

DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201609016

## 抗性糊精对凝固型酸奶品质的影响

陈晓霞<sup>1</sup>, 陆利霞<sup>1,2\*</sup>, 林丽军<sup>1</sup>, 姚丽丽<sup>1</sup>, 熊晓辉<sup>1,2</sup>

1(南京工业大学 食品与轻工学院, 江苏 南京, 210009)

2(江苏省食品安全快速检测公共技术服务中心, 江苏 南京, 210009)

**摘要** 以奶粉为主要原料, 蔗糖, 乳糖, 乳清蛋白为辅料, 自制抗性糊精添加量为 6%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% 的凝固型酸奶。以酸度、持水力、活菌总数、品质质构参数为评价指标, 考察抗性糊精添加量对凝固型酸奶品质的影响, 抗性糊精的添加量在 6%~20% 时, 可获得优良的感官评定且酸奶的酸度达到标准的要求, 持水力达到 100%, 乳酸菌活菌总数最高也达到  $5.0 \times 10^7$  CFU/mL, 硬度为 0.230~0.415 N, 最大黏附力 0.072~0.115 N, 黏附性为 0.261~0.414 mJ, 内聚性为 0.38~0.45, 弹性为 5.048~6.633 mm, 胶黏性为 0.102~0.145 N。添加了抗性糊精的酸奶比常规酸奶的变性温度低, 变性峰展宽, 反应总焓降低。综合各项指标确定抗性糊精添加量为 6%~20%, 为开发高膳食纤维凝固型酸奶提供理论依据。

**关键词** 凝固型酸奶; 抗性糊精; 质构; 热特性

高膳食纤维酸奶不仅营养成分丰富, 还含有大量活性乳酸菌, 能够增加肠道中有益菌的数量, 增强肠胃的消化功能, 促进钙、磷的吸收, 降低血清胆固醇, 满足了人体每日膳食纤维的摄入量, 起到食疗兼收的效果, 有益于人体健康。高膳食纤维含量必须达到预包装食品营养标签通则的要求, 即高或富含膳食纤维的食品, 膳食纤维含量  $\geq 6$  g/100 g (固体)、膳食纤维含量  $\geq 3$  g/100 mL (液体)<sup>[1]</sup>。目前, 酸奶制备过程中, 凝乳不结实、乳清析出等问题严重影响酸奶的品质。现有的酸奶产品多通过添加稳定剂、乳化剂等解决该问题。2012 年我国卫生部第 16 号公告已将抗性糊精列为普通食品<sup>[2]</sup>。因此, 抗性糊精作为一种可溶性膳食纤维可以添加到凝固型酸奶中。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

全脂奶粉, 乳糖, 乳清蛋白粉, 白糖: 均为市售食品级产品; 酸奶发酵剂 (保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌): 安琪股份有限公司; 抗性糊精 (含量 83%): 河南利迪化工产品有限公司。

### 1.2 仪 器 与 设 备

TMS-Pro 型质构仪, 美国 FTC 公司; TG-DSC 同步

第一作者: 硕士研究生 (陆利霞副教授为通讯作者, E-mail: lixi-  
alu@njtech.edu.cn)。

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划课题 (2013BAD19B09);  
江苏省科技基础设施建设计划 (BM2012026)

收稿日期: 2016-03-28, 改回日期: 2016-05-19

热分析仪, 德国耐驰。

### 1.3 实 验 方 法

#### 1.3.1 配 方 与 工 艺 流 程

##### 1.3.1.1 凝 固 型 酸 奶 的 配 方

奶粉 9%、蔗糖 6%、乳清蛋白 1%。抗性糊精: 0%、6%、10%、15%、20%、25%、30%。酸奶发酵剂: 0.6%。

##### 1.3.1.2 工 艺 流 程 (图 1)<sup>[3]</sup>

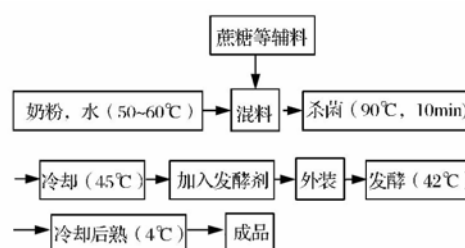


图 1 凝固型酸奶的生产工艺流程

Fig. 1 The production process of set yogurt

##### 1.3.2 感 官 评 定<sup>[4]</sup>

参照 GB19302—2010, 用评分检验法对凝固型酸奶感官品质进行评价, 评分标准见表 1。选择色泽, 滋味, 气味, 组织状态, 口感 5 个评价指标, 由 15 位本实验室食品专业研究生进行评价, 总分为 100 分。总分在 80 分以上的为一级, 感官品质优秀; 总分在 60~80 分之间的为二级, 感官品质能够接受; 低于 60 分为三级, 感官品质难以接受。

评价方法: 将酸奶从 4℃ 冰箱中取出, 在自然光下观察色泽和组织状态。闻其气味, 用温开水漱口,

品尝滋味。感官品质得分为5项指标得分总和。

表1 凝固型酸奶感官评定标准

Table 1 Evaluation standard of set yogurt sensory quality

项目	评分标准	分值/分
组织状态 (30分)	有乳清析出	-20
	无乳清析出, 倾斜有流动性	-10
	无乳清析出, 倾斜无流动性, 无气泡, 倒置凝块不破碎、掉落	0
	色泽	
色泽	色泽不均匀或其他异常色泽	-10
色泽 (10分)	呈乳白色或稍带黄色	0
气味	异常气味	-10
气味 (10分)	发酵乳特有的乳香味	0
滋味	无酸甜味	-20
滋味 (20分)	过酸或过甜	-10
	酸甜适中	0
口感	粗糙, 颗粒粗大	-20
口感 (30分)	细腻, 颗粒细小	-10
	顺滑, 细腻, 无颗粒	0

### 1.3.3 pH值的测定

取抗性糊精添加量不同的酸奶成品, 用pH计分别测定pH值。

### 1.3.4 酸度的测定<sup>[5]</sup>

取酸奶样品10g于锥形瓶中, 用20mL新煮沸至室温的蒸馏水稀释, 加入质量分数为0.5%的酚酞指示剂2.0mL, 用已标定的氢氧化钠标准溶液滴定到粉红色为终点, 重复3次。

### 1.3.5 持水力的测定<sup>[6]</sup>

空离心管称重, 记为 $m_1$ , 取15mL酸奶置于离心管中, 称重, 记为 $m_2$ 。室温下, 在3000 r/min离心10min, 取出离心管, 静置10min后, 弃去上清液, 称重, 质量记为 $m_3$ 。

$$W/\% = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (1)$$

式中:  $W$ , 持水力, %; 持水力;  $m_1$ , 空离心管的质量, g;  $m_2$ , 酸奶和离心管的总质量, g;  $m_3$ , 弃去上清液后, 酸奶和离心管的质量, g。

### 1.3.6 乳酸菌总数的测定<sup>[7]</sup>

参考GB4789.35—2010平板计数法。

### 1.3.7 质构特性<sup>[8]</sup>

利用FTC-TMS-PRO质构仪进行TPA测试, 测试条件为: 采用连接10N感应元的质构仪, 选择圆柱型探头, 测试速率为30mm/min, 测前速率与测后速率一致为60mm/min, 最小触发力0.08N。样品从4℃冰箱里取出后即开始测试。盛放样品的杯子放在测试平台上, 样品以30mm/min的速度被压缩, 然后以

60mm/min的速度上升并离开样品表面。穿刺样品所需要的力(N)被记为位移的函数, 力-位移曲线通过电脑分析和输出, 如图2。

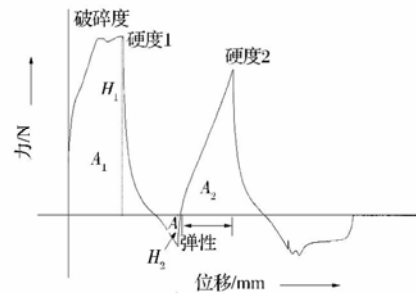


图2 凝固型酸奶的质构曲线

Fig. 2 Texture profile curve of set yogurt

统计硬度、黏附性、内聚性、弹性、胶黏性。每种酸奶平行测定4次, 计算每个参数的平均值。定义及具体计算公式见表2。

表2 质构参数的定义和单位

Table 2 Definitions and units of texture terms

参数	定义	单位
硬度	获得指定形变所需的最大力, 即 $H_1$ 高度	N
黏附力	样品同其接触物离开时产生的最大阻力, 即 $H_2$ 的高度	N
黏附性	探头与样品接触时用以克服两者表面间吸引力所做的功, 即面积 $A$	mJ
内聚性	是模拟样品内部黏合力, 是样品经第一次压缩变形后所表现出来的对第二次压缩的相对抵抗能力。公式: 第二次压缩正相区的面积( $A_2$ )/第一次压缩正相区面积( $A_1$ )	
弹性	样品恢复的高度, 即第一次压缩结束, 第二次压缩的力达到最大时的距离	mm
胶黏性	用来模拟表示将半固体样品破裂成吞咽时的稳定状态所需的力, 即硬度 $\times$ 内聚性	N

### 1.3.8 高膳食纤维凝固型酸奶热特性分析

采用TG-DSC同步热分析仪测定不同凝固型酸奶, 取样量6~15mg, 测试温度30~150℃, 升温速率为10℃/min, 氮气流速为20mL/min。

### 1.3.9 数据处理

实验数据运用Excel和Spss Statistics 20.0统计软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官评定

通过感官评定, 结合表3和图3可知, 当抗性糊精的含量在6%~15%时凝固型酸奶的感官品质与普通凝固型酸奶之间没有明显的差异, 感官品质优

秀。随着抗性糊精含量的增加,酸奶的感官品质也随之发生改变。当抗性糊精的含量为20%时,凝固型酸奶的乳香味不足,其他感官品质能够接受。当抗性糊精的含量为25%和30%时,酸奶不仅出现乳香味不足,而且口感粗糙,颜色偏黄,组织状态不佳,出现分层现象,未形成均一体系,感官品质难以接受。

表3 凝固型酸奶感官评定结果

Table 3 The results of set yogurt sensory quality

抗性糊精含量/ % 总分	等级	感官优势	典型缺陷
0 100			
6 100	一级	酸甜适口, 口感细腻, 无乳清析出, 有乳香味	
10 100			
15 100			
20 60	二级		乳香味不足
25 40	三级		口感粗糙, 无乳香味, 流动性大
30 30	三级		口感粗糙, 色泽发黄, 无乳香味, 流动性大, 出现分层现象



图3 不同浓度抗性糊精凝固型酸奶

Fig. 3 Set yogurt with different concentration of resistant dextrin

(注:1代表未添加抗性糊精的酸奶,2、3、4、5、6、7分别为抗性糊精添加量为6%、10%、15%、20%、25%、30%的凝固型酸奶)

## 2.2 抗性糊精添加量对酸奶 pH 和酸度的影响

由图4可知,抗性糊精添加量为6%时,其酸度达到90.47 °T与未添加抗性糊精的酸奶相比,酸度有略微的下降。随着抗性糊精含量的增加,其酸度呈下降的趋势。当抗性糊精添加量为25%和30%时,酸奶组织状态发生改变,且流动性变大,颜色变黄,酸味不足。当抗性糊精添加量达到25%时,酸奶的pH值为4.65,接近酪蛋白等电点4.60,有凝集现象产生<sup>[9]</sup>,但酸奶的流动性变大;当抗性糊精添加量达到30%时,只有部分蛋白发生凝集,酸奶整体出现分层现象。通过SPSS20.0进行单因素方差分析可知,与未添加抗性糊精组比较,抗性糊精的添加量为6%时pH具

有显著性差异( $P < 0.05$ ),而抗性糊精的添加量为6%、10%、15%、20%、25%、30%的pH值有极显著差异( $P < 0.01$ );对于各组的酸度差异,添加抗性糊精与未添加抗性糊精酸奶的酸度有极显著差异( $P < 0.01$ )。

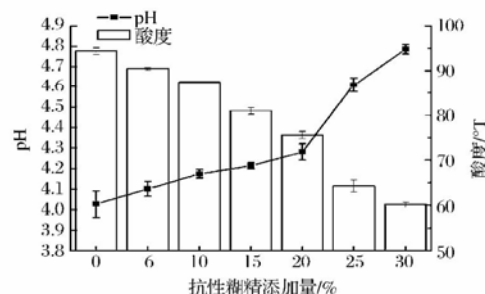


图4 抗性糊精添加量对酸奶 pH 和酸度的影响

Fig. 4 Effect of resistant dextrin on the pH and acidity of yogurt

## 2.3 抗性糊精添加量对酸奶持水力的影响

持水力是酸奶离心后所能保持住的水分,是衡量酸奶品质的重要标准之一,持水能力强说明酸奶的稳定性越好<sup>[10]</sup>。由图5可知,与对照酸奶相比,抗性糊精酸奶的持水力较高,在含量6%时达到100%。主要是因为抗性糊精化学结构中含有很多亲水基团,能够使乳中蛋白质胶粒网络结构增强,对水分的包容束缚能力增强,使凝胶网络中的水分不容易析出。当抗性糊精的添加量为15%~30%时,水全部被酸奶包裹,吸附,酸奶的持水力稳定,达到100%。通过单因素方差分析,对于各组的持水力差异,添加抗性糊精与未添加抗性糊精的酸奶的持水力差异极其显著( $P < 0.01$ )。

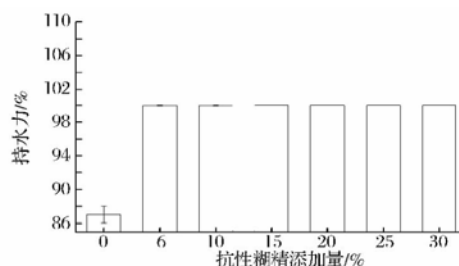


图5 抗性糊精添加量对酸奶持水力的影响

Fig. 5 Effect of resistant dextrin on the water holding capacity of yogurt

## 2.4 抗性糊精添加量对酸奶乳酸菌活菌总数的影响

乳酸菌活菌总数的多少直接影响酸奶品质及其生理功能<sup>[11]</sup>。由图6可知,乳酸菌的总数达到 $10^7$  CFU/mL,均符合国家标准对乳酸菌活菌总数的要求(乳酸菌总数 $\geq 1 \times 10^6$  CFU/mL)。当添加量在6%、10%时,抗性糊精促进了乳酸菌的增值,且添加量为

10%时,活性乳酸菌总数达到最高,为 $5.0 \times 10^7$  CFU/mL。添加抗性糊精的酸奶乳酸菌总数与未添加抗性糊精酸奶的乳酸菌总数在同一数量级,无显著性差异。说明抗性糊精的添加没有影响乳酸菌活菌的生长,但结合图4,发现酸奶的pH值和酸度发生了变化,可能是因为抗性糊精的添加影响了乳酸菌的代谢。有待进一步分析。

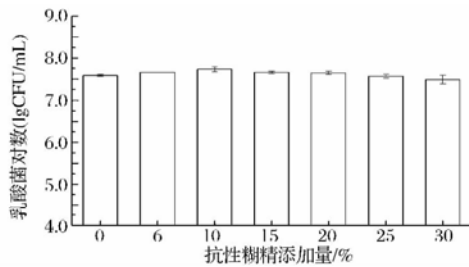


图6 抗性糊精添加量对酸奶乳酸菌总数的影响

Fig. 6 Effect of resistant dextrin on viable bacteria counts of yogurt

## 2.5 抗性糊精添加量对酸奶硬度的影响

由图7可知,酸奶的硬度在一定范围内随着抗性糊精含量的增加呈上升趋势,抗性糊精的含量为10%时,达到最高为0.418 N。除了抗性糊精含量为25%和30%的酸奶外,与未添加抗性糊精的酸奶相比硬度都有所增加。这与高青<sup>[12]</sup>在研究不同稳定剂对酸奶硬度的影响添加复合稳定剂时酸奶的硬度相近。抗性糊精含量在10%~30%时,抗性糊精酸奶的硬度呈下降趋势。通过SPSS 20.0进行单因素方差分析可知:与未添加抗性糊精组比较,抗性糊精的添加量为20%时,硬度无显著性差异( $P > 0.05$ );而抗性糊精的添加量为6%、25%时,硬度有显著性差异( $0.01 < P < 0.05$ ),当抗性糊精的添加量为10%、15%、30%时,硬度差异极其显著( $P < 0.01$ )。

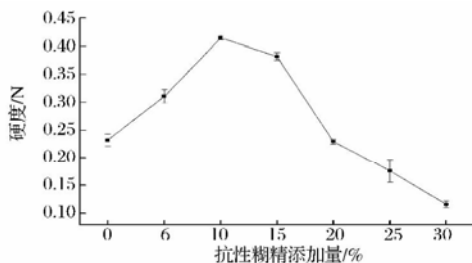


图7 抗性糊精添加量对酸奶硬度的影响

Fig. 7 Effect of resistant dextrin on hardness of yogurt

## 2.6 抗性糊精添加量对酸奶最大黏附力的影响

由图8可知,随着抗性糊精含量的增加,添加抗

性糊精的酸奶的最大黏附力均高于未添加抗性糊精的酸奶。在抗性糊精添加量为10%时,酸奶的最大黏附力达到最大,为0.114 N。但当抗性糊精的含量超过10%时,酸奶的最大黏附力呈下降趋势,降至0.030 N。这可能是由于抗性糊精阻碍了酪蛋白凝胶网状结构的形成,使网状结构不够紧密和牢固,从而影响其最大黏附力<sup>[14]</sup>。通过单因素方差分析可知,与未添加抗性糊精组比较,抗性糊精的添加量为6%、10%、15%时,最大黏附力差异极其显著( $P < 0.01$ ),且当抗性糊精的添加量为20%时,最大黏附力有显著性差异( $0.01 < P < 0.05$ ),而当抗性糊精的添加量为25%、30%时,最大黏附力无显著性差异( $P > 0.05$ )。

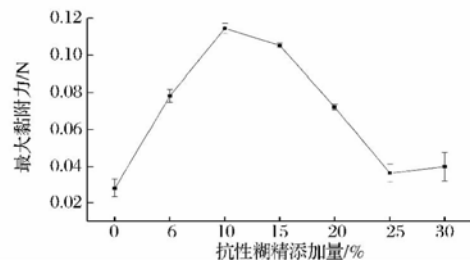


图8 抗性糊精添加量对酸奶最大黏附力的影响

Fig. 8 Effect of resistant dextrin on maximum adhesion force of yogurt

## 2.7 抗性糊精添加量对酸奶黏附性的影响

由图9可知,与未添加抗性糊精的酸奶相比,随着抗性糊精含量的增加,黏附性均有所增加,在一定范围内呈上升趋势达到0.44 mJ。当抗性糊精的添加量为25%时,黏附性下降至0.21 mJ左右。这可能是由于抗性糊精阻碍了酪蛋白凝胶网状结构的形成,使网状结构不够紧密和牢固,从而影响其最大黏附力<sup>[14]</sup>。通过SPSS 20.0进行单因素方差分析可知,各组酸奶的黏附性差异,添加抗性糊精与未添加抗性糊精的酸奶的黏附性差异极其显著( $P < 0.01$ )。

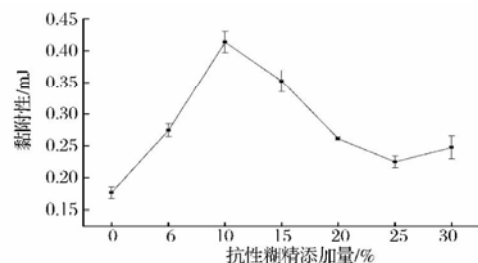


图9 抗性糊精添加量对酸奶黏附性的影响

Fig. 9 Effect of resistant dextrin on adhesiveness of yogurt

## 2.8 抗性糊精添加量对酸奶内聚性的影响

内聚性又称凝聚性,反应食品的凝胶性。由图 10 可知,与未添加抗性糊精的酸奶相比,随着抗性糊精含量的增加,内聚性有所降低,并且在 6%~15% 内变化不大,达到 0.4 左右。当抗性糊精的含量为 20%~30% 时,内聚性却呈现一个上升的趋势,从 0.45 升至 0.69。通过 SPSS 20.0 进行单因素方差分析可知,与未添加抗性糊精组比较,当抗性糊精的添加量为 10%、25% 时,内聚性差异极其显著 ( $P < 0.01$ ),且当抗性糊精的添加量为 6%、15%、20% 时,内聚性有显著性差异 ( $0.01 < P < 0.05$ ),而当抗性糊精的添加量为 30% 时,内聚性无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

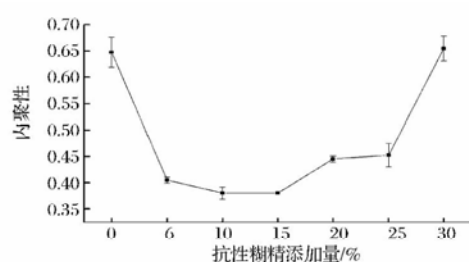


图 10 抗性糊精添加量对酸奶内聚性的影响

Fig. 10 Effect of resistant dextrin on cohesiveness of yogurt

## 2.9 抗性糊精添加量对酸奶弹性的影响

由图 11 可知,随着抗性糊精含量的增加,弹性在抗性糊精含量为 6% 和 10% 时呈上升趋势,达到 6.71 mm 比未添加抗性糊精的酸奶弹性好。当抗性糊精的含量为 20%~25% 时,弹性呈下降趋势,降至 3.24 mm。酸奶是以乳清、脂肪球、乳酸菌、酪蛋白为结构框架的三维网状结构,是酸促凝胶的典型代表<sup>[9]</sup>。从图 3 可知,过量的抗性糊精影响酸奶的酸度,阻碍了酸促凝胶的形成,导致酸奶弹性骤降。通过单因素方差分析可知,与未添加抗性糊精组比较,当抗性糊精的添加量为 6% 时,弹性有显著性差异 ( $0.01 < P < 0.05$ ),且当抗性糊精的添加量为 10%、15%、20%、25%、30% 时,弹性差异极其显著 ( $P < 0.01$ )。

## 2.10 抗性糊精添加量对酸奶胶黏性的影响

由图 12 可知,随着抗性糊精含量的增加,酸奶的胶黏性在抗性糊精含量为 10% 时达到最大,为 0.163 N。在抗性糊精含量为 30% 时,下降到 0.084 N,可能是抗性糊精含量过大时,可能是添加过量的抗性糊精在乳酸菌发酵的凝胶过程中与乳中的酪蛋白分子相互排斥<sup>[13]</sup>,从而抑制酪蛋白的凝集作用,导致发酵后的酸奶质地变软,胶着性差。通过 SPSS 20.0 进行单因素方差分析可知,与未添加抗性糊精组比较,当抗性糊

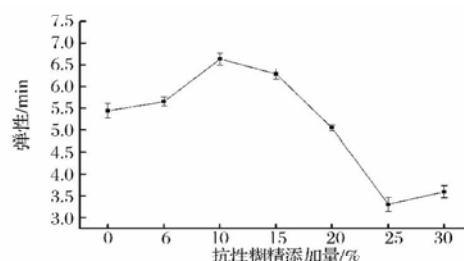


图 11 抗性糊精添加量对酸奶弹性的影响

Fig. 11 Effect of resistant dextrin on springiness of yogurt

精的添加量为 6%、20%、25%、30% 时,胶黏性差异极其显著 ( $P < 0.01$ ),且当抗性糊精的添加量为 10% 时,胶黏性有显著性差异 ( $0.01 < P < 0.05$ )。

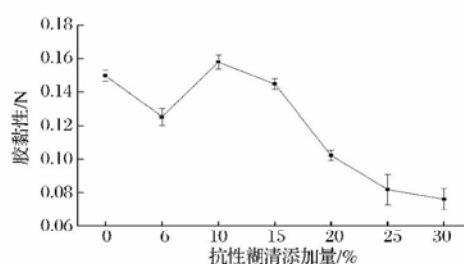


图 12 抗性糊精添加量对酸奶胶黏性的影响

Fig. 12 Effect of resistant dextrin on gumminess of yogurt

## 2.11 抗性糊精凝固型酸奶的热特性分析

### 2.11.1 抗性糊精凝固型酸奶的热重分析 (thermal gravity analysis, TG)、微商热重法分析 (differential thermal gravity, DTG)

图 13 是未添加抗性糊精的酸奶与抗性糊精添加量为 6%、10%、15%、20%、25% 的酸奶从 30 °C 升温至 150 °C 的 TG 图,结合其 DTG 图可知,80 °C 之前,不同含量抗性糊精酸奶失重速率相对次序为:25% < 20% < 15% < 10% < 6% < 未添加抗性糊精的凝固型酸奶,是因为抗性糊精是一种持水力很强的可溶性膳食纤维,含有很多亲水基团,能够使乳中蛋白质胶粒网络结构增强,对水分的包容束缚能力增强,使凝胶网络中的水分不容易析出。

由图 14 可知,整体上,未添加抗性糊精的酸奶的失重率比添加了抗性糊精的酸奶的失重率大。结合图 5 可知,抗性糊精酸奶的持水力达到 100%,说明抗性糊精本身存在的氢键可以束缚大量的水,防止食品脱水收缩,所以在加热过程中,由于酸奶表面游离水的蒸发导致未添加抗性糊精的酸奶的失重率较大。

### 2.11.2 高膳食纤维凝固型酸奶的 DSC 分析

由图 15 可知,添加了抗性糊精的酸奶比常规酸

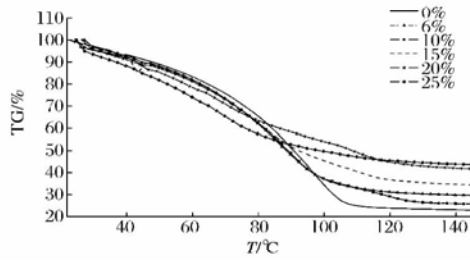


图 13 抗性糊精凝固型酸奶的 TG 图  
Fig. 13 TG of resistant dextrin set yogurt

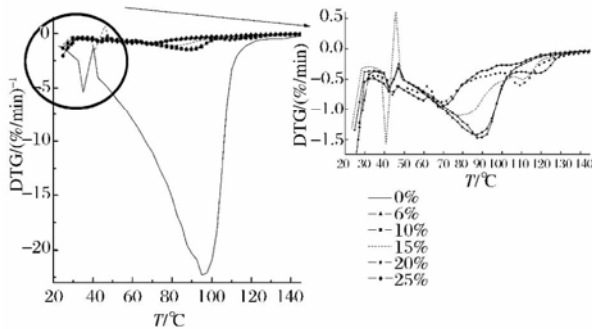


图 14 抗性糊精凝固型酸奶的 DTG 图  
Fig. 14 DTG of resistant dextrin set yogurt

奶的变性温度低, 变性峰展宽, 说明抗性糊精的加入会使蛋白质有轻微的不稳定。抗性糊精在食品中热稳定性很好, 将其作为水溶性膳食纤维添加的酸奶中, 在加热条件下不会改变抗性糊精本身的结构, 其抗性依然存在<sup>[15]</sup>。且酸奶中的酪蛋白是展开的分子结构, 本身就是已变性的蛋白质, 因此加热时, 并不存在热变性的问题, 从 DSC 给出的热分析图上也就不会有变性峰的存在<sup>[16]</sup>。所以, 酸奶的熔点发生变化

表 4 不同含量抗性糊精凝固型酸奶的热力学特征值

Table 4 Thermal properties of set yogurt with different concentration of resistant dextrin

抗性糊精的 含量/%	热流峰 1				热流峰 2				总 $\Delta H /$ ( $J \cdot g^{-1}$ )
	$T_0 / ^\circ C$	$T_p / ^\circ C$	$T_c / ^\circ C$	$\Delta H / (J \cdot g^{-1})$	$T_0 / ^\circ C$	$T_p / ^\circ C$	$T_c / ^\circ C$	$\Delta H / (J \cdot g^{-1})$	
0	22.58	100.08	127.58	30.34	-	-	-	-	30.34
6	29.77	89.77	134.77	30.68	-	-	-	-	30.68
10	27.33	92.58	114.83	25.34	114.83	122.56	134.83	1.74	27.08
15	23.39	83.39	108.39	26.41	108.39	114.38	143.39	3.73	30.14
20	26.63	71.63	104.13	19.95	104.13	111.70	146.63	5.48	25.43
25	24.78	72.28	104.78	19.01	104.78	111.60	124.78	0.92	19.93

### 3 结论

(1) 由凝固型酸奶的酸度, 持水力, 乳酸菌总数, 感官评定指标可见抗性糊精酸奶的物性在一定范围内优于普通凝固型酸奶, 抗性糊精的添加量在 6% ~ 20% 时, 可获得优良的感官评定且酸奶的酸度达到标准的要求, 持水力达到 100%, 乳酸菌活菌总数最高

是由于乳清蛋白、酪蛋白和抗性糊精相互作用, 使蛋白质不稳定, 变性温度降低。这与 4.10 中对抗性糊精酸奶质构特性研究中酸奶的胶黏性变化一致。

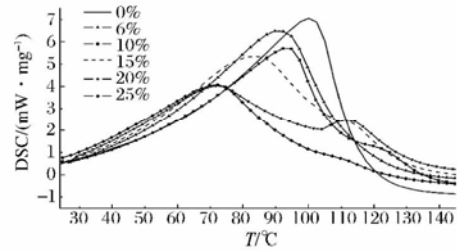


图 15 抗性糊精凝固型酸奶的 DSC 图  
Fig. 15 DSC of resistant dextrin set yogurt

未添加抗性糊精和添加不同含量抗性糊精的凝固型酸奶的相变温度和焓值见表 4。由表 4 可知, 随着抗性糊精含量的增加, 热流峰 1 和热流峰 2 的熔融点  $T_p$  值基本呈下降的趋势, 反应总焓值与未添加抗性糊精的酸奶相比有所降低。且随着抗性糊精含量的增加, 酸奶在 DSC 测试下出现热流峰 2, 可能是因为抗性糊精与蛋白质之间存在较强的静电斥力, 随着抗性糊精含量的增加, 抗性糊精被迫接近蛋白质胶束表面, 空位层变薄, 体系失稳, 体系发生相分离现象。这与感官分析中, 抗性糊精含量为 25% 和 30% 的凝固性酸奶流动性变大, 出现分层现象相一致。蛋白质-多糖混合体系多数属于热力学不相容作用, 近年来有较多研究文献报道<sup>[17-18]</sup>, 此二相体系中通常存在一相富集蛋白而另一项富集多糖的相分离趋势, 此种相分离直接影响到食品产品的微观结构、质构和口感等。

也达到  $5.0 \times 10^7$  CFU/mL, 符合国标对乳酸菌活菌总数的要求, 即乳酸菌总数  $\geq 1.0 \times 10^6$  CFU/mL。抗性糊精添加量为 25%、30% 时, 凝固型酸奶的口感粗糙, 色泽发黄, 无乳香味, 流动性大, 出现分层现象, 不被接受。所以, 在感官品质和其他物性指标最佳的前提下, 6% ~ 20% 的高膳食纤维凝固型酸奶具有很大的市场开发前景。

(2) 抗性糊精添加量为6%~20%的高膳食纤维凝固型酸奶的质构特性范围为:硬度为0.230~0.415 N,最大黏附力0.072~0.115 N,黏附性为0.261~0.414 mJ,内聚性为0.38~0.45,弹性为5.048~6.633 mm,胶黏性为0.102~0.145 N。

(3) 抗性糊精凝固型酸奶的热特性分析结果发现:添加了抗性糊精的酸奶比常规酸奶的变性温度低,变性峰展宽,反应总焓降低。可能是抗性糊精和蛋白质分子之间相互作用,影响了凝固型酸奶的热特性,其结果与感官评定、质构分析的结果具有一致性。蛋白质-多糖混合体系逐渐被利用到开发新型食品产品中,将具有更广阔的市场。

#### 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国卫生部. GB 28050—2011 预包装食品营养标签通则 [S]. 北京:中国标准出版社,2013.
- [2] 苏会波,林海龙. 难消化糊精的研究进展 [J]. 食品与生物技术学报,2014,33(1):1-7.
- [3] 云月英,韩铖铖,王文龙. 低脂菊苣膳食纤维凝固型酸奶的生产工艺 [J]. 中国乳品工业,2011,39(10):56-59.
- [4] 张嫚. RS<sub>2</sub>抗性淀粉对酸奶品质的影响 [J]. 江苏农业科学,2010(5):417-419.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GB541334—2010 乳和乳制品酸度的测定 [S]. 北京:中国标准出版社,2010.
- [6] 刘军军. 聚葡萄糖对凝固型酸奶品质的影响及贮存期间参数变化的研究 [D]. 烟台:烟台大学,2013.
- [7] 中华人民共和国卫生部. GB 478935—2010 食品微生物学检验乳酸菌检验 [S]. 北京:中国标准出版社,2010.
- [8] 赫君菲. 建立凝固型酸奶质构参数对感官性质的预测模型 [D]. 扬州:扬州大学,2013.
- [9] 文峰,王稳航,沈登莱. 乳酪蛋白胶束结构及其凝胶形成机制概述 [J]. 食品研究与开发,2004,25(2):29-32.
- [10] FAUNDEEO, ADESETANTO, OBATOLU V A, et al. Chemical and microbial properties [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2009,33(2):245-254.
- [11] 李俊芳,康灵芝. 酸奶的感官与理化特性和乳酸菌活菌数的相关性 [J]. 食品研究与开发,2015,36(2):17-20.
- [12] 高青. 红枣葛根凝固型酸奶加工工艺研究 [D]. 南昌:南昌大学,2011.
- [13] HESS S J, ROBERTS R F, ZIEGLER G R, et al. Rheological Properties of nonfat yogurt stabilized using *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* producing exopolysaccharide or using commercial stabilizer systems [J]. J Dairy Sci, 1997,80:252-263.
- [14] HASSAN A N, IPSEN R, JANZEN T, et al. Microstructure and rheology of yogurt made with cultures differing only in their ability to produce exopolysaccharides [J]. Journal of Dairy Science, 2003,86(5):1632-1638.
- [15] 张颖. 抗性糊精的纯化及应用特性研究 [D]. 无锡:江南大学,2015.
- [16] 黄海. DSC 在食品中的运用 [J]. 食品与机械,2002,18(2):6-10.
- [17] ORLIENV, PEDERSENHB, KNUDSENJC, et al. Whey protein isolate asfunctional ingredient in high-pressure induced milk gels [J]. Milchwissenschaft-Milk ScienceInternational, 2006,61(1):3-6.
- [18] JAROSD, PATZOLDJ, SCHWARZENBOLZU, et al. Small and large deformationrheology of acid gels from transglutaminase treated milks [J]. Food Biophysics 2006,1(3):124;132.

## Effect of resistant dextrin on quality of set yogurt

CHEN Xiao-xia<sup>1</sup>, LU Li-xia<sup>1,2\*</sup>, LIN Li-jun<sup>1</sup>, YAO Li-li<sup>1</sup>, XIONG Xiao-hui<sup>1,2</sup>

1 (College of Food Science and Light Industry, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

2 (Jiangsu Public Technical Service Center for Rapid Detection of Food Safety, Nanjing 210009, China)

**ABSTRACT** In this experiment, milk powder was chosen as major raw material and sucrose, lactose, whey protein were chosen as supplementary materials to prepare set yogurt with resistant dextrin of 6%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%. Acidity, water holding capacity, viable bacteria counts, texture parameters and thermal characteristic were evaluation indexes. The effect of resistant dextrin on quality of set yogurt was studied. When amounts of resistant dextrin were 6%~20%, yogurt obtain excellent sensory evaluation and its acidity meet standard requirements, its water holding capacity reached 100%, lactic acid bacteria counts was up to  $5.0 \times 10^7$  CFU/mL. Its hardness, the maximum adhesion force, adhesiveness, cohesiveness, springiness, gumminess were 0.230-0.415 N, 0.072-0.115 N, 0.261-0.414 mJ, 0.38-0.45, 5.048-6.633 mm, 0.102-0.145 N, respectively. In comparison with set yogurt without resistant dextrin, the denaturation temperature of set yogurt with resistant dextrin was lower, transgender peak broadened and total enthalpy decreased. The results showed that the addition amount of resistant dextrin should be 6%~20%. It provided a theoretical basis for the development of set yogurt with high dietary fiber.

**Key words** set yogurt; resistant dextrin; texture; thermal characteristics