

## 豆浆的电导率

李修渠<sup>①</sup> 李里特

辰巳 英三

(中国农业大学食品学院) (日本农林水产省国际农林水产业研究中心)

**摘要** 研究了温度和固形物质量分数对豆浆电导率的影响,比较了在豆浆中加入豆渣以及带渣和不带渣煮浆的加热速率和电导率。实验结果表明:豆浆的电导率随温度的提高和固形物质量分数的增大而呈线性增大;加入豆渣时,豆浆的加热速率和电导率略有降低;带渣煮浆时,其加热速率和电导率都低于不带渣豆浆;电场强度对豆浆的电导率没有影响。

**关键词** 豆浆; 通电加热; 电导率

**分类号** TS 214.2

### Study on Electrical Conductivity of Soybean Milk

Li Xiuqu Li Lite

(College of Food Science and Engineering, CAU)

Eizo Tatsumi

(Japan International Research Center for Agriculture Sciences Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries)

**Abstract** The effects of temperature and solid content on electrical conductivity of soybean milk were studied. The heating rate and conductivity of soybean milk contained Okara were investigated. The results showed that the conductivity increased with temperature and solid content, the heating rate and conductivity of soybean milk contained Okara were lower than those of without Okara. Electrical field strength had almost no effect on the conductivity of soybean milk.

**Key words** soybean milk; ohmic heating; electrical conductivity

煮浆是豆腐加工的重要工序,一般采用在豆浆中通入蒸汽的方法。这种方法加热时间长,加热不均匀,若采用连续的热交换器加热,将导致加热面结垢,从而会降低传热效果。采用通电加热法可实现连续、均匀的加热。通电加热是利用物料的电导特性,当在物料的两端施加交变电压时,物料中有电流通过,自身产生热量。该方法升温速率快,加热均匀;无传热面,也就没有传热面的污染问题;热效率高(90%以上);易于实现连续操作;适合较高浓度的液体和固液混和物的加热。豆浆通电加热速率的大小主要决定于豆浆的电导率,因此笔者就豆浆的电导率、带渣和不带渣豆浆的电导率特性及其影响因素进行研究。

### 1 实验装置、实验材料与实验方法

实验装置中,220 V, 50 Hz 的交流电通过通电加热电源对加热槽提供一定的电压,借助铂电阻温度传感器、霍尔电流传感器和电压传感器由微型计算机采样系统记录温度、电流和电压

收稿日期:1998-12-07

①李修渠,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)213信箱,100083

的变化。

在频率较低、忽略介电损耗的条件下,可把物料的加热看成纯电阻加热。由实验装置中测得的电压和电流,可得到物料的电导率

$$\sigma = \frac{Id}{VA}$$

式中: $\sigma$ 为电导率, $S \cdot m^{-1}$ ;  $I$ 为流过物料的电流, $A$ ;  $d$ 为极板间距, $m$ ;  $V$ 为施加的电压, $V$ ;  $A$ 为极板与物料的接触面积, $m^2$ 。

实验材料为:大豆,中科6号;水,蒸馏水。

实验方法:1) 豆浆的制备。将浸泡好的大豆( $m$ (干大豆): $m$ (蒸馏水)=1:4)用FSM-100型分离式磨浆机制备豆浆,在豆浆中按不同的质量比加入蒸馏水,得到不同浓度的豆浆;取一定量浸泡好的大豆按其与蒸馏水的质量比1:6,1:8,1:10加蒸馏水在SH-801E型打浆机中打浆,取一部分用100目滤布过滤。2) 豆浆的通电加热。每次取300g试样放入加热槽中,施加一定的电压加热。重复3次,取平均值。3) 固形物质量分数的测定。在105℃条件下干燥18h后测定。

## 2 实验结果及分析

豆浆的电导率随温度和固形物质量分数的变化如图1所示。可以看出:豆浆的电导率与温度成直线关系,豆浆中可导电的物质主要是蛋白质胶体颗粒和无机盐离子,随温度的升高,导电颗粒和离子的运动动能增大,电导率增大;豆浆固形物质量分数增大,可导电成分也成比例增加,豆浆的电导率随固形物质量分数的增加成线性增加。

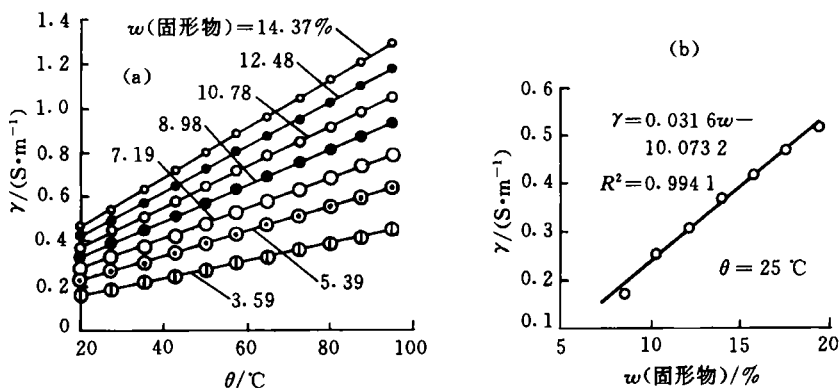


图1 温度 $\theta$ (a)和固形物质量分数 $w$ (b)对豆浆电导率 $\gamma$ 的影响

在经蒸馏水多次清洗的豆渣中加入一定量的蒸馏水配成悬浮液,在 $24.2 V \cdot cm^{-1}$ 的电场强度下通电加热,其加热速率及温度与电导率的关系如图2所示。可以看出,加热速率及电导率在 $60^{\circ}C$ 左右发生突变。在 $60^{\circ}C$ 以下,加热速率和电导率较小;在 $60^{\circ}C$ 以上,加热速率和电导率快速增加。含渣量越多,加热速率和电导率也越高。说明豆渣中还含有少量的可导电物质,如蛋白质、矿物质等。加热速率和电导率发生突变可能是豆渣中含有一定量的打浆时没有被破坏的细胞组织,在较高温度和电场作用下,细胞破坏<sup>[1]</sup>,导电离子和胶体颗粒溶出,使加热速率和电导率快速增大。

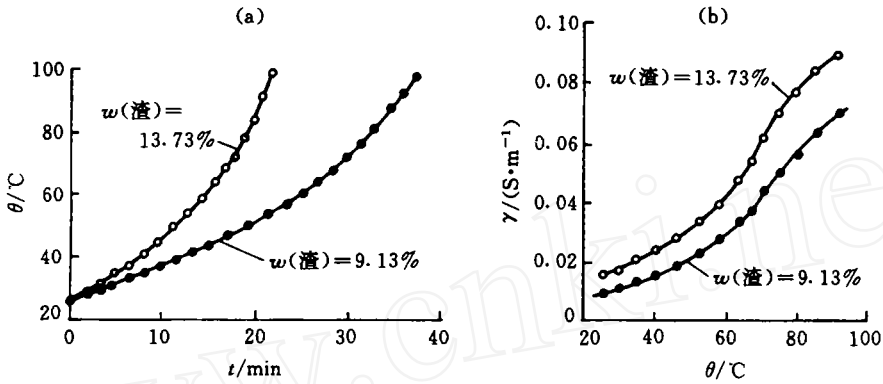


图 2 豆渣悬浮液的通电加热速率(a)及温度  $\theta$  与电导率的关系(b)

固形物质量分数相同的豆浆中加入相同量的蒸馏水或经蒸馏水多次清洗后的豆渣,其加热速率和电导率如图 3 所示。在豆浆中加入电导率很小的颗粒物质(豆渣),使豆浆的加热速率和电导率都略有降低,含渣量越多,其加热速率和电导率下降越明显。豆渣的加入阻碍了豆浆中导电颗粒和离子的运动<sup>[2]</sup>,运动阻力增大,导电性能下降,电导率降低。在一定电压条件下,电导率降低,通过材料的电流减小,豆浆自身产生的热量减少,所以加渣豆浆的通电加热速率降低。

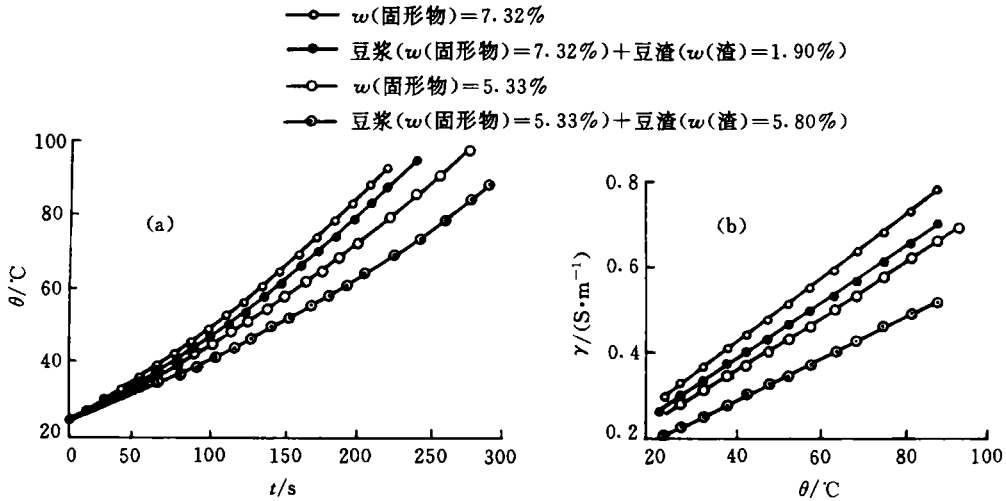
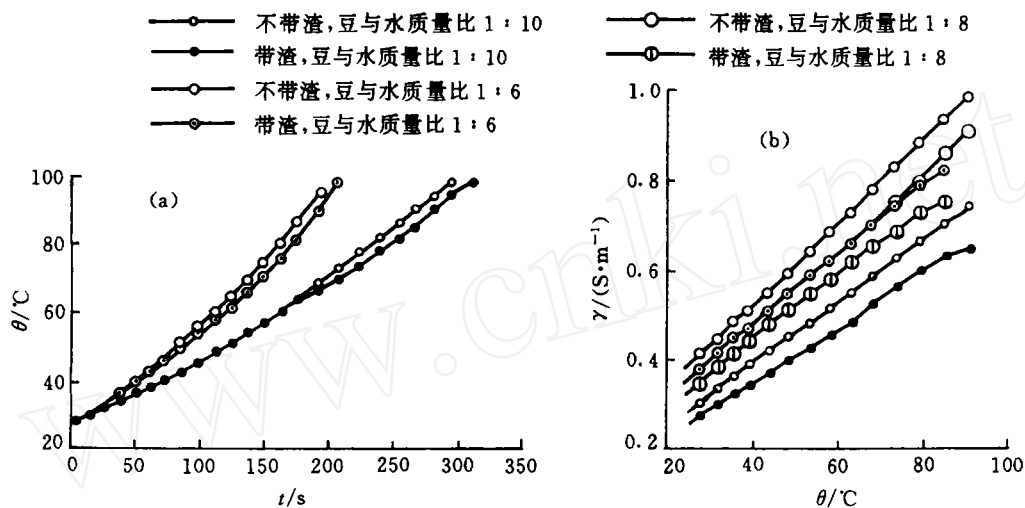
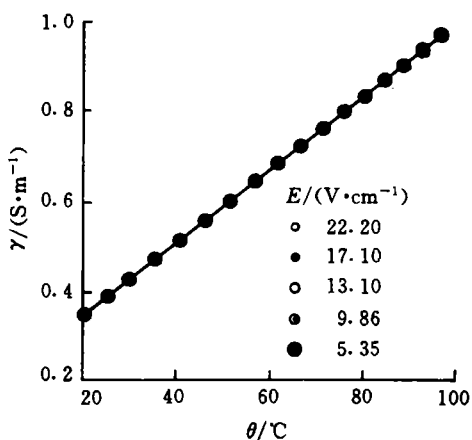


图 3 加渣对豆浆加热速率(a)和电导率  $\gamma$ (b)的影响

带渣及不带渣豆浆的通电加热速率和电导率的变化如图 4 所示。带渣煮浆时,其加热速率和电导率都降低,这与在豆浆中加入豆渣的结果是一致的。

豆浆的电导率随电场强度的变化如图 5 所示。可以看出,增大电场强度,豆浆的电导率并没有发生变化。主要原因是电压增大,加速了豆浆中离子和导电颗粒的运动,通过材料的电流也成比例增加,但电流与电压的比值并没有增大,所以电导率基本不变。

图4 带渣和不带渣豆浆的加热速率(a)及电导率 $\gamma$ (b)图5 电场强度 $E$ 对豆浆电导率 $\gamma$ 的影响

### 3 结 论

豆浆的电导率随温度的提高和固形物质量分数的增大而呈线性增大;在豆浆中加入豆渣,豆浆的加热速率和电导率都略有降低;带渣煮浆时,其加热速率和电导率都低于不带渣豆浆;豆浆的电导率与施加电压的大小无关。

### 参 考 文 献

- 1 今井 哲哉. 通电处理食品による素材の発熱に関する研究:[学位论文]. 筑波:筑波大学,1995
- 2 Palaniappan S, Sastry S K. Electrical conductivity of selected juice. J Food Process Engi, 1991, 14:247~260