

应用报告

应用报告编号: AR285
行业: 食品和饮料
作者: Dr. Daniel Frese, Maria Mihhailova
日期: 05/2018



方法:



Drop Shape Analyzer – DSA30R

关键词: 乳液, 泡沫, 震荡滴, 界面流变, 食品

食品乳化剂中的界面流变

乳液和泡沫的稳定性和感官特性

蛋白质和脂质是食品工业中乳液和泡沫的关键表面活性物质。它们在油/水界面上形成的结构影响泡沫和乳液的稳定性，甚至可以改变这些食物的感官性能。常常使用界面流变测量来检查乳液和泡沫的界面结构。

2018年新开发的振荡滴模块 - ODM 与 ADVANCE 软件结合使用，可以特别方便，快速和精确地测量粘弹性模量 E' ，弹性模量 E'' 和粘性模量 E''' 。我们选择三种不同的改性食品乳化剂，用 DSA30R 与振荡滴模块 (ODM) 相结合，研究乳化剂的界面性能。经过测试，三种乳化剂的弹性模量 E' 差别较大，范围在 20-110 mN/m 之间。



背景研究

界面的膨胀或扩张流变描述了界面如何对面积变化（增加或减小）做出响应。该反应可以是弹性的，也可以是粘性的。通过震荡滴方法，可以相应的得到界面流变的参数，即粘弹性模量 E' ，弹性模量和粘性模量[1, 2]。

应用报告 AR276 详细研究了破乳剂的界面流变行为对原油生产领域中的影响[3]。

相关文献[4]也阐明了这些参数对食品工业的价值:

- 升温过程中，乳清蛋白如何形成凝胶？
- 在流动条件下，哪种表面活性物质最能稳定乳液中的油滴？

- 如何对蛋白质进行改性，以最大程度的减少乳液和泡沫中的不稳定过程，如 Ostwald 熟化/歧化？
- 乳液的感官性能，如以奶油状形式呈现，是否可以与测量参数相关联？

用界面膨胀流变来帮助解决这些问题。从实验角度来看，到目前为止，这并不是件容易的事。尽管这种方法非常有利，许多潜在用户仍不愿使用该方法。2018 年新开发的振荡滴模块结合 ADVANCE 软件，可以方便、精准的测试食品中的界面流变行为。

实验方法

样品

用三种不同的样品进行测试，这些样品在测量之前已经根据用途准备成水溶液（表 1）。这三个样品都是食品中典型的表面活性添加剂。水解蛋白可用作增味剂，且适用于过敏患者。Quillaia 提取物用于非酒精饮料中，以支撑泡沫特性，而甘露酸丙二醇酯作为增稠剂，乳化剂或泡沫增强剂存在于雪糕，调味料或啤酒中。

表. 1: 样品

Sample	Ingredient	Concentration
1	Hydrolyzed protein	20%
2	Quillaia extract (E 999)	1%
3	Propylene-glycolalginat (E 405)	2%

测试方法

振荡滴法用于确定粘弹性模量 E'' ，弹性模量 E' 和粘弹性模量 E [1、2]。为此，将样品吸进玻璃注射器中，与 DSA100 的振荡液滴模块 ODM 相连接。注射器活塞的自动检测和耦合以及 ADVANCE 软件的高度自动化，可以实现高精度和出色的测量重复性。

注射器下方悬挂一个特定体积的液滴，通过压电陶瓷的方式，对液滴体积进行正弦振荡，由于液滴中表面活性剂的迁移，液滴的表面张力也随之呈现正弦变化（图 1）。根据表面张力，液滴面积的变化，以及相位角，即可计算出 E 、 E' 和 E'' ，所有这些都是使用 ADVANCE 软件自动完成的。

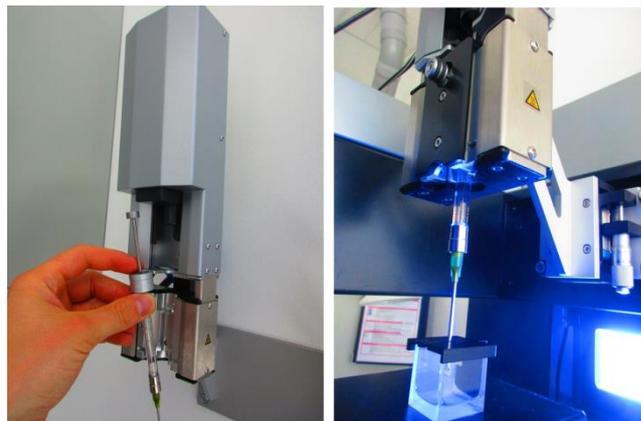


Fig. 1: DSA100 振荡滴模块 ODM 的实验设置。左：加好液体的注射器插入模块中。右：固定注射器后即可开始测量。

在 0.5、1.0 和 3.0 Hz 的频率以及 3.6% 和 4.8% 的振幅（相对于初始区域的变形）下进行测量（数据未显示）。诸如此类的频率和幅度变化以前很复杂，现在可以借助 ADVANCE 软件轻松设置。每个液滴执行十个连续的振荡周期，并用于评估。

结果

样品 1、2 和 3 测得的平衡 SFT 值分别为 37.8、35.5 和 53.4 mN/m。在图 2 中，通过样品 1 的示例显示了振荡过程中面积和 SFT 正弦变化过程。ADVANCE 软件可以直观的查看原始数据（蓝色），以及面积（黄色）和表面张力（蓝色）曲线。

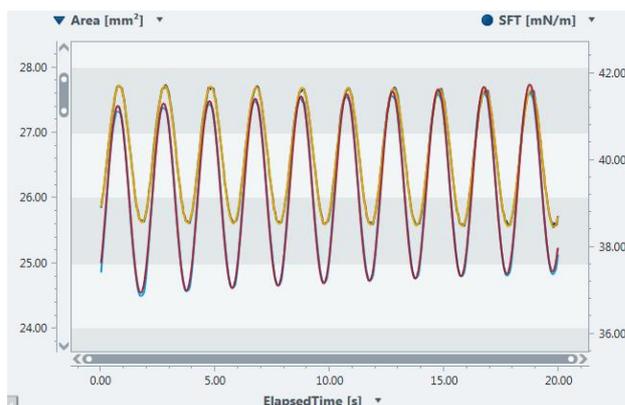


Fig. 2: 样品 1 的面积振荡曲线（深蓝色）和得到的 SFT（浅蓝色），频率为 0.5 Hz，频率幅度为 3.6%。还显示了优化后的正弦函数（面积曲线为黄色，SFT 为红色）。

E' 和 E'' 的结果显示在图 3a 和 3b 中。误差条对应于两次测量的标准偏差，并且在大多数情况下小于相应的符号。ODM 及其测量的高度自动化程度表明了这种高水平的可重复性。

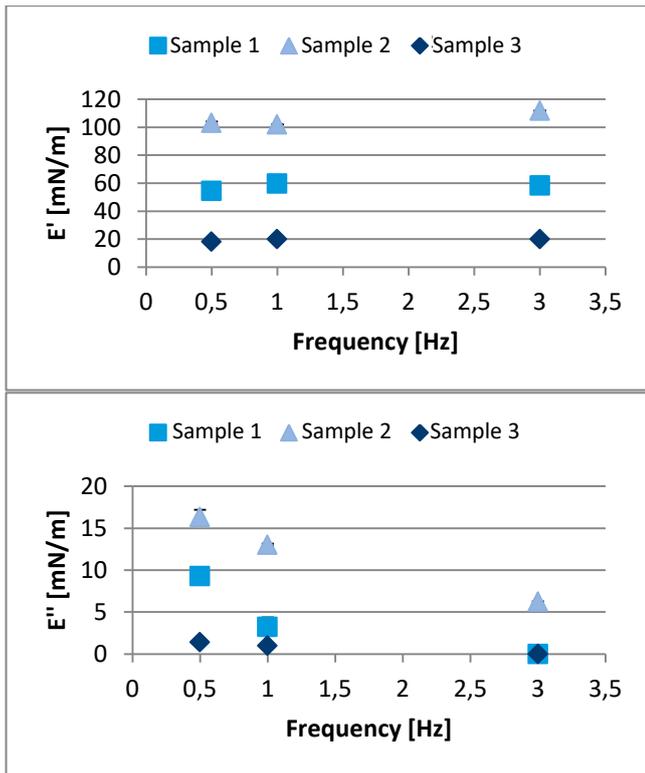


Fig. 3a (上) , 3b (下) : 所有三个样品的弹性模量 E' 和粘性模量 E'' 与振动频率的关系。表面形变的幅度为 $3.6 \pm 0.4\%$ 。

在所有三个样品中，弹性部分主导了界面流变行为 ($E' \gg E''$)。在不同的频率下，每个样品的弹性模量变化较小，但是它们彼此之间结果差别很大，其中样品 2 弹性模量最大，约 100 mN/m。样品 3 的弹性模量最小，约 20 mN/m。随着频率的增加，3 个样品的粘性模量 E'' 均有所降低。

测试结果对于食品生产过程非常有意义。例如样品 2，可根据弹性模量 E' 和表面张力计算出比值 $E'/\sigma = 2.8$ ，根据 Kloeck 等人的模型，如果 $E'/\sigma > 1$ ，泡沫中初始气泡尺寸分布非常稳定，并且奥斯特瓦尔德熟化的分解过程可以减缓或甚至停止。样品 2，具有高 E'/σ 的物质非常适合于稳定食品工业中的泡沫。

最后，值得注意的是，这里提到的所有测量都是在大约两个半小时的时间内进行的。现在，能够快速，轻松且高精度地确定这些关键指标的仪器，正在为研究界面流变学的用户打开大门。

总结

界面流变学参数在食品泡沫和乳液的稳定化和感官修饰中起关键作用。正如我们使用三种常见食品胶体添加剂的示例所展示的，通过新型振荡滴模块 (ODM) 与 ADVANCE 软件相结合，可以轻松，快速和准确地测定这些关键参数。宽频率和振幅范围内简单直观的测量，以及

软硬件结合实现的高度自动化，可以用来全面表征界面性质-而不仅局限于食品工业中。

参考文献

- [1] F. Thomsen, Stretching exercises for drops, [KRÜSS application report AR246](#), 2005.
- [2] G. Schwinn, Characterization of liquid foams [KRÜSS application report AR249](#), 2005.
- [3] I. Kogut, D. Frese, R. Minch, T. Willers, M. Kirchner, Development of customized demulsifiers, [KRÜSS application report AR276](#), 2015.
- [4] B. S. Murray, Interfacial rheology of food emulsifiers and proteins, *Curr Opin Colloid In* 2002, 7, 426.
- [5] M. B. J. Meinders, W. Kloeck, T. van Vliet, Effect of surface elasticity on Ostwald ripening in emulsions, *Langmuir* 2001, 17, 3923.

您也可以访问我们的网站，了解更多应用信息：

<https://www.kruss-scientific.com/services/education-theory/literature/application-reports/>