

# 蜂乳的触变性研究

陈坤杰 南京农业大学农业工程学院 210032

**摘 要** 针对蜂乳所表现出的流变性质,用旋转型粘度计,测定蜂乳在不同剪切速率下的剪切应力和表观粘度。通过回归分析,建立蜂乳在触变条件下的流变模型方程,探讨温度和剪切速率对蜂乳触变性的影响以及蜂乳的表观粘度随着剪切时间的变化规律。

**关键词** 蜂乳 触变性 粘度

**Abstract** At temperature between 25°C to 45°C, the shear stress was determined and a rheological model was established under increasing and then decreasing the shear rate in a rotating viscosimeter. The regression analyses demonstrated that the royal jelly was a pseudoplastic flow. From the figures tested, which described the relationships between apparent viscosity and shear rate at 25°C ~ 45°C, results could be concluded that the shear - rate thixotropic curve became a significant hysteresis loop and the apparent viscosity decreased clearly after the royal jelly was sheared at a low temperature. With the increase of temperature, the hysteresis loop would become small and the apparent viscosity would drop a little. These results showed that the royal jelly exhibited a thixotropic behavior which was affected by the temperature. In addition, as the royal jelly was sheared at a fixed shear - rate, its apparent viscosity would descend with increasing shear time and an index equation could be used to describe the relationship between apparent viscosity and shear time.

**Key words** Royal jelly Thixotropic properties Viscosity Pseudoplastic behavior

蜂乳也称蜂王浆,是由 5 ~ 10 天的工蜂头部营养腺下分泌出来的一种物质,具有极高的营养价值。对蜂乳的研究始于十九世纪末,美国 Wisconsin 州的养蜂学教授首先对蜂乳的营养成分做了全面分析,提出了蜂乳所含全部成分的报告,奠定了蜂乳成分分析的基础。自 Hely 等人提出蜂乳对人类机体有益的报道之后,蜂乳的药用价值亦逐渐引起人们的广泛兴趣。随着人们对蜂乳营养价值及药用价值认识的不断提高,社会对蜂乳制品的需求亦不断增加。目前,仅我国就有专业的蜂乳制品加工厂数十家,每年向日本出口蜂乳制品达 325 吨。

在蜂乳制品的生产过程中,搅拌、混合、泵送等都是其基本加工工序,在设计、计算或选择相应的加工设备时,必须了解和掌握有关蜂乳的基本物性参数。蜂乳的流变性参数是选择或设计蜂乳的搅拌、泵送等加工设备的最重要物性参数之一,因此,了解和掌握蜂乳的流变性质,不仅对蜂乳加工设备的设计计算,而且对蜂乳产品的品质控制都具有十分重要的实际意义。

## 1 实验材料及方法

实验材料为南京老山营养食品厂所产鲜蜂乳,实

验前于 3°C ~ 5°C 低温冷藏。

蜂乳剪切应力的测定采用 NXS - II 型旋转粘度计,测定系统选用 B 型,测量转子半径 5mm,转筒半径 40mm,测量范围  $2.8 \times 10^{-1} \sim 1.8 \times 10^2 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ,样品容量 50 ~ 60ml。测定温度分别为 25°C、30°C、35°C、40°C、45°C,采用恒温水浴锅加热保温。

蜂乳剪切速率触变性的测定,首先从一个剪切速率开始,在每个剪切速率下,保持对蜂乳样品剪切 2min。先依次递增剪切速率,然后再依次递减,测定相应的剪切应力,绘制剪切速率上升下降段的表观粘度 - 剪切速率曲线,分析其剪切速率触变性。

蜂乳剪切时间触变性的测定,先选定 1 个适当的剪切速率,保持对样品剪切较长的时间,测定和观察在此期间蜂乳粘度的变化情况;然后选定另 1 个适当的剪切速率,重复上述步骤,绘制蜂乳表观粘度随剪切时间的变化曲线,分析蜂乳的剪切时间触变性。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 流变模型

根据上述实验方法,测得 5 个温度下,剪切速率递增和递减段相应剪切应力值如表 1 所示。

对不同温度下剪切应力和剪切速率之间的关系

表 1 不同温度条件下剪切速率递增段和递减段相应的剪切应力值

温度/℃	剪切速率/s <sup>-1</sup>												
	3. 178	4. 313	5. 675	7. 378	10. 22	15. 89	21. 57	28. 38	36. 89	51. 08	63. 56	86. 26	102. 3
25 (↑)	22. 81	24. 64	26. 45	28. 26	30. 78	35. 41	38. 08	40. 87	43. 91	47. 95	50. 79	55. 50	
(↓)	17. 60	19. 30	21. 11	23. 38	26. 23	30. 53	33. 67	36. 95	40. 40	45. 29	48. 98	55. 50	
30 (↑)	21. 97	22. 82	23. 45	25. 48	27. 48	31. 35	33. 61	35. 99	36. 69	42. 51	45. 40	49. 94	54. 37
(↓)	18. 45	20. 04	21. 79	22. 93	24. 87	28. 86	31. 17	33. 94	36. 82	40. 80	43. 81	48. 82	54. 37
35 (↑)	24. 97	26. 22	27. 41	28. 83	30. 55	33. 02	35. 54	37. 92	40. 28	43. 70	46. 31	50. 68	55. 16
(↓)	22. 99	23. 84	25. 08	26. 67	28. 28	31. 10	33. 38	35. 76	38. 58	42. 34	45. 06	49. 88	55. 16
40 (↑)	26. 96	28. 15	29. 40	30. 76	32. 65	35. 63	37. 75	39. 16	41. 30	44. 72	47. 22	51. 53	55. 96
(↓)	25. 20	26. 18	27. 24	28. 26	29. 87	32. 46	34. 86	37. 12	39. 72	43. 24	45. 97	50. 62	55. 96
45 (↑)	30. 37	31. 79	32. 96	34. 62	36. 45	40. 06	42. 58	44. 61	46. 75	50. 11	53. 12		
(↓)	30. 08	31. 22	32. 35	33. 48	34. 92	37. 90	40. 19	42. 68	45. 50	49. 66	53. 12		

用下列指数方程进行拟合：

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \tag{1}$$

式中  $\tau$  – 剪切应力 Pa  
 $\dot{\gamma}$  – 剪切速率 s<sup>-1</sup>  
 $k$  – 稠度系数  
 $n$  – 流动指数

回归分析计算结果见表 2。由表 2 可知 5 个温度下，不论剪切速率递增段和递减段，剪切速率和剪切应力之间的指数关系都具有极高的相关性，蜂乳均呈现显著的假塑性体特性，表明在剪切条件下蜂乳为假塑性体，剪切没有改变蜂乳的假塑性特征。但是 经过剪切作用，5 个温度下的蜂乳稠度系数均有不同程度的下降。温度越低，稠度系数下降得越多，表明在较低的温度条件下，蜂乳具有较明显的剪切稀化性。另外，经过剪切作用，蜂乳的流动指数有不同程度变化。温度较低时，流动指数明显增大，假塑性程度显著降低；温度升高，流动指数增幅逐渐减小，45℃时几乎没有变化。表明温度越高，剪切对蜂乳假塑性程度的影响作用越小。

2.2 剪切速率触变性

表 2 不同温度下的流变参数及相关系数值

温度/℃	25	30	35	40	45
K (↑)	16. 583	16. 036	18. 949	21. 090	24. 011
(↓)	11. 592	12. 910	16. 742	18. 875	23. 340
N (↑)	0. 2701	0. 2414	0. 2121	0. 1920	0. 1866
(↓)	0. 3514	0. 2920	0. 2345	0. 2097	0. 1866
R <sup>2</sup> (↑)	0. 9997	0. 9914	0. 9919	0. 9933	0. 9965
(↓)	0. 9958	0. 9971	0. 9896	0. 9832	0. 9791
R <sup>2</sup> <sub>0.01</sub> (↑)	0. 708	0. 684	0. 684	0. 684	0. 735
(↓)	0. 708	0. 684	0. 684	0. 684	0. 735

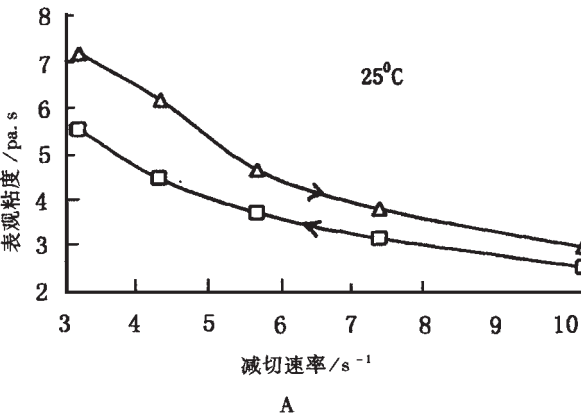
在 5 个不同温度条件下，随着剪切速率的递增和递减，蜂乳的表观粘度变化趋势如图 1 所示。由图 1 可知，在较低的温度条件下，经过剪切作用，蜂乳的表观粘度明显降低，其剪切速率—表观粘度曲线形成较明显的滞后圈，表明温度较低时，蜂乳具有较显著的触变性。随着温度的升高，经过相同的剪切作用，蜂乳的表观粘度降幅趋减，45℃时，蜂乳的表观粘度基本没有变化，剪切速率—表观粘度曲线也没有明显的滞后圈，说明随着温度的升高，蜂乳的触变性减弱。

对图 1 所示蜂乳表观粘度和剪切速率之间的关系，以下列方程进行拟和：

$$\eta_a = A \cdot \dot{\gamma}^{m-1} \tag{2}$$

式中  $\eta_a$  – 表观粘度 Pa s  
 $\dot{\gamma}$  – 剪切速率 s<sup>-1</sup>  
 $A, m$  – 系数

回归分析计算结果如表 3 所示，方程在  $\alpha = 0. 01$  下极高度显著，表明在不同温度条件下，受到剪切作用时，蜂乳的表观粘度和剪切速率之间呈幂律关系。



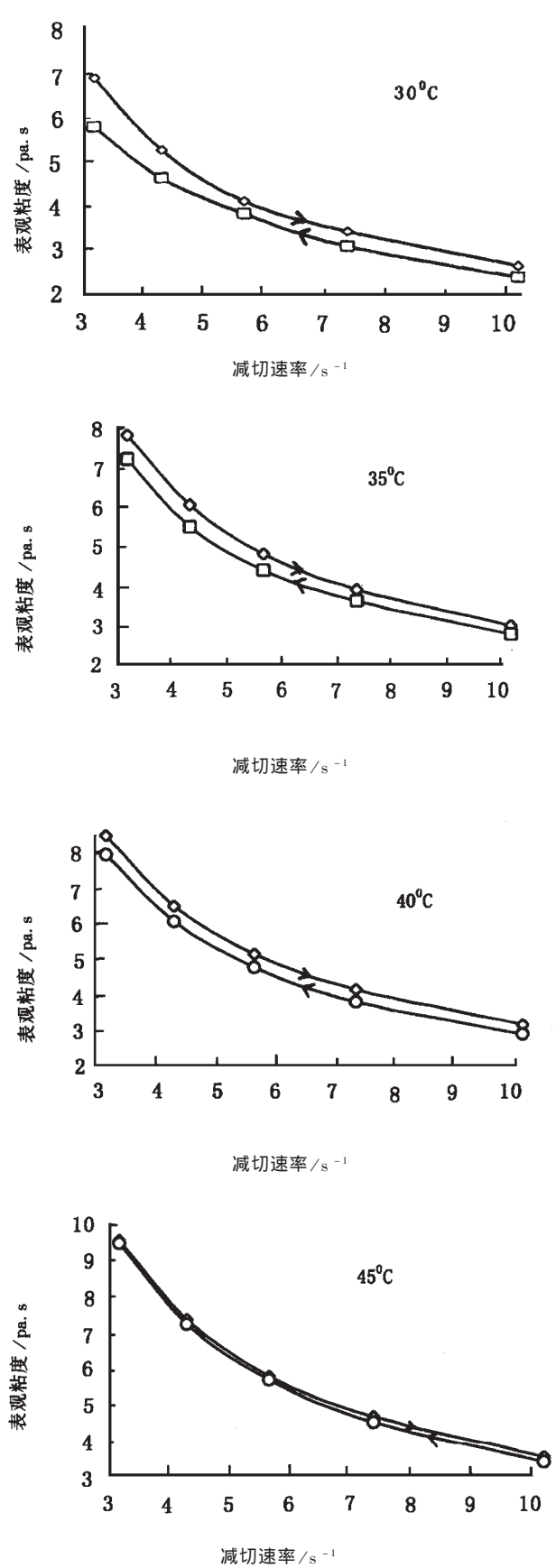


图1 不同温度下表观粘度-剪切速率曲线

表1 流变参数和相关系

温度/℃	25	30	35	40	45
K (↑)	17.07	15.34	18.64	20.75	24.10
(↓)	11.71	12.73	16.41	18.47	23.44
N (↑)	0.262	0.258	0.218	0.198	0.184
(↓)	0.342	0.296	0.242	0.218	0.183
R <sup>2</sup> (↑)	0.9993	0.9984	0.9985	0.9991	0.9995
(↓)	0.9984	0.9982	0.9977	0.9975	0.9981
R <sup>2</sup> <sub>0.01</sub> (↑)	0.708	0.684	0.684	0.684	0.735
(↓)	0.708	0.684	0.684	0.684	0.735

2.3 剪切时间触变性

选择一合适的剪切速率,在 25℃ 和 45℃ 两个温度下,经过不同时间剪切后,测定蜂乳的表观粘度值如图 2 所示。图 2 显示,随着剪切时间增加,两个温度下的蜂乳表观粘度均逐渐降低。在剪切的开始阶段,表观粘度降低最为明显,随着剪切时间的延长,表观粘度降幅逐渐减少,直至趋向一个定值,表明在 25℃ 和 45℃ 两个温度下,蜂乳均具有较明显的时间触变性。

对图示的蜂乳表观粘度随剪切时间的变化关系,以下式进行拟合:

$$\eta_{\alpha} = \eta_0 \exp(bt) \tag{3}$$

式中  $\eta_0$  - 初始表观粘度 Pa.s  
 $t$  - 剪切时间 min  
 $b$  - 系数

通过回归分析计算,可得:

25℃ 时,  $A = 2.783, b = -0.007, R^2 = 0.9408$

45℃ 时,  $A = 6.694, b = 0.0097, R^2 = 0.94$

$\alpha = 0.01$  下高度显著。表明蜂乳表观粘度随剪切时间的变化规律可以指数方程(3)描述。

3 结论

3.1 当温度为 25~45℃ 时,在剪切速率触变条件下,蜂乳的剪切应力-剪切速率模型为指数模型,蜂乳仍呈现假塑性体特征,为假塑性体。

3.2 温度对蜂乳的剪切速率触变性有着明显的影响。在较低温度下,蜂乳具有显著的剪切速率触变性;温度升高,其剪切速率触变性减弱。

3.3 在任一给定的剪切速率下,蜂乳的表观粘度均随着剪切时间的延长而降低。两种温度下的蜂乳都具有明显的剪切时间触变性。

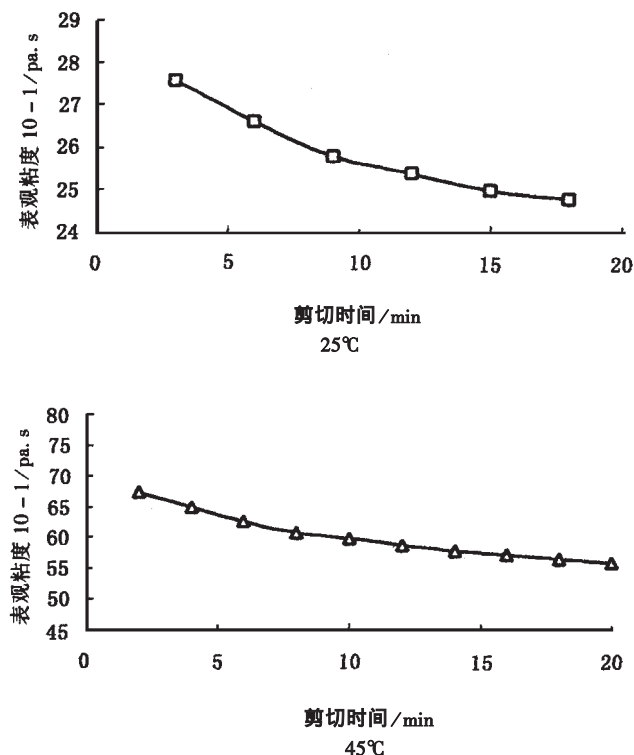


图2 表观粘度随剪切时间的变化关系

## 参考文献

- 1 K. A. Rosentracter, R A Flores. Physical and Rheological Properties of Slaughterhouse Swine Blood and Blood Components. Transactions of the ASAE, 1997, 40(3): 683 ~ 689.
- 2 李瀚如, 潘君拯. 农业流变学导论. 北京: 中国农业出版社, 1990.
- 3 陈坤杰. 粉团的触变特性. 农业工程学报, 1994, 10(4):

160 ~ 164.

- 4 乔廷昆. 蜂王浆. 北京: 科学普及出版社, 1986.
- 5 周纪芾. 实用回归分析方法. 上海: 上海科学技术出版社, 1990.

广告编号 2001-04-47

## 食品厂转让

本厂位于环境优美, 四季如春的旅游名城——桂林平乐镇, 是大西北开发重镇和出海通道的必经之地。

厂房占地面积 2500m<sup>2</sup>, 建筑面积 1600m<sup>2</sup>, 钢筋混凝土结构。有专用变压器、锅炉, 真空干燥、灭菌蒸煮等食品机械。

私有的厂房、土地产权手续和食品生产的各项手续一应俱全。外来投资税收政策优惠, 办理常住户口。当地劳务、水、电、丰富价廉, 有香猪、荔浦芋、山葡萄、竹笋、罗汉果、山菜等绿色食品加工原料。因本人忙于外资业务, 以上全部财产转让。

总价: 贰佰捌拾万元整, 有意西北开发者请速联系。

电话: 0773-7884444 (同传真)

手机: 013507839770

BP: 0773-126-1503505 联系人: 刘先生

桂林平乐滴水庵食品厂

## 酪蛋白磷酸肽(CPPs)的纯化研究

刘剑虹 庞广昌 于金华 张晓玲 陈庆森 胡志和

天津商学院食品与生物工程系 300400

**摘要** 研究了用大孔强碱性阴离子交换树脂提纯酪蛋白磷酸肽(CPPs)的方法。结果表明, 树脂 GM201 对 CPPs 的分离提纯效果较好, 最佳洗脱纯化工艺条件为: 盐酸浓度 0.2mol/L, NaCl 浓度 0.3mol/L, 温度 45℃。在上述最佳工艺条件下, CPPs 回收率可达 77.7% ~ 80%, 纯度提高到 N:P = 4.7:4.9。

**关键词** 酪蛋白磷酸肽(CPPs) 离子交换树脂 纯化

**Abstract** The purification of casein phosphopeptides (CPPs) with alkali anion-exchanger was studied. The results were as follows: the purifying effects of the GM201 were best, the optimum eluting parameters were: 0.2mol/L hydrochloric acid and 0.3mol/L salt elution at 45℃. On this condition almost 80% CPPs was recovered and the purity of CPPs was up to 4.7 ~ 4.9 for N:P.

**Key words** Casein phosphopeptides (CPPs) Anion-exchange chromatography Purification