

# 乳液状食物的超声频谱分析(I)

## ——牛奶掺水的超声实验鉴别

杨瑞科 魏忠仁 吴俊林

(陕西师范大学物理系 西安·710062)

### 1 引言

应用低强度、低兆赫的超声,对生物软组织定征及对非生物材料的物理化学特性的研究是一种有效的方法<sup>[1],[2]</sup>。由于超声具有无损伤、无污染、鉴别材料特性的方法简便、精度高等特点,不但已广泛地应用于临床医学、工业检测等领域,而且也已逐渐地应用于食品科学的研究、生产,特别是鉴别、检验领域内。英美等西方国家的研究工作者已在60~70年代把超声技术引进了食品行业,迄今已做了不少的工作<sup>[3],[4]</sup>。1989年D.J.McClelements等<sup>[5]</sup>在英国应用1.25~10MHz的超声,在20℃的条件下,分析了含油脂量不同的乳状食物(色拉奶油),建立了声速、声衰减等超声参量与食物中油的含量浓度、油微滴尺寸之间的关系。并证明了超声法具有速度快、精度高、能实现自动操作等优点。此人1992年在美国应用超声研究了可食用的油和脂的特性。在文献<sup>[6]</sup>中指出,超声能被用来确定油的动态流变性和成分、乳状液食物中油的含量和微粒大小以及部分结晶的乳状液食物中的固态脂肪含量,并指出超声技术是定征脂肪和油类特性的很有用的方法。

本文应用超声频谱分析法分析了牛奶中水分含量的变化所引起的超声谱的衰减,这

为利用超声衰减来鉴别牛奶中及其它乳状液中掺水奠定了实验基础。本文的研究对于牛奶及其它乳状液食物的成分、掺假及变质等的鉴别具有实用价值,对于改进食品成分的分析及检验方法具有实际意义。

### 2 原理与方法

超声波在介质中传播时,随着传播距离 $x$ 的增加,声压的幅度 $P$ 按指数函数规律衰减。而对于同种介质,当不同频率的超声波在其中传播时,其衰减也不相同。因此,声压幅度不仅与声波传播距离 $x$ 有关,还与超声波的频率 $f$ 有关,它们之间的关系表示如下:

$$P(x, f) = P_0(f) \cdot \exp[-\alpha(f) \cdot x] \quad (1)$$

其中,  $\alpha(f)$  为介质的声衰减系数。

因此,在相同的超声频率下,可通过测量声波渡越介质后声压幅度的变化来测定介质的声衰减系数。若 $\alpha$ 的单位为dB/cm,那么,声衰减系数的表示式为:

$$\alpha = 20 \cdot \frac{1}{x} \cdot \lg[P_0/p(x)] \quad (2)$$

由于超声衰减与频率有关,即 $\alpha = \alpha(f)$ 。因此,许多研究者对一般液体或软组织的 $\alpha$ - $f$

收稿日期: 93-8-9; 修回日期: 93-10-11

关系的研究结果表明为近似指数关系<sup>[7]</sup>,可表示如下:

$$\alpha(f) = A + Bf^n \quad (3)$$

其中,  $A, B$  为与介质特性有关的常数,  $n$  一般为 1 ~ 2 之间的常数。

从(3)式可看出, 频率越高, 衰减系数越大。这就说明了一般介质对超声具有低通效应。因此, 应用窄带换能器进行测量时, 牛奶的超声频谱相对于蒸馏水的频谱会产生漂移, 如图 1 所示。由于高频段的衰减较低频段的衰减为大, 直观上就好像谱峰向低频方向产生了漂移, 因此, 也可通过测量频谱的谱峰漂移来鉴别介质材料的物理化学特性。

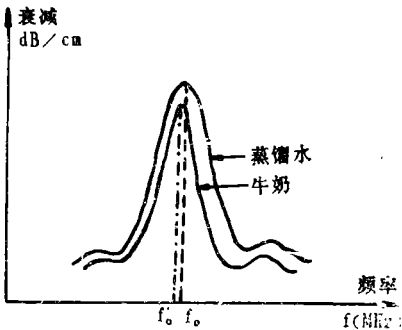


图 1 实验测量频谱说明图

本文应用超声谱差法, 对不同浓度的牛奶的声衰减进行了测量。实验选用一对 3.56MHz 的探头分别作为发射探头与接收探头。在每组测量时, 保持其间距不变, 先对蒸馏水的声衰减谱进行测量、存储以作为比较, 然后再对不同浓度的牛奶溶液进行测量, 从而可获得声衰减与牛奶浓度之间的变化关系。在同样的条件下, 我们还观察了变质牛奶与正常牛奶之间的谱差异。实验发现, 牛奶变质后, 不仅在外观上可看出, 且在谱特性上表现尤为显著。

### 3 测量装置

实验测量采用了 HP-3585B 型频谱分析

仪, 由于该仪器具有数字显示与存储功能, 且能自动读出测量结果。因此, 测量速度快, 精度高, 结果精确。图 2 给出了实验装置的框图。

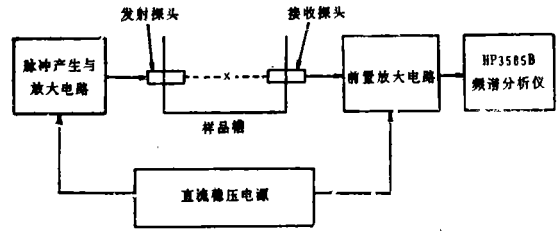


图 2 实验装置方框图

### 4 实验测量及数据分析

在 20℃ 的条件下, 应用 3.56MHz 的脉冲式超声探头对 10 种浓度不同的牛奶溶液 (牛奶粉的水溶液) 的超声衰减进行了测量, 其测量结果如附表。表中的每个测量结果均为 10 次测量的平均值, 全部结果是由两组实验获得。由于在做两组实验时发、收探头的间距  $x$  及同轴性有所改变, 因此, 其衰减值发生变化, 但实验结果一致性很好, 即同样的浓度改变会引起同样的衰减变化。从表中还可看出, 对于浓度只发生 0.15% 的变化, 用谱差法测量其衰减就可分辨出。

附表 牛奶超声衰减的测量结果

牛奶浓度 (重量百分比)	衰减 (dB)	浓度变化	衰减改变 (dB)
2.78%	-46.48		
2.44%	-46.23	0.34%	0.25
2.17%	-46.05	0.27%	0.18
1.96%	-45.91	0.21%	0.14
1.79%	-45.81	0.17%	0.10
1.64%	-45.74	0.15%	0.07
2.65%	-48.48		
2.44%	-48.32	0.21%	0.16
2.80%	-48.60	0.36%	0.28
3.39%	-48.94	0.59%	0.34

在同样的条件下。我们也观察了牛奶变质后哪些声参量会发生较大的变化。实验发现,牛奶变质后,对超声波衰减增大,其衰减较正常牛奶增加2.0dB以上,而且其谱峰向低频方向漂移可达0.016MHz,比牛奶浓度变化所引起的频漂要显著得多。这主要是由于牛奶变质后,牛奶物质结构发生变化,出现了大的乳状微粒。这些大微粒的存在不仅使其对超声波的衰减增大,主要会使其对超声波的散射增大。而声散射随频率的变化更显著<sup>[7]</sup>,这是产生频漂的主要因素,因此,变化后的牛奶,其频漂较为显著。

## 5 结论

超声谱差法测量衰减的方法用于测牛奶浓度的变化是一种非常有效的方法,它可以分辨出牛奶浓度0.15%的变化。因此,用于牛奶掺水鉴别是一种相当有效的方法。当然,用于鉴别牛奶是否变质也是一种可行的方法。这种方法,不但对牛奶适用,对于其它

乳液状食品的鉴别也是具有实用价值的。

## 参考文献

1. 冯若等. 用脉冲插入取代法研究物质的超声性质. 声学进展, 1983; 2(4):28~31
2. 杨瑞科等. 层软组织超声衰减特性的实验研究. 声学技术, 1992; 11(4):32~34
3. C.Javanud. Applications of ultrasound to food systems. Ultrasonics. 1988; (26):117~123
4. Bhatti. S. S, et al. Ultrasonic testing of milk. Acustica. 1986; (62):96~99
5. D.J.McClelements, et al. Ultrasonic characterization of a food emulsion. Ultrasonics 1990; (28):266~272
6. D.J.McClelements, et al. Ultrasonic analysis of edible fats and oils. Ultrasonics. 1992; (30):383~388
7. J.C.bamber, et al. Acoustic properties of normal and cancerous human liver-I. dependence on pathological condition. Ultrasonidin Med. & Biol. 1981; (7):121~133

\*\*\*\*\*

(上接23页)

半波长谐振长度:  $l = \frac{\lambda}{2}$

角位移放大倍数:  $M_{\theta} = N^4$ ,  $N = D_1/D_2$

节点位置:  $x_0 = \lambda/4$

限制条件: 无

由以上比较知,对纵振型和扭振型变幅杆来说,虽然对应各有相同形状参数的指数型和阶梯型杆,但在两种振型中,对指数型杆来说,除了频率方程的形式对应相似外,其他参数都不尽相同;对于阶梯型杆来说,

除两者的放大倍数不同外,其他参数均类同。故在具体的换能器设计计算时必须注意。

## 参考文献

- 1 根本佐久良雄·森荣司. 日本音响学会誌, 1972; 28:117
- 2 何祚镛等. 声学理论基础. 国防工业出版社, 1981:15.
- 3 阮世隄. 应用声学, 1982; 1(4):23~28.
- 4 阮世隄. 应用声学, 1986; 5(2):22~28.