

界面：无形却无处不在

Jack Yang^{1*} 和 Emma Hinderink²

¹食品物理和物理化学实验室 (FPE), 瓦格宁根大学暨研究中心 (荷兰, 瓦格宁根)

²多相系统 (SME-P&E), 代尔夫特理工大学 (荷兰, 代尔夫特)

少年审稿人



ALISSAR

年龄: 14



MOMO

年龄: 11

流体 (Fluid)

受力时会流动的液体、气体或其他物质。

不混溶的 (Immiscible)

形容两种不能混溶的液体, 如油和水。

界面 (Interface)

两种不混溶流体接触时形成的边界。

界面这个概念是无所不在的。流体界面指的是两种不相混溶的流体在接触时所形成的边界。油和水的组合是一个典型的例子——它们无法混溶。界面的存在对我们日常生活有着极其重要的影响。虽然我们并不总能直观地看到它们, 但实际上, 它们在我们周围无处不在: 无论是在肥皂中, 冰淇淋里, 甚至是在我们的身体内, 处处都有界面的存在。在这篇文章里, 我们将一起探索界面到底是什么, 它们为什么在我们的日常生活中扮演着如此重要的角色, 以及如何自己创造出界面。更具体地说, 我们将学习如何使用一种称为乳化剂的特殊分子来创造界面。

什么是界面?

在我们的日常生活中, 许多的物质都可以被分类为流体。流体是指那些能够流动的物质, 包括液体和气体。例如, 水、油和空气都是常见的流体。有些流体能够轻松地混溶在一起, 但也有一些流体是不混溶的, 也就是说他们无法溶合在一起, 例如水油不混溶。而界面, 就是两种不混溶的流体在接触时所形成的边界。流体界面在我们的日常生活中无处不在, 但我们并不总能看到它们。例如, 在浴室里, 使用洗发水或肥皂时会产生泡沫, 这些泡沫就是界面。如果没有界面, 就没有很多美味食物的诞生, 比如冰淇淋和蛋黄酱 [1]。同样, 人体的正常运转也依赖于

界面 [2]。界面不仅存在于液体之间，如油和水的界面，也存在于液体和气体之间，比如空气和水的界面。

界面的概念其实很简单，你甚至可以自己动手做个小实验。试着找一个透明的烧杯或玻璃杯，往里面倒入四分之一的水。接着，慢慢地在水面上倒一些油，比如橄榄油，静待片刻。片刻之后，你会看到杯子底部是水层，上面则是油层。这个实验表明，水和油是不相混溶的。大部分油类的密度都比水轻（10 毫升油比 10 毫升水重量轻），因此，在不相混溶性和重力作用下，油层漂浮在水层上方。水和油之间的这个边界，就是我们所说的界面。

正如油和水的混合会产生界面一样，任何两种不混溶的液体混合在一起，都会形成界面。气液混合物也是如此，比如空气和水：它们不会像糖和水那样溶解在一起。由于这种不相混溶性，我们可以在一种流体中形成另一种流体的球形液滴。在油和水的界面中，这种现象被称为**乳状液**；而在空气和水的界面上，则形成了**泡沫**。泡沫和乳状液在许多产品中扮演着重要的角色，提供特定的结构和质感，比如冰淇淋（图 1）。如果没有泡沫和乳状液的存在，冰淇淋就会变成一个没有细腻口感的冰块。

乳状液 (Emulsion)

由两种或两种以上不相混溶的液体组成的混合物，其中一种液体以液滴的形式存在于另一种液体中，例如水中的油滴。

泡沫 (Foam)

由气体和液体组成的混合物，其中许多气泡被液体所包裹。

图 1

冰淇淋：生活中很常见的界面示例。这种美味而复杂的食品中含有油滴和气泡。其中的油滴被水所包围，油滴和水之间的边界就是所谓的油水界面。同样，在冰淇淋中的气泡，也是一个界面的例子——这里的界面是空气和水之间的边界，我们称之为空气-水界面。

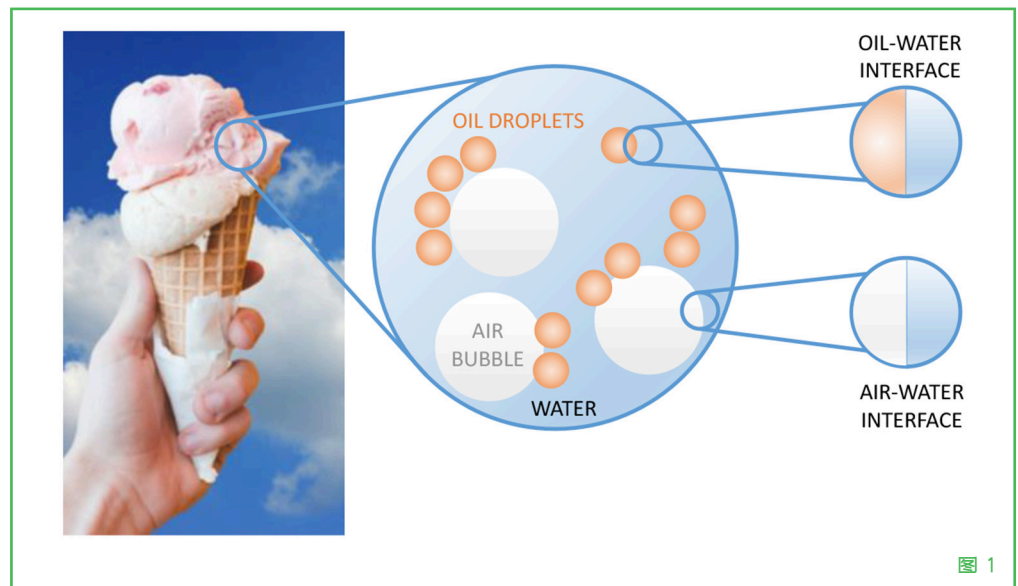


图 1

如何创造更多的界面？

还记得我们说界面无处不在，但你不一定总能看到它们吗？比如，在你做的玻璃杯油水实验中，油水界面是清晰可见的。然而，还有很多界面是肉眼看不见的。例如，当你使用肥皂洗澡或洗手时，就会产生泡沫。这些泡沫由数百万个被水包围的气泡构成，每个气泡与水之间的接触面就形成了一个水气界面。这些构成泡沫的数百万个微小气泡，就包含了大量的界面。

我们可以通过一个简单的实验来直观地展示这个概念(如图 2 所示)。这个实验需要两个有盖的塑料瓶。在第一个瓶子(我们称之为 1 号瓶)中注入一半的自来水。在第二个瓶子(2 号瓶)中加入同样量的水,并滴入几滴肥皂。你已经知道空气和水之间存在着界面。现在,把这两个瓶子的盖子拧紧,然后用力摇晃它们 15 秒钟。你看到了什么?

图 2

(A)我们可以使用肥皂来创造更多的流体界面。首先,我们把两个瓶子各装满一半的水。接着,向其中一个瓶子中加入几滴肥皂。当我们摇晃这两个瓶子时,会发生什么呢?(B)在没有加肥皂的 1 号瓶中,基本上没有什么变化。但是,当我们长时间摇晃加了肥皂的 2 号瓶时,就会产生由许多气泡组成的泡沫,从而大量增加了界面的数量。这是因为肥皂中含有乳化剂。

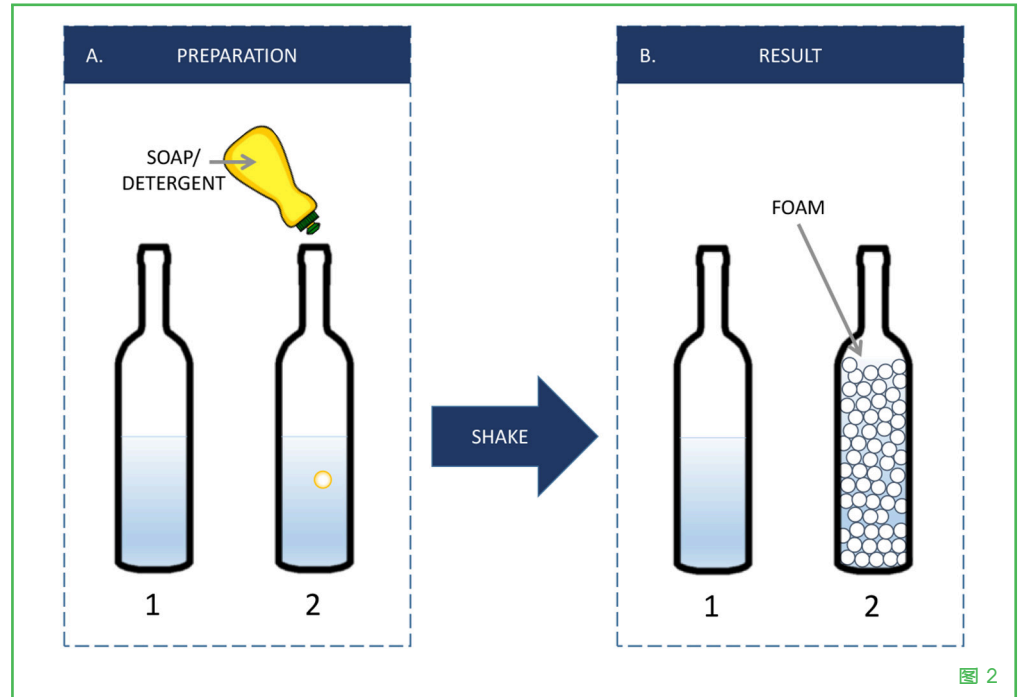


图 2

在 1 号瓶中,你可能观察不到太多的变化。但在 2 号瓶中,你会看到一层厚厚的白色泡沫。这些泡沫是由众多气泡组成的,而每一个气泡周围都形成了一个界面。所以,在 2 号瓶中,由于你制造了大量的气泡,从而产生了比 1 号瓶中更多的界面。这是不是很奇妙?!

为什么 1 号瓶中没有产生泡沫呢?

为什么在实验中只有 2 号瓶产生了气泡,而 1 号瓶却没有呢?要解释这个现象,我们需要更深入地了解空气和水之间的界面。水分子是非常微小的,即使是使用高倍显微镜,也无法直接看到它们。举个例子,一升水中大约含有 3,343,000,000,000,000,000,000 个水分子。

可以想象一下水分子有多小吗?现在,让我们再次关注界面的概念:水分子通常喜欢被其他水分子包围,这是它们最为舒适和放松的状态。在空气-水的界面上,水分子只能被部分水分子包围,同时它们也被空气所环绕(如图 3A 所示)。这对水分子来说是一种压力状态,一种它们并不喜欢的状态;水分子并不愿意长时间保持这种状态。现在,想象一下

图 3

(A) 水分子 (蓝色小球) 喜欢被其他水分子包围, 但空气-水界面上的水分子部分被空气所包裹。因此, 即使经过摇晃, 水分子也倾向于尽量减少界面的数量。(B) 乳化剂具有亲水性的头部 (红色小球) 和疏水性的尾部 (蓝色线条), 因此乳化剂的一部分希望在水中, 而另一部分则希望停留在非水相中, 即界面上。这就减少了水分子与非水相之间的接触, 从而稳定了界面。值得一提的是, 乳化剂的大小通常比水分子大 10 倍以上。

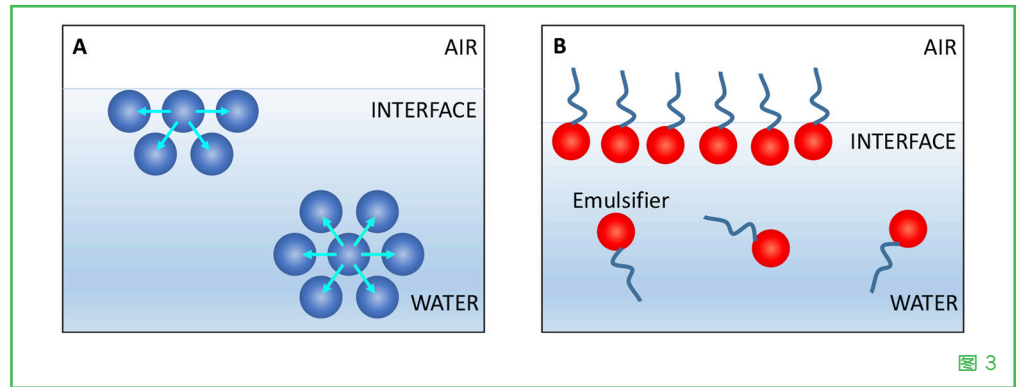


图 3

当我们摇晃 1 号瓶时会发生什么: 我们实际上是在尝试产生更多的气泡来创造更多的界面。这对新形成界面上的水分子来说是不舒服的, 因此水分子会努力回归到最有舒服的状态, 即被水完全包围的状态。那么, 当我们在 2 号瓶中加入肥皂后又会发生什么情况呢?

乳化剂 (Emulsifier)

一种部分亲水、部分疏水的分子。

亲水性 (Hydrophilic)

用来描述喜欢处于水中或对水有吸引力的特性。

疏水性 (Hydrophobic)

用来描述不喜欢处于水中或排斥水的特性。

稳定化 (Stabilization)

使某物稳定, 在这里是指使用乳化剂使界面稳定。

乳化剂拯救界面

肥皂中含有一种称为**乳化剂**的分子, 这些分子的结构非常特殊。乳化剂分子有一个**亲水性**的头部, 同时还有一个**疏水性**的尾部。(如图 3B 所示)。因此, 乳化剂分子的一部分愿意存在于水中, 而另一部分则更倾向于存在于非水相, 比如空气或油中。由于这种独特的结构特性, 乳化剂分子找到了它们的理想位置: 那就是界面。

大家知道界面的一半是水, 另一半是空气或油。因此, 乳化剂特别喜欢停留在这样的界面上。现在, 让我们回到 2 号瓶的摇晃实验。在晃动过程中, 空气被推入水中, 进而产生有各自界面的气泡。这些新形成的界面上, 乳化剂会及时介入。由于乳化剂的存在, 水分子就不再与空气直接接触了。请记住, 水分子本身是不愿意出现在界面上的。但肥皂中的乳化剂能够减少空气和水分子在界面上的直接接触。如果继续摇晃瓶子, 就会形成更多新的界面, 从而产生更多的气泡, 最终形成一层泡沫。这个过程被称为“**稳定化**”——乳化剂通过稳定界面, 使得产生的气泡和泡沫更加持久。

双瓶实验同样适用于水和油的混合。乳化剂分子中的疏水部分也倾向于与油混合。当你在含有油、水和肥皂的瓶子里摇晃时, 会产生许多小油滴。油滴的大小取决于摇晃瓶子的力度和时间长度——如果摇晃时间更长、力度更大, 那么产生的油滴就会更小。实际上, 这个过程与食品工厂制作冰淇淋和蛋黄酱的情景非常相似。

寻找可持续乳化剂

肥皂中的乳化剂确实非常有效，但它们也有一些局限性。这些乳化剂需要经过复杂的化学工艺制造，而且不适合食用，因此不能用于冰淇淋、蛋黄酱等食品的生产过程中。幸运的是，还有其他类型的可食用乳化剂，比如蛋白质。蛋白质广泛存在于牛奶、鸡蛋以及许多其他食品中。因此，牛奶和鸡蛋经常被用来制作需要大量界面的食品。比如，牛奶可以用来制作奶昔和冰淇淋，鸡蛋则被用来制作蛋黄酱。如今，随着对可持续发展的需求增加，环境友好型乳化剂变得越来越重要 [3]。这些可持续乳化剂可以在豌豆、大豆或小麦等植物中找到 [4]。植物乳化剂含有蛋白质、纤维和脂肪，它们都具有稳定界面的能力。植物乳化剂已经被广泛应用于多种产品中，包括冰淇淋、卡布奇诺咖啡和植物基乳制品替代品。此外，这些可持续植物乳化剂还被用于沐浴露、洗涤剂等产品中。

总的来说，流体界面的本质是不稳定的，但乳化剂能够轻松地使这些界面变得稳定。如今，已经有许多种乳化剂在我们日常生活中的很多场景里发挥着重要作用，为我们的生活增添了便利和色彩。然而，我们的探索和研究并未止步，因为我们仍在不断寻找新的、更优质的，以及更加可持续的乳化剂。

参考文献

1. Murray, B. S. 2020. Recent developments in food foams. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 50:101394. doi: 10.1016/j.cocis.2020.101394
2. Rühs, P. A., Bergfreund, J., Bertsch, P., Gstöhl, S. J., and Fischer, P. 2021. Complex fluids in animal survival strategies. *Soft Matter* 17:3022–36. doi: 10.1039/d1sm00142f
3. Hinderink, E. B. A., Boire, A., Renard, D., Riaublanc, A., Sagis, L. M. C., Schroën, K., et al. (2021). Combining plant and dairy proteins in food colloid design. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 56:101507. doi: 10.1016/j.cocis.2021.101507
4. Yang, J., and Sagis, L. M. C. 2021. Interfacial behavior of plant proteins—novel sources and extraction methods. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 56:101499. doi: 10.1016/j.cocis.2021.101499

线上发布: 2024 年 2 月 08 日

编辑: Dominik Großkinsky

科学导师: Loai Aljerf 和 Karen Holmberg

引用: Yang J 和 Hinderink E (2024) 界面: 无形却无处不在. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2023.969789-zh

英文原文: Yang J and Hinderink E (2023) Interfaces: Invisible, Yet All Around Us. *Front. Young Minds* 11:969789. doi: 10.3389/frym.2023.969789

利益冲突声明: 作者声明, 该研究是在没有任何可能被解释为潜在利益冲突的商业或财务关系的情况下进行的。

版权 © 2023 © 2024 Yang 和 Hinderink. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有人, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人



ALISSAR, 年龄: 14

我喜欢在夏天游泳, 也喜欢在镇子上骑马, 还会在公园里尽情嬉戏。无忧无虑的童年生活就像一首美丽的田园诗, 给我留下了许多珍贵的回忆。我积极参加各种课外活动, 不仅参与学校的乐队和戏剧俱乐部, 还加入了一些绿色联谊会, 积极参与校园活动。我还有一个梦想, 那就是在独立电影和广告中出演角色, 甚至尝试做模特, 希望有一天能在电视节目和电影中亮相。



MOMO, 年龄: 11

Momo 热爱大自然, 尤其是城市公园, 因为城市生态让她感受到了大自然的力量。她不仅是这篇文章的审稿人, 还是一个由三位成员组成的评审小组的一员。这个小组的每位成员都对科学和写作充满热情, 他们热衷于探索新的话题, 特别关注如何以生态友好的方式应对气候变化, 致力于为我们的地球创造一个更加美好和可持续的未来。

作者



JACK YANG

Jack Yang 博士是荷兰 FrieslandCampina 公司的食品科学家。他在荷兰瓦赫宁根大学获得了食品技术博士学位。Jack 致力于深入理解 (植物基) 乳化剂的泡沫生成、乳化过程和界面稳定性, 改进食品的质量。他的目标是利用这些知识, 为人们创造既美味又健康、可持续的食品选择。*jack.yang@wur.nl



EMMA HINDERINK

Emma Hinderink 博士是荷兰代尔夫特理工大学的助理教授, 并获得了终身教职。她在 2021 年于荷兰瓦格宁根大学获得了博士学位。Emma 的研究兴趣集中在乳液科学和界面现象领域, 这些课题已经吸引了她十多年的时间。通过她的研究和这篇文章, 她希望能激发年轻研究人员对日常生活中的迷人界面现象背后物理学的深入研究。