

# 两种脂肪酸聚甘油酯(PGE)的性质比较

赵亚男<sup>1</sup>, 许晓羲<sup>1,\*</sup>, 黄龙<sup>2</sup>, 凡安银<sup>2</sup>, 梁琰<sup>2</sup>

(1. 东北农业大学, 黑龙江哈尔滨 150030;

2. 丹尼斯克(中国)有限公司, 上海 200335)

**摘要:** 脂肪酸聚甘油酯(Polyglycerol esters of fatty acids, 简称为PGE)在常温下有半固态和固态两种存在状态, 本文通过对分别添加这两种PGE的软冰淇淋基料进行粘度、pH、粒径分析和垂直扫描分散稳定性分析(Turbiscan), 发现半固态PGE的添加量为0.2%时, 乳状液的粘度最低, 粒径最小, 稳定性最好; 固态PGE的添加量为0.4%时, 乳状液的粘度最低, 粒径最小。通过比较发现, 两种PGE对基料的影响有很大差别: 半固态PGE能使乳状液的粒子更小, 并能有效延长乳状液的稳定性; 而固态PGE由于其熔点较高, 可以促进脂肪结晶。

**关键词:** 聚甘油酯, 乳状液, 粘度, 粒径分析, 垂直扫描分散稳定性分析

## Comparison of character of two kinds of polyglycerol esters of fatty acids

ZHAO Ya-nan<sup>1</sup>, XU Xiao-xi<sup>1,\*</sup>, HUANG Long<sup>2</sup>, FAN An-yin<sup>2</sup>, LIANG Yan<sup>2</sup>

(1. Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China;

2. Danisco (China) Co., Ltd., Shanghai 200335, China)

**Abstract:** There are semisolid and solid two exist states of polyglycerol esters of fatty acids (PGE) in ambience. Influence of the two kinds of PGE on the soft-serve mix emulsion in the viscosity, pH, particle size and turbiscan was investigated. There was the lowest viscosity, smallest particle size and longer storage life of soft-serve mix emulsion with 0.2% semisolid PGE, or 0.4% solid PGE. After compare the character differences of two kinds PGE, the result showed that the semisolid PGE could make the smaller particle size and prolong the stabilization of the emulsion; and the solid PGE could boost the crystallization of the fat because of the higher melting point.

**Key words:** polyglycerol esters of fatty acids; emulsion; viscosity; particle size; turbiscan

中图分类号: TS202.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2008)012-0185-03

脂肪酸聚甘油酯及其有机酸衍生物是在世界范围内使用最广的乳化剂<sup>[1]</sup>。其生产过程是丙三醇在高温以及碱性催化剂的作用下聚合成从二甘油到十甘油等许多不同的聚甘油物质。然后聚合甘油与棕榈酸和硬脂酸等脂肪酸进行酯化, 形成脂肪酸聚甘油酯的平衡混合物<sup>[2]</sup>。用脂肪酸对纯化的二甘油进行酯化, 之后再分子蒸馏技术, 可生产浓缩的单酰

基二甘油酯, 这种二甘油酯是亲水、非离子型乳化剂<sup>[3]</sup>。在冰淇淋生产中常用PGE与其他乳化剂复配使用, 可以改善冰淇淋的稳定性, 抗融性和膨胀率等性质。由于不同的脂肪酸使得PGE在常温下的存在状态不同, 有半固态和固态两种, 即为低熔点和高熔点两种。而这两种PGE在其他性质及其对食品乳状液有怎样的影响, 相关报道较少。本实验的研究目的就是找出这两种PGE在软冰淇淋基料这种食品乳状液中所起的作用和其它性质上的差别。

### 1 材料与方法

收稿日期: 2008-03-31 \* 通讯联系人

作者简介: 赵亚男(1979-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 乳品科学。

版社, 2006, 2. 15~23.

[3] 张小宁, 徐更光, 王廷增. 射流撞击粉碎法制备超细炸药颗粒原理分析[J]. 爆炸与冲击, 1999, 19(3): 262~268.

[4] MIFC Corporation, Microfluidizer<sup>®</sup> Processor User Guide [M]. MIFC, 2001. 5~15.

[5] 宫伟力, 方涓. 喷射磨技术与高压水射流粉碎机理研究的新进展[J]. 化工进展, 1998, 17(6): 30~33.

[6] 王习魁, 张裕中. 射流撞击粉碎原理及其关键技术[J]. 轻工机械, 2004(4): 31~34.

[7] 朱美玲, 颜景平, 刘志宏. 机械法制备超细粉机理和能理论研究[J]. 东南大学学报, 1994, 24(4): 1~7.

[8] H K Versteeg, W Malalasekera. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method [M]. Wiley, New York, 1995. 45~55.

## 1.1 材料与设备

脱脂乳粉 新西兰;甜乳清粉 德国;浓缩乳清蛋白 含 80% 乳清蛋白,美国;氢化椰子油 中国张家港;白砂糖 中国上海;聚甘油酯 由丹尼斯克(中国)公司提供。

LVDV II + 型转子粘度计 BROOKFIELD, 美国; 744 型 pH 计 METROHM, 瑞士; Rheostress1 型流变仪 Thermo Haake, 德国; MA2000 光散射仪 FROMULATION, 法国; MarsterSizer2000 粒径分析仪 MALVERN, 英国。

## 1.2 样品基本配方和生产工艺

总干物质含量为 30.73%, 总脂肪 5.47%, 总蛋白质 3.17% (其中酪蛋白含量约为 43%), 非脂乳固体为 8.64%, 冰点降低系数为 20.78, 相对甜度 17.04。

干物料在室温下混合后加入到 50℃ 的温水中溶解, 并将 50℃ 下溶解好的脂肪混入其中, 之后再加热到 70℃ 均质 (200bar), 然后在 90℃ 杀菌 5min, 并在 60℃ 条件下灌装到无菌瓶中。在杀菌前添加叠氮化钠 (0.04%) 来抑制储藏过程中微生物的生长。

## 1.3 理化特性检测

1.3.1 粘度和 pH 检测 利用旋转粘度计检测乳状液的表观粘度, 采用时间测量法, 通过实验验证, 确定在 25℃ 时用 S62 转子以 100r/min 的转速, 旋转 30s 的条件来测量乳状液的表观粘度。平行测量两次, 取平均值记录<sup>[4-6]</sup>。利用 pH 计测量冰淇淋料液在 25℃ 时的 pH, 平行两次取平均值。

1.3.2 激光衍射粒径分析 激光衍射粒径分析是根据颗粒能使激光产生散射这一物理现象测试粒度分布的。这样, 不同角度测量散射光的强度, 就可得到样品的粒径分布<sup>[7]</sup>。用 Mastersizer-2000 激光衍射仪测量缓冷室温储存第 1d 的样品中粒子的大小。操作参数为颗粒折射率 1.529, 颗粒吸收率 0, 分散剂折射率 1.330, 遮光度 12.5%<sup>[8]</sup>。

1.3.3 垂直扫描分散稳定性分析 (Turbiscan) 垂直扫描分散稳定性分析可以在不破坏样品的情况下, 直接分析浓缩和不透明的样品。它是通过分析样品中清晰 (透射) 和不透明的 (反射) 的部分来反映其中粒子的变化情况, 追踪样品的物理演化过程。将 5mL 样品在无菌环境下注入到圆柱状玻璃管中, 并在室温环境中储藏。以波长为 850nm 的近红外光波进行扫描<sup>[9]</sup>, 每 24h 扫描一次, 连续六次。扫描高度为 5~46mm (样品高度), 对散射角为 135° 的散射光进行分析。平均散射光的降低说明样品中粒子数量减少, 并且体积增加, 样品出现絮凝或聚结等不稳定现象。

## 2 结果与讨论

### 2.1 两种 PGE 对样品粘度和酸度的影响

PGE 的添加对乳状液的粘度影响较大。本实验选择了 PGE 的添加量为 0.04%、0.07%、0.10%、0.20% 和 0.40% 五个浓度梯度进行粘度的比较, 结果如图 1 所示。

从图 1 中可知, 不同存在状态的 PGE 对样品粘度的影响差别很大, 固态 PGE (solid PGE) 的添加量

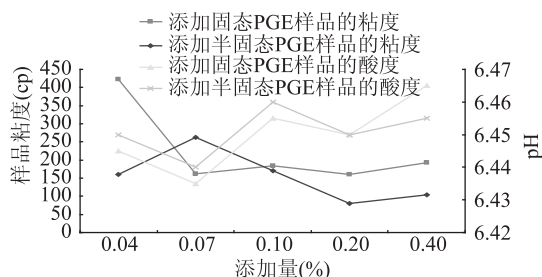


图 1 不同 PGE 对样品粘度和酸度的影响

从 0.04% 上升到 0.07% 时, 样品的粘度从 423.5cp 迅速下降到 162cp 之后稳定在 150~200cp 之间; 而半固态 PGE (semisolid PGE) 在添加量为 0.07% 时, 样品的粘度达到最高, 为 261.9cp, 在添加量为 0.20% 时最低, 为 80cp。由此可知, 固态 PGE 在少量添加时样品的粘度迅速下降到一个平衡范围, 之后维持在范围内。半固态 PGE 有上升后再下降的特点。

从 pH 曲线看出一个有趣的现象, 即不论固态还是半固态 PGE, 对样品的酸度影响都不显著, pH 维持在 6.43~6.47 范围内, 但是却呈现出波浪上升的趋势。

### 2.2 两种 PGE 对样品粒子大小的影响

一种乳状液中液滴大小并不是完全均匀的, 一般各种大小皆有, 而且有一定分布。液滴大小分布是表征乳状液特性的重要参数<sup>[10]</sup>。两种 PGE 的添加对样品粒子的影响存在一定差别, 见图 2。

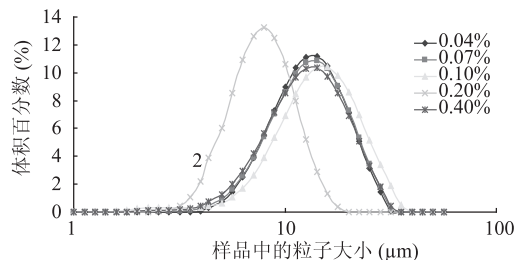


图 2 PGE semisolid 的添加量对样品粒子的影响

从图 2 可知, 半固态 PGE 在添加量为 0.20% 时, 样品的粒子最小; 在其他添加量时, 样品粒子的大小相近。由此可知, 半固态 PGE 的最适添加量为 0.20%。与半固态 PGE 很相似, 固态 PGE 在添加量为 0.40% 时样品的粒子最小, 其他添加量时样品粒子的大小相近。除了添加量为 0.04% 时, 样品粒子较大。

对添加两种 PGE 的样品进行比较发现, 半固态 PGE 在最适添加量时样品的粒子比固态 PGE 添加量为 0.4% 时的样品粒子小一些, 如图 3。这表明半固态 PGE 比固态 PGE 更容易被吸附到水/油界面膜上, 并使之稳定。由于半固态 PGE 分子中的烃链 (疏水基团) 较固态的要短一些, 亲水基团与疏水基团的体积比较大, 因此可以形成较小的粒子, 并且稳定水/油界面所需乳化剂的量较少。而固态 PGE 的烃链较长, 亲水基团与疏水基团的体积比较小, 所形成的样品粒子较大, 稳定水/油界面所需的乳化剂较多。

### 2.3 通过垂直扫描分散稳定性分析

两种 PGE 样品对稳定性的影响差别较大, 通过 Turbiscan 分析可知, 半固态 PGE 可有效改善软冰淇

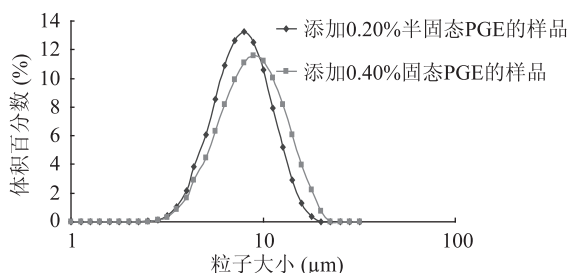


图3 不同状态下PGE的粒子大小比较

淋基料的稳定性,而固态PGE此性质较弱,结果如图4和图5所示。

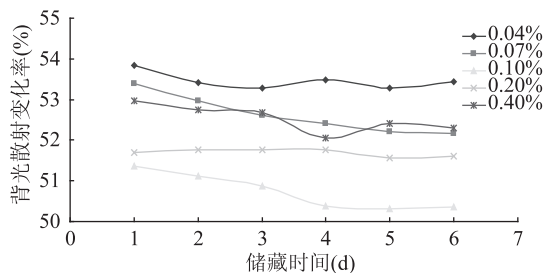


图4 半固态PGE的垂直扫描分析

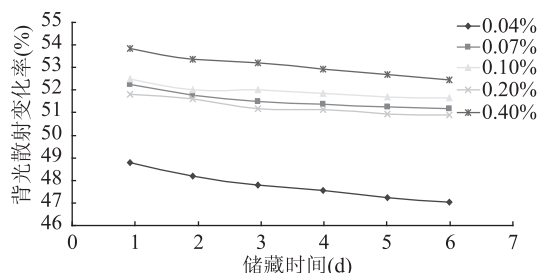


图5 固态PGE的垂直扫描分析

对图4分析可知,只有半固态PGE的添加量为0.20%时,样品的平均散射光随储藏时间的延长几乎没有变化,维持在52%左右;其它添加量时,样品的平均散射光随着储藏时间的延长而下降。说明半固态PGE的添加量为0.20%时,乳状液中粒子没有随储藏时间的延长而有明显变化,本样品的宏观稳定性较好。

从图5中可知,添加固态PGE的样品,随着储藏时间的延长,样品的平均散射光都有下降的趋势,宏观上样品有肉眼可见的不稳定现象发生。即使在添加量为0.40%,样品粒子最小的情况下,仍有不稳定现象发生。

由于PGE为非离子型乳化剂,不能在液滴粒子表面形成双电层来增加液滴粒子间的静电斥力以稳定乳状液,而固态PGE所形成的界面膜稳定性差,容易破裂,使粒子间发生絮凝和(或)聚结等现象,造成乳状液不稳定现象发生。半固态PGE在其最适添加

量时,可形成较为稳定的界面膜,可有效延长乳状液的稳定时间。

### 3 结论

通过本次实验可知,PGE的添加量对乳状液的粘度、粒子大小和稳定性影响很大。对于软冰淇淋乳状液来说,半固态PGE的最适添加量为0.20%,固态PGE的最适添加量为0.40%。而且半固态PGE和固态PGE不仅存在状态有差别,它们在性质上也有很大不同。半固态PGE对样品粘度的影响是少量增加时粘度上升,随着添加量的增加,样品的粘度产生波动,而固态PGE则是少量增加时样品粘度迅速下降,之后维持在一定范围内。它们对样品粒子大小的影响都有最适添加量时粒子直径最小的特点。垂直扫描分散稳定性分析发现,半固态PGE可有效增加样品的稳定性。

另外,本次实验发现固态PGE具有促进常温下脂肪结晶的特性。在常温下呈固态的PGE其熔点较高,室温条件下可以凝固结晶,由于乳化剂本身就是一种特殊的脂肪,它的结晶就可促使与其有相似结构的脂肪结晶。

### 参考文献:

[1] 黄龙. 单甘油脂与聚甘油脂的理化特性及其在含乳蛋白乳状液中的应用[J]. 丹尼斯克技术备忘录,2007.

[2] TP18 - 1e. Food Emulsifiers—Chemical Structure and Physico—chemical Properties [J]. 丹尼斯克技术备忘录,2007.

[3] 布赖恩 M 麦克纳编著,李云飞译. 食品质构学——半固态食品[M]. 化学工业出版社,2007.

[4] 胡国华,陈明. 亚麻籽胶的特性及其在冰淇淋中的应用[J]. 冷饮与速冻食品业,2003,9(4):23~25.

[5] 刘梅森,何唯平,陈胜利. 4种稳定剂对软冰淇淋品质协同作用研究[J]. 中国乳品工业,2005,33(12):19~21.

[6] 刘梅森,陈胜利,何唯平. 稳定剂对软冰淇淋品质的影响[J]. 冷饮与速冻食品工业,2005,11(3):26~30.

[7] 苏米亚,莫蓓红. 超高温牛奶产品货架期内的稳定性分析方法[J]. 乳业科学与技术,2006(120):221~226.

[8] 吕兵,陈洁,夏文水. 乳化剂、油浓度及油滴粒径对乳状液中油脂氧化稳定性的影响[J]. 粮油加工,2007(3):58.

[9] R Vie, N Azema, J C Quantin, E Touraud, M Fouletier. Study of suspension settling: A approach to determine suspension classification and particle interactions[J]. Colloids and Surfaces A, 2007,298:192~200.

[10] 袁炳毅. 乳化作用及其在化妆品工业的应用(一)乳状液的形成及其特性[J]. 日用化学工业,1999(1):47~51.

(上接第109页)

2006,27(8):90~92.

[3] 阎吉昌,崔春月,张奕,等. 芦荟多糖的分离纯化及结果分析[J]. 高等化学学报,2003,24(7):1189~1192.

[4] 叶舟,陈伟,林文雄. 芦荟活性多糖保护性分离技术研究[J]. 中国生态农业学报,2006,14(3):129~131.

[5] 杜红延. 制汁工艺对芦荟凝胶原汁贮藏稳定性的影响

[J]. 食品与发酵工业,2003,29(9):39~41.

[6] 赵玉清,郑兆艳,马蒸钊,等. 芦荟浓缩汁/原汁/饮汁的制备及营养成分的比较[J]. 食品科学,2006,27(11):287~289.

[7] 常秀莲,王长海,冯咏梅,等. 4种芦荟的物理性质及多糖含量的测定[J]. 食品与发酵工业,2003,23(9):1~5.