对其进行调整，改进它所能提供的性能。记住产品的溶解性与积聚是对立的，硅油被冲洗掉只是浪费钱，没有任何好处。

降低表面张力

一旦配方确立了溶解度，不管在哪个阶段所获得好处都是期待的，降低表面张力的能力是至关重要的，如果一个硅油聚合物在配方里不能降低表面张力，那么它在配方中的价值将是有限的，我们常常会看在一个配方中添加硅油聚合物和不添加硅油聚合物的表面张力的区别，降低表面张力是性能的关键。在含硅油的配方中，表面张力是一个关键的分析。
仅仅只因为硅油聚合物低的表面张力并不能保证在配方中能带来所期待的效果，许多专利将所有的 PEG/PPG 聚二甲基硅氧烷不管他们的结构，混在一起一概而论，这是不对的。因为 PEG/PPG 聚二甲基硅油聚合物包括了许多不同比例的硅油部分和水的部分，而假定他们在配方中能提供相同的功能，这是不符合逻辑的。
参考表 6 中的聚合物，他们都有相同的主链结构，但是接了不同分子量的 PEG 和 PPG。

Product	PEG PPG Ratio	Surface Tension
6-1	8 PEG / 0 PPG.	25.3
6-2	18 PEG / 6 PPG	30.8
6-3	16 PEG / 16 PPG	32.0

表 6. 不同数量 PEG / PPG 的表面张力

表 6 中列出的都是有相同的主链,接不同数量的 PEG 和 PPG 结构的聚合物，它们有着截然不同的表面张力，如果从表面张力的角度来说，产品 6-3，不能作为硅油表面活性剂使用，但是可以作为一个带硅油的脂肪酸表面活性剂。
这样的理由事实上是使用硅油聚合物来降低表面张力是由它所在的界面决定的，特别需要强调的是，当 PEG/PPG 数量在分子量中足够大时，它能克服硅油存在带来的表面张力的影响，换句话说，表面张力是由 PEG/PPG 中的二甲基基团(-CH2-)而不是由硅油中的甲基基团(-CH3)来决定的,添加硅油聚合物表面张力为 32 达因 / 厘米 时对肤感和润湿影响很小或几乎没有影响，但可能有轻微的乳化作用。

配方提示

仅仅只因为它是一个硅油聚合物你就购买，并不意味着任何一个含硅的聚合物添加在配方中都能体现出你所要的性能优势，一个分子中含 0.1%的硅和 99.9%的脂肪酸，那它的表现更像脂肪酸化合物。如果硅油能在表面提供你所期待的效果，表面张力将会告诉你发生了什么。

降低传统表面活性剂的表面张力

到目前为止，我们对硅油聚合物的讨论仅限于它在水中，而不是在配方中，硅油聚合物在溶解状态中两者结构之间的相互作用是非常实际的考虑，也是实现配方最佳化的关键。一般来说在化妆品配方中，对原料之间的相互作用的认知和量化是非常复杂的，为每一个成功的配方师颁发博士学位。
PEG 8 聚二甲基硅氧烷和 SLS/SLES 2 之间的相互作用如表 7 所示

	Cocamidobetaine % weight	PEG-8 Dimethicone % weight	Surface Tension Dynes/cm
Example 7.1	100	0	31.3
Example 7.2	75	25	26.0
Example 7.3	50	50	23.1
Example 7.4	25	75	21.6
Example 7.5	0	100	20.1

表 7. PEG 8 聚二甲基硅氮烷和 SLS/SLES 2 之间的相互作用。

表 8 显示当有两个或两个以上的表面活性剂同时存在时水溶液中，那么它们之间相互作用就会改变表 2 所示的预期的 CMC 曲线图。这种改变使得计算 CMC 变得困难，因为它没有清晰的转折点。

为了评估硅油表面活性剂在一个混合表面活性剂体系里降低表面张力的能力面，需要建立一个新的量值，这个量值是降低表面张力所需要的最低浓度，它被称之为 RF50

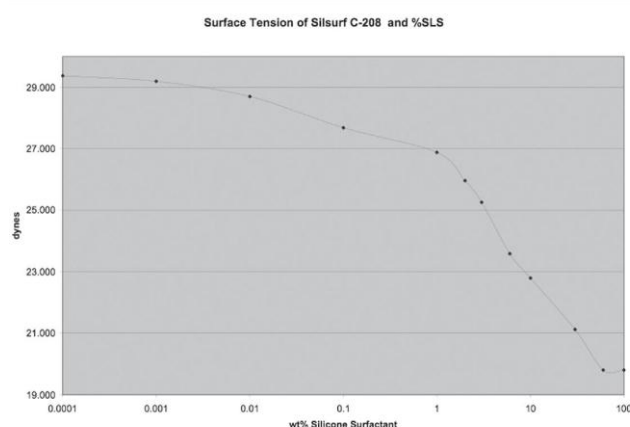


表 8. Silsurf C-208 和 10% SLS 的表面张力(10)

表 9 显示增加硅油表面活性剂分子量与 SLS 和 SLSE-2 相互作用的效果，低分子量的硅油聚合物添加到 SLES-2 或 SLS 中 RF-50 几乎没有差异，我们认为这种特性是由于低分子量产品带来表面最小的相互作用力，当分子量增加时，这种相互作用力就变得重要，在此情况下，越高分子量的硅油表面活性剂和乙氧基月桂醇硫酸钠相互作用会产生较高的 RF-50，这需要更多的硅油表面活性剂来达到 25 达因/厘米。

Silicone Surfactant	Fatty Surfactant	MW of Silicone Surfactant	RF-50
10-1	SLS	611	1.2
10-1	SLES-2	611	1.2
10-2	SLS	1398	1.5
10-2	SLES-2	1398	3.5

Table 9. 不同分子量的 PEG-8 聚二甲基硅氧烷在两种不同脂肪酸硫酸盐中的效果。

润湿

润湿是与硅油聚合物结构相关的一个性能，好的润湿剂在水剂体系必须 (a) 在水里是水溶的；(b) 低的表面张力；(c) 必须有足够低的流体力学体积（尺寸）到达界面。表

10 列出了几个 PEG-8 聚二甲基硅氧烷聚合物的特性

Product.	MW	Surface Tension.	Wetting Time (second)
11-2	632	22.0.	7
11-2	855	23.5	8
11-3	1398	27.3	10
11-4	2105	28.1	16
11-5	2706	28.4	27
11-6	6334	30.8	88

表 10. PEG 8 聚二甲基硅氧烷润湿时间 = 达到湿润 (1% 在 DW) (11).

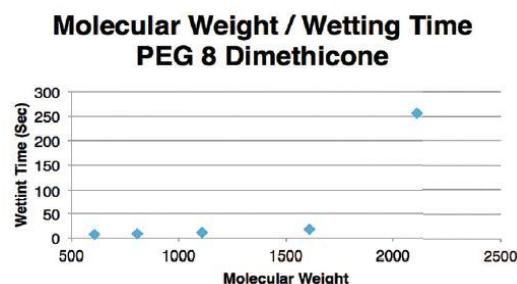


表 11. PEG 8 聚二甲基硅氧烷分子量/润湿时间

配方提示

记住硅油聚合物到达表面和降低表面张力为配方带来不同的特性，有的为配方提供润湿的功能，以帮助铺展性，有的在 CMC 和乳化上提供条件的功能，极少数特殊的硅油聚合物能同时很好的提供两种功效。总是考虑根据商标宣称将相同 INCI 名的硅油聚合物混合在一起。

最低限度的微调配方 (12)²

我们已经开始使用一个概念，我们称之为最低限度的微调配方 (MDF)，作为产品开发的一个有效途径，这种方法取决于个人护理产品配方工程师为满足市场和消费者需求提供差异化产品的能力。因为美学特性是个人护理品的非常关键的特性，最低限度的微调配方可以改变产品的美学特性，为消费者提供不同的肤感体验，这是配方工程师可以使用最小的改变、高性价比比开发新产品的有效途径。

事实上硅油聚合物，选择一个合适的浓度 10% 或者更低，将会为配方提供一个低的表面张力，肤感的改变、改变“软垫”和作用时间、改变光泽、为消费者提供一个与没有添加硅油聚合物产品完全不同的感受，在这个“新产品”中，配方中添加低浓度的硅油聚合物的价值完全被体现出来。我常常说，如果把个人护理产品比作是一道美食，硅油在配方中的作用犹如佐料，而不是肉和土豆，这意味着少量的硅油聚合物添加到配方中能为消费者带来预期的性能，这是令人惊奇和高兴的。这种方法允许配方工程师在保持主体配方架构的基础上作较小的改变，众所周知这是配方在开发新产品时为产品提供不同美学特性非常有效的一种方法。

我们将讨论在 2 合 1 香波中，选择添加适当的 PEG/PPG 聚二甲基硅氧烷聚合物能提高许多产品的使用性能。

硅油的选择

产品：透明洗发护发香波

基于本文中给出的数据，硅油需要选择基于在特定配方中你所期待的性能，因为我们需要处理的对象是洗发护发香波，调理性是首先要考虑的，润湿是另一个需要考虑的，因为需要考虑它的铺展性及改善头发的湿梳性能，为了这个这个目的，我们选择在配方中添加 PEG-8 聚二甲基硅氧烷，但是是哪一个呢？

PEG-8 聚二甲基硅氧烷

产品 1 是通常很容易就能找到的 PEG-8 聚二甲基硅氧烷, 如果配方工程师需要一个简单的 PEG-8 聚二甲基硅氧烷, 这个将是最可能的产品。

产品 2 是一个高分子量的产品, 与产品 1 有相同的 D: D*值, 较高分子量的产品能提供更好的沉积, 但是产品不能形成微乳液。

产品 3 是产品 2 使用公式得到的一个微乳液产品, 为了使一个硅油聚合物微乳液有 20 “D” 单位 (“b” 值是硅油可溶部分), 需要有 8 摩尔 EO 的 4 个水溶基团。

产品 4 是一个硅油润湿剂 (低分子量)

Product	“a” Value(D*)	“b” Value (D)	D*:D	Description
1	4	8	1:2	Standard product
2	10	20	1:2	Higher molecular weight same D:D* Ratio
3	4	20	1:4	Higher molecular weight micro-emulsion D:D* ratio
4	2	2	1:1	Wetting agent

Table 12. 4 种不同 PEG-8 聚二甲基硅氧烷产品

PHASE	INGREDIENT	A	B	C	D	E
1	A	48.60	48.60	48.60	48.60	48.60
2	A	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3	A	2.00	-	-	-	-
3	A	-	2.00	-	-	-
3	A	-	-	2.00	-	-
3	A	-	-	-	2.00	-
3	A	-	-	-	-	1.5
3	A	-	-	-	-	0.5
4	B	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
5	B	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
6	B	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
7	C	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
8	D	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
9	E	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
10	F	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
11	G	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
12	H	-	-	-	-	-
	Total			100.00		

表 13. 使用透明 2:1 洗发香波测试配方

头发评估

所有的样品在未经处理的 10 英寸长的棕色头发上进行测试, 将样品涂在每一束头发上进行测试, 所有的发束采用相同的方法测试, 所有的头发用 25° C 水湿润后分别涂抹 1 克的样品在每一束头发上, 每一个样品在头发上搓洗不少于一分钟, 冲净; 然后在不用吹风机吹干的情况下测试评估头发的湿梳理性。在每束头发彻底风干的情况下测试干梳理性, 添加 PEG-8 聚二甲基硅氧烷与最好润湿性能 (产品 4) 改善产品湿梳理性。

Property	Formula A	Formula B	Formula C	Formula D
Wet Comb	1	3	3	5
Clean Feel	5	4	4	4
Residual Feel	2	3	4	5

表 14. 湿梳。使用 1-5 来评估湿梳性能, 5 是最好的

Property	Product A	Product B	Product C	Product D
Dry Comb	1	2	4	5
Feel	2	3	5	5
Fly Away	2	3	4	4
Static Control	2	3	5	5
Feel	2	2	4	4

表 15. 干梳。使用 1-5 来评估干梳性能, 5 是最好的

选择添加 PEG-8 聚二甲基硅氧烷, 为了形成一个微乳液提供最好的干梳性能, 产品 D 同时提供最好的干梳和湿梳性能, 使用两种不同的聚合物, 但是它们的名字都是 PEG-8 聚二甲基硅氧烷。

结论

PEG/PPG 聚二甲基硅氧烷是一个有很多种不同结构的混合物, 即使他们有相同的 INCI 名。这就解释了为什么在复制一个配方时, 即使参考 INCI 清单, 使用相同 INCI 名的物质, 但是做出来的效果却往往是令人沮丧的。

在使用硅油聚合物时, 我们总是要多问问: “我们为什么要用硅油?” 然后确定哪个硅油能为我们的配方带来最好的性能。

各种各样具有实际效果的硅油聚合物应用在配方中是一把双刃剑, 虽然很多材料都有为配方提供功能特性的能力, 但同时也要有逻辑的评价和测试方法来选择可能性的产品, 我们建议首先确定配方中的“肉”和“土豆”, 也就是基质, 然后再来添加“佐料”, “佐料”就是硅油聚合物。

1. 为了得到期待的效果, 我们将硅油聚合物添加在体系中。水溶性硅油聚合物添加在水相, 油溶性硅油聚合物添加在油相或含氟硅油聚合物添加在氟化物相, 油溶性的硅油聚合物叫烷基聚二甲基硅氧烷, 水溶性硅油聚合物叫 PEG/PPG 聚二甲基硅氧烷, 氟溶性硅油叫氟硅油。所有的硅油聚合物都来自不同的家族, 如何选择基于配方基质和所期待的效果。
2. 确保你选择的产品溶在配方中是清彻透明的, 如果不能的话, 那也需要在配方中能形成微乳液, 请记住: 如果硅油聚合物溶解性太好的话, 那它将不能被积聚或停留。
3. 根据你所期待的功能选择硅油, 低分子量的硅油聚合物趋向于提供润湿作用, 高分子量的硅油聚合物趋向于提供肤感的改善、乳化能力调节。
4. 利用最少添加浓度的微调技术, 只调整硅油观察所达到的效果。

请记住, 在配方各相中低浓度添加一个或是多个硅油聚合物, 能为各相或配方带来意想不到的效果。

参考文献

1. O’Lenick, Thomas and O’Lenick, Anthony Refractive index modification of silicone polymers Personal Care Magazine November 2012, p.59

2. O’Lenick, Thomas and O’Lenick, Anthony Silicones versatile additives to formulations, Household and Personal Care Today nr. 1/2007.

3. O’Lenick, Tony, Understanding Silicones Cosmetics and Toiletries Vol. 121 No. 5 May 2006

4. Siltech LLC Technical Brochure, Multidomain Alkyl Dimethicone Polymers, 2008

5. O’Lenick Anthony and O’Lenick, Kevin Silicone Amphiphiles – Getting the best of both worlds, Household and Personal Care Today, No. 2 /2008

6. O’Lenick, Anthony, Silicones for Personal Care., Allured Publishing 2008

7. <https://surfactantsandmicroemulsions.wordpress.com/microemulsion/iupac-definition/>

8. O’Lenick, Anthony, Silicones for Personal Care., Allured Publishing 2008 p.97.

9. O’Lenick, Anthony, Silicones for Personal Care., Allured Publishing 2008 p.99.

10. <http://www.cosmeticsandtoiletries.com/formulating/function/surfactant/117238823.htm>

11. O’Lenick, Anthony, Silicones for Personal Care., Allured Publishing 2008 p.102.

12. O’Lenick, Anthony and Zang, David, Developing minimally disruptive formulations Personal Care Magazine April 201