

# 超声促进胶体聚沉作用的研究

丘泰球 胡松青 谢雄飞 张喜梅

(华南理工大学轻化工研究所 广州 510641)

1997年8月29日收到

**摘要** 本文研究了超声促进胶体聚沉作用, 选用了具有代表性的原糖溶液和老抽酱油为研究对象, 研究表明: 适宜的超声参数能十分显著加速胶体的聚沉, 为物理场手段除去胶体提供一个新的途径。

**关键词** 超声, 胶体, 聚沉, 空化

## Colloidal coagulation and precipitation promoted by ultrasound

Qiu Taiqiu Hu Songqing Xie Xiongfei Zhang Ximei

(The Research Institute of Light Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641)

**Abstract** In this paper, two typical colloidal systems (raw sugar solution and dark soy sauce) are treated by ultrasound, and the effect of ultrasound in colloidal coagulation and precipitation is studied, the results indicate that with suitable ultrasonic parameters the effect can be obvious. New way is provided for removing colloidal by physical field.

**Key words** Ultrasound, Colloidal, Coagulation and precipitation, Cavitation

### 1 引言

胶体是指分散粒子直径在 1nm-100nm 之间的多相体系, 它不能透过半透膜, 扩散速度慢, 渗透压低, 能显著增大溶液的粘度。化工生产过程的许多工序都和胶体发生关系, 胶体的来源不只是原生胶体, 还有新生胶体, 胶体的存在会使生产过程发生困难, 常常降低产量和质量。例如, 制糖过程中若有胶体存在, 会使糖液粘度增加, 过滤变慢, 泡沫生成, 色泽加深, 最后妨碍蔗糖结晶。因此, 胶体的聚沉、去除是化工过程非常重要的环节。

胶体粒子虽然会受到地心引力的作用, 但它们的布朗运动强度相当大, 足以与引力对抗, 使它难以沉降。从另一方面来说, 胶体粒子的运动却应使它们彼此经常碰撞, 紧密接触, 结成较大粒子而沉降下来。可是, 事实却不是这样, 很多情况下溶胶能保持好多年而没有明显变化。显然, 在溶胶内有某些可以防止粒子变大的因素在起作用, 使溶胶保持它的稳定性, 只要减弱或消除这些因素, 就能促使粒子聚成大粒子而沉降下来, 这种胶体粒子聚成较大粒子的过程叫做聚沉。

目前,化工过程胶体聚沉、去除的方法有化学法及生物法,但现有的方法存在不少缺点,特别是对于食品生产过程,化学法及生物法有较多的限制,因为生物或化学试剂要考虑一个食用安全性的问题。因此,探索有工业意义、实用、安全的促进胶体聚沉、去除的方法是非常重要的课题。作者基于这一出发点,进行了超声促进胶体聚沉作用的研究。

## 2 实验

### 2.1 实验设备与材料

#### 2.1.1 实验设备与仪器

本实验选用的超声设备有两台:(1)频率 16.5kHz、电功率 0-250W;(2)频率 25kHz、电功率 300W。

实验仪器:(1)电导仪, DDS-11A 型;(2)表面张力仪, BZY-180 型

#### 2.1.2 实验材料

(1)原糖(含蔗糖 95%),产地澳洲。原糖是指国外在原料地区将甘蔗首先以简单方法制成的糖,然后再集中运往世界各地精炼糖厂进一步提纯结晶,为制精糖的原料糖,含杂质多达 2.75%。原糖溶液所含胶体物质为树胶质、蛋白质、淀粉等,多是一些亲水胶体。

(2)老抽酱油,产地广州天天食品厂。老抽酱油是酱油的一种,它体态稠、色泽浓,风味醇厚,具有天然酱香,是我国人们喜爱的一种传统调味品。未澄清的老抽酱油中胶体的成分主要是蛋白质、成曲蛋白酶、糊精和菌体带入的一些杂质,这些大多数为亲水胶体。

## 2.2 实验方法

### 2.2.1 超声对原糖溶液胶体的聚沉作用

取原糖配成 60°Bx 糖液,过滤,温度 70°C,用阿贝尔折光仪测定滤液的锤度,用旋转粘度计测定滤液粘度,按酒精凝聚法测定滤液胶体含量,用分光光度计、按 ICUSMA 法测定滤液色值。另在 70°C 情况下超声处理糖液,作用频率 16.5kHz、电功率 250W,作用时间为 0,2 min,4 min,6 min,10 min,然后过

滤,按以上方法测定滤液的各项指标,以进行对比。

### 2.2.2 超声对老抽酱油胶体的聚沉作用

取 30ml 未澄清的生老抽酱油,加热到 85°C,加热 30 min 后倒入刻度试管中,每支 15ml,于室温 30°C 下用电功率 300W、频率 25kHz 的超声处理,作用时间 2 min,取出样品,于室温下静置沉降,每隔一小时记录上层清液体积,以 ml 表示,并以未进行超声处理的空白样进行对比。

### 2.2.3 超声对原糖溶液表面张力的影响

取 200ml 原糖溶液(60°Bx),加热到 70°C,用电功率 250W、频率 16.5kHz 的超声处理,作用时间 0,2 min,4 min,6 min,10min,即测糖液表面张力。

### 2.2.4 超声对原糖溶液电导率的影响

取 200ml 原糖溶液(60°Bx),加热到 70°C,用电功率 250W、频率 16.5kHz 的超声处理,作用时间 0,2 min,4 min,6 min,10min,即测糖液电导率。

## 3 结果与讨论

### 3.1 超声对原糖溶液胶体聚沉作用的结果

由表 1 数据看,在超声作用下,糖液的粘度、色值、胶体物质含量均有所下降,而且随作用时间的延长而更多下降,糖液的锤度却无明显的变化,说明超声作用下胶体物质得到有效除去,糖液中着色物质有相当一部分以胶体形式存在,因此在去除胶体的同时,色值也下降,并导致糖液粘度的下降。

表 1 超声对原糖溶液胶体含量的影响

超声作用时间 (min)	0	2	4	6	10
锤度(°Bx)	59.3	59.2	59.0	59.0	59.1
粘度(cp)	72.5	72.1	71.4	70.5	70.1
色值(IU560)	1310	1205	1180	1120	1103
胶体含量 (g/100g 干固物)	0.764	0.703	0.681	0.654	0.607

### 3.2 超声对老抽酱油胶体聚沉作用的结果

由图 1 可以看到, 超声对老抽酱油聚沉有明显的效果, 使用频率为 25kHz 的超声波聚沉效果明显优于未进行超声处理的老抽酱油。且超声处理的样品沉降 5-6 小时后, 固-液界面很清晰, 为一条直线, 而未经超声处理的样品在相同的时间内, 固-液界面比较模糊, 要经过 12 小时以上才出现较为明显的分界面。

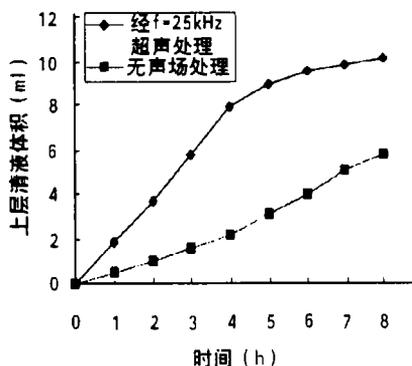


图 1 超声对老抽酱油聚沉作用的影响

### 3.3 超声影响糖液表面张力的结果

由表 2 的数据可以看出, 糖液表面张力随着超声作用时间的延长呈下降趋势。表面张力是物质分子间相互作用力宏观表现, 由于亲水胶体与水分子的相互作用力很大, 所以糖液表面张力大于同温度下水的表面张力 (70°C 时纯水的表面张力为此 64.4N/m), 糖液表面张力在超声作用下降低, 说明超声作用降低了亲水胶体与水的相互作用力。

表 2 超声作用下原糖溶液表面张力的变化

超声作用时间 (min)	0	2	4	6	10
表面张力 (DYN/cm)	68.2	61.7	59.2	57.7	56.8

### 3.4 超声影响糖液电导率的结果

由表 3 的数据可以看出, 糖液电导率随着超声作用时间的延长而呈上升的趋势。电导率上升表明糖液中导电物质运动速度的提高,

从而也表明糖液中介质与胶体粒子运动速度也加快。

表 3 超声作用下原糖溶液电导率的变化

超声作用时间 (min)	0	2	4	6	10
电导率 (mN/cm)	0.91	0.93	0.97	0.99	1.02

### 3.5 讨论

溶胶 (分散介质为液体的胶体体系) 的“稳定”是有条件的, 一旦稳定条件被破坏, 溶胶粒子就会聚结、长大, 最后从介质中沉出。影响这种聚沉作用的因素很多, 本文从作者的实验结果着重讨论超声波影响胶体聚沉作用的某些机理。

原糖溶液和老抽酱油所含胶体物质大多数为亲水胶体, 亲水胶体稳定存在的原因之一是因为它具有水化层结构 (见图 2)。前人的许多实验表明, 水化层的水分子是比较定向排列的, 当胶体微粒彼此接近时, 水化层就被挤压变形, 而引起定向排列的引力力图恢复水化层原来的定向排列, 这样就使水化层表现出弹性, 成为胶粒彼此接近时的机械阻力。另外, 水化层中的水较之体系中的“自由水”有较高的粘度, 这成为胶粒相互接近时的机械障碍。总之, 胶粒厚度约为 1-10nm 的水化层客观上起了排斥作用, 从而阻止胶粒间的聚结。

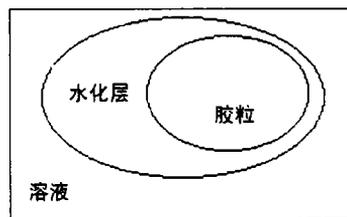


图 2 亲水胶体结构示意图

当超声波输入原糖溶液或老抽酱油时, 有可能由于超声波的剪切作用和空化作用破坏了

(下转第 44 页)

7 Popovics J S, Rose J L. *IEEE Transactions, Ferroelectrics, and Frequency Control*, 1994, **41**(1): 140-143.

8 (英)J 西拉德主编, 陈积懋, 余南廷译. 超声检测新技术. 北京: 科学出版社, 1991.

9 王耀俊, 许明翔. 声学学报, 1995, **20**(3): 161-169.

10 Chimenti D E. Ultrasonic Symposium, 1991, 863-871.

11 Nayfeh A H. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1995, **97**(4): 2056-2062.

12 Tverdokhlebov, Rose J L. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1988, **83**: 118-121.

13 Budreck D E. Rose J H. *Elastic Waves and Ultrasonic Nondestructive Evaluation*. Elsevier Science Publishing Company Inc, 1990.

14 Alleyne D, Cawley P. *IEEE Trans Ultrason and Freq Control*, 1992, **38**: 381-397.

15 Sun K J, Johnston P H. Ultrasonic Symposium, 1992, 763-766.

16 Al-Nassar Y N, Datta S K, Shah A H. *Ultrasonics*, 1991, **29**(2): 125-132.

17 Cho Y, Rose J L. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1996, **99** (4): 2097-2109.

18 Vary A. *Materials Evaluation*, May, 1991, 581-586.

19 Kautz H E, Lerch B A. *Materials Evaluation*, 1991, 807-812.

20 Gorman M R, Ultrasonics Symposium, 1991, 1039-1045.

21 Scruby C B, et al. *J. Appl. Phys.*, 1980, **51**: 5210-5219.

22 陈积懋. 无损检测, 1994, **16**(4): 111-115.

~~~~~

(上接第 34 页)

胶体粒子的水化层, 使亲水胶体于水分子的相互作用力减弱 (表现为表面张力下降, 见表 2), 降低胶体粒子凝聚的位能, 利于胶粒彼此接近。此外, 空化产生的气泡的反复膨胀、收缩, 提供给胶体粒子的能量加速了胶体粒子的碰撞 (表现为电导率的上升, 见表 3), 促进胶体粒子发生凝聚沉降。

#### 4 结语

本文是关于超声促进胶体聚沉作用的研究, 我们选择了原糖溶液和老抽酱油 2 个研究对象。对 2 个研究对象的实验结果我们总结出以下结论:

(1) 对 2 个研究对象超声能促进胶体聚沉, 其作用原理可能是空化效应。对其它对

象, 需要更多的实验验证。

(2) 不同的胶体物质性质有所不同, 超声对其作用效果不同。针对不同的胶体物质, 选择适宜的超声参数, 有利于超声凝聚效应。

(3) 超声作为一种物理场, 在胶体凝聚作用, 有生物法与化学法难以替代的优点。

#### 参 考 文 献

1 Highshitoni K O. et al. *Chemical Engineering Science*, 1981, **36**(12): 1877-1882.

2 程存弟. 超声技术. 西安: 陕西师范大学出版社, 1993, 208-213.

3 Mandalis E. *Ultrasonics*, 1984, **32**(2): 113-121.

4 沈钟, 王果庭. 胶体与表面化学. 北京: 化学工业出版社, 1991, 66-77.