

海藻酸丙二醇酯(PGA)对凝固型酸乳结构的影响*

卫晓英,李全阳,赵红玲,赵正涛

(山东农业大学食品学院,山东 泰安, 271018)

摘要 将不同量的海藻酸丙二醇酯(PGA)添加到原料乳中进行发酵,对其特性进行检测。结果表明,添加PGA后,酸乳的黏度显著增大,且形成了触变环,是1种触变性流体。其中PGA添加量为0.20%的触变环面积最大,为20 431.43。酸乳的表现黏度随剪切时间的变化曲线符合幂函数 $y = kx^{-n}$ 的变化规律, $R^2 = 0.9753$;实验表明,PGA不同的添加量能不同程度地影响酸乳的结构,以0.20%的添加量的效果最好;此时样品的持水力上升10.9%、乳清析出量下降26.0%,硬度8g。

关键词 酸乳,海藻酸丙二醇酯(PGA),流变学特性,质构

在众多的乳制品中,酸乳作为一种兼具营养与保健的新型饮料,深受消费者的喜爱。但酸乳制品常常出现的黏稠度低、组织状态粗糙、口感差、乳清析出等问题,为防止这些不良现象,人们通常在酸乳制品中添加增稠剂^[1]。

目前广泛应用于酸乳中的增稠剂有明胶、卡拉胶、果胶及淀粉等,但使用明胶作稳定剂的酸乳大多被素食者和犹太教规禁用,效果也不太理想;卡拉胶在低pH的酸性乳产品中的稳定性还不理想;添加果胶作为稳定剂的酸乳存放时间稍长,但产品的质地易变硬,且成本增加;淀粉由于在酸乳中用量很多使得口感过黏,并且热量偏高。而PGA具有较强的耐酸性,可应用于pH 3~5的酸性环境中,具有很好的乳化能力,能够赋予酸乳产品天然的质地口感,可提高酸乳黏度,防止蛋白质沉淀和乳清上浮。目前,有关PGA单独添加到酸乳中对酸乳性质的影响研究较少,本文主要对PGA对酸乳流变学特性和质地结构的影响进行了研究。

1 材料与方法

1.1 实验材料

保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌;市售鲜牛奶;0.5%中性酚酞;脱脂奶粉;NaOH。

流量黏度计,物理特性测定仪,电热恒温培养箱,手提式电热压力消毒器,无菌操作台,高剪切混合乳

化机,电动离心机,奥氏黏度计。

1.2 实验方法

1.2.1 酸乳的制作

菌种→活化

↓

原料乳→添加PGA→均质→杀菌→冷却→接种→发酵→冷藏→后熟

将不同含量(0.05%、0.10%、0.20%、0.30%)的PGA加入原料乳中(以未添加PGA的作对照),均质,95℃灭菌5 min,冷却至43℃,然后接种,所用的菌种为嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌的混合菌种,接种量为3%。接种后分装,42℃条件下发酵,当酸度达到80°T左右时取出,放入4℃的冰箱中后熟24 h。

1.2.2 酸乳指标的测定

(1)感官质构评价:添加不同量PGA发酵成酸乳,观察凝乳后酸乳的结果是否细腻,有无乳清析出,初步评定不同添加量PGA对酸乳品质的影响。

(2)酸度的测定:参照文献[2]。

(3)酸乳胶体脱水收缩作用敏感性(STS)的测定:参照文献[3]。

(4)酸乳持水力(WHC)的测定:参照文献[4]。

(5)黏度的测定:参照文献[5]。

(6)触变环的测定:流量黏度计的转子转速设定为0~224 r/min,先升速后降速,升速/降速的频率为16 r/min,间隔时间为8 s。

(7)硬度、回复性的测定:参照文献[6]。

2 结果与分析

2.1 酸乳的感官质构评价

不同PGA添加量发酵的酸乳的表现现象如图1

第一作者:硕士研究生(李全阳教授为通讯作者)。

* 中国博士后科学基金资助项目(20070411100),山东省自然科学基金资助项目(2007ZRB02217)

收稿日期:2008-10-20,改回日期:2009-01-13

空白对照 0.30%PGA 0.20%PGA 0.10%PGA 0.05%PGA

图1 不同添加量PGA发酵后酸奶的表现状态

由图1可以看出,空白对照的酸乳质地细腻光滑、无乳清析出,添加PGA的酸乳上层有一圈白环。在白环的下面可以看到,PGA添加量为0.05%和0.10%的有乳清析出,添加量为0.20%和0.30%的几乎无乳清析出。因此,单纯的添加PGA并不具有增稠作用,而是PGA的添加量增加到0.20%时,才具有增稠作用。这与文献^[7]中提到的PGA可以防止乳清上浮,使产品外观光滑亮泽有出入。

2.2 酸乳的酸度、STS、WHC的测定结果

酸乳发酵完毕后其酸度及后熟24 h后的STS、WHC的测定结果如表1所示。

表1 不同PGA添加量下酸乳指标的测定结果

PGA添加量/%	发酵时间/h	酸度/°T	WHC/%	STS/%
0.00	5.0	80.2	27.50	13.52
0.05	5.5	79.5	20.81	20.75
0.10	6.0	81.0	22.02	18.36
0.20	6.0	80.7	30.53	10.01
0.30	7.0	81.2	23.85	17.45

由表1可知,所有的酸乳的发酵终点均在80°T左右与理论发酵终点相同,说明酸乳发酵程度基本一致且其酸度处于相同的水平,不会因酸度不同造成内部结构及各项指标的显著差异。

添加PGA后,酸乳的WHC有不同程度的变化。与对照相比,PGA添加量为0.05%的WHC下降的最多,约为25.6%,添加量为0.10%、0.30%样品WHC也都下降了14.5%左右,只有添加量为0.20%的WHC上升了10.9%。其原因可能是在原料乳中加入PGA,经均质、杀菌及发酵作用后,PGA与原料乳中的钙离子之间发生相互作用,在发酵成熟后形成良好的网状结构,以保持水分。在测定WHC时酸乳受到高速的离心作用,由于稳定剂参与了网状结构的形成,使蛋白质凝块结合紧密,不易被拆散,这样,杀菌前添加稳定剂越多,搅拌后形成的蛋白颗粒越大,于是可结合水的表面积相对减小,持水力有不

同程度的降低^[8]。

如表1所示,PGA添加量为0.05%的STS值最高为20.75%,添加量0.20%的最少,为10.01%,是对照样品乳清析出量的74.0%。乳清析出的主要原因是受酸乳胶体网络中酪蛋白粒子的重新排布和钙胶体粒子的增溶作用及不同的酸化速率影响的。添加量为0.05%和0.10%的PGA与蛋白质结合,促使蛋白质粒子重新排布,会造成乳清的严重析出;0.30%的发酵时间较其他2个稍长,酸化速率相对较慢,使酸乳内部结构充分重新排布,从而使结构相对较弱的乳清析出较严重;但添加量为0.20%的虽然也与蛋白质结合,但其可能会抑制钙胶体粒子的增溶作用,而且发酵时间适中,所以其STS值最小。综合WHC和STS可以发现,PGA添加量为0.20%时效果好于其他添加量。

2.3 流变学特性的测定

添加不同量PGA的酸乳黏度随转速变化曲线如图2所示。

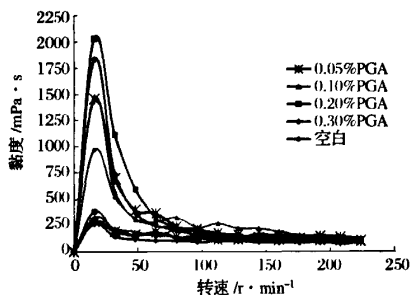


图2 酸乳中PGA不同添加量的黏度变化曲线

由图2可知,空白对照和添加PGA的酸乳呈现出相同的趋势,即黏度先是达到一个极大值,而后随着转速的增加而先急速下降,然后趋于平缓,具有明显的剪切变稀现象;到达最大转速后,再随转速的增加而缓慢上升至临近结束时显著增大。同时从图2中还可以看出,添加了PGA的酸乳黏度明显增加,且随PGA添加量的不同酸乳黏度的增加幅度也不同,其中0.20%PGA添加量的酸乳黏度最大,比同转速下未添加PGA的酸乳黏度高出近1倍,0.30%PGA黏度次之,0.10%、0.05%黏度基本相同,这表明PGA在较低的浓度范围内,增稠作用随着浓度的增加而增大,超出这个浓度范围,过多的PGA可能会破坏酪蛋白-磷酸钙的胶体结构,阻断蛋白质之间的相互作用,PGA还可通过氢键和范德华力与乳中的蛋白质作用,这种作用到达一定程度可使蛋白质发生沉淀,于是酸乳的保水性、黏度开始下降。

添加不同量的 PGA 发酵而成的酸乳,在同一温度的不同剪切速率作用下的剪切应力如图 3 所示。

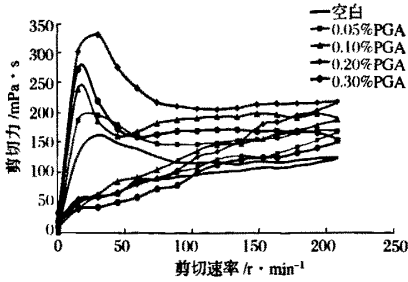


图 3 剪切力随剪切速率的变化曲线

从图 3 可以看出,4 种酸乳的黏度曲线都形成了触变环,说明它们都是触变性体系。触变环的面积反映触变性的大小,触变环的面积大,则表示此体系经外力作用后,其黏度变化大,外力撤出后,此体系恢复到未经力作用的体系状态所需的时间长^[9]。由触变环面积的不同可说明不同添加量 PGA 发酵后的酸乳具有不同的触变性。由计算知 0.20% PGA 酸乳剪切力随剪切速率形成的触变环面积最大 20431.43,相比之下未添加 PGA 酸乳形成的触变环面积最小,仅为 8282.28,这说明添加量为 0.20% 的 PGA 的酸乳的黏度变化最大。

图 4 和图 5 反应了表观黏度随时间的变化曲线,由图 4、图 5 可以看出,在相同的温度和转子转速条件下,随着剪切时间的增加,表观黏度都有不同程度的下降。在刚开始搅拌时下降最为明显,而以后变化幅度减小。由此也可以判定,添加 PGA 发酵后的酸

奶是 1 种触变性流体,且其符合幂律方程 $y = kx^{-n}$,这与“幂律定律只适用于流体特性与时间无关的非牛顿液体,即假塑性和胀塑性流体,对于触变性和胶变性液体不能应用”^[10]的理论是吻合的。这说明所有样品的流变特性都与剪切时间有关。

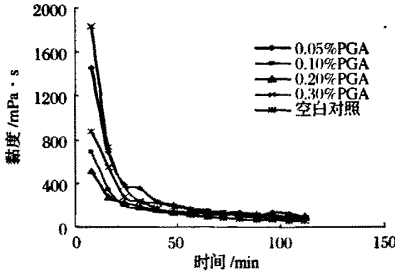


图 4 表观黏度随时间的变化曲线

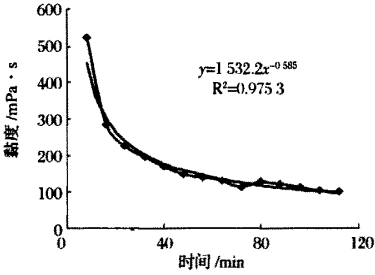


图 5 0.2% PGA 酸乳表观黏度随时间变化曲线

2.4 酸乳质构的测定

质地剖面分析是目前最常用的对凝胶状态的模拟测试。由表 2 可以得到硬度和回复性的变化。

表 2 PGA 不同添加量的酸乳质构测定结果

类型	空白	0.05%PGA	0.10%PGA	0.20%PGA	0.30%PGA
硬度	7.51±0.20	5.80±0.12	6.32±0.05	8.06±0.07	8.05±0.11
回复性	0.65±0.05	0.57±0.10	0.59±0.05	0.72±0.11	0.71±0.09

硬度是样品达到一定变形所必需的力,它是关于凝胶结构体系在压力下的强度的参数。由表 2 可知,添加较低浓度的酸乳较未添加 PGA 的酸乳硬度低,但随 PGA 添加量的增加,酸乳硬度呈现上升趋势,在 0.30% 时趋于平缓。强度的升高说明凝胶要达到同样的形变,所需要施加的压力要更大,这说明添加 PGA 后,体系的胶凝状态有所增强,内部结构的分子之间排列更加紧密,形成的三维网状结构更加稳定。但酸乳的硬度并不是越高越好,硬度过高会影响酸乳的口感。

回复性是变形样品在与导致变形同样的速度,压

力条件下回复的程度,它是关于凝胶结构体系受破坏后回复变形能力的参数。从表 2 可以看出,随着 PGA 添加量的不断增大,凝胶型酸乳的回复性呈现先稍有升高后下降的趋势,在 PGA 添加量为 0.20% 时回复性达到最高,表明酸乳回复性最好,其恢复能力最强。这说明 PGA 添加量为 0.20% 时增强了酪蛋白大分子的结合能力,提高体系的凝胶能力,从而能够稳定体系的胶凝状态,增强与外来破坏力的抵抗能力,表现出较强的回复性;而添加过低或过量可能造成原有的凝胶状态不稳定,回复性较差。

3 结论

参 考 文 献

(1)由表观及 WHC 和 STS 的测定结果看,PGA 是在添加量达到 0.20%时才具有增稠作用。

(2)添加 PGA 发酵后的酸乳黏度明显增加,但随 PGA 添加量的不同酸乳粘度的增加幅度不同,其中 0.20%PGA 添加量的酸乳黏度最大,比同转速下未添加 PGA 的酸乳黏度高出 1 倍。且添加 PGA 后的酸乳是触变性体系,添加量为 0.20%的触变环面积最大;表观黏度随时间的变化曲线大致符合幂函数。

(3)在 PGA 添加量为 0.20%的时候酸乳的硬度和回复性均高于其他添加量。

PGA 在添加量为 0.20%时酸乳的各项指标高于其他添加量,所以其最佳添加量为 0.20%。但本研究只是对 PGA 单独添加到酸乳中对酸乳的结构影响进行了研究,与其他增稠剂复配以后对酸乳的影响还有待进一步探索。

- 1 中国食品添加剂生产应用工业协会. 英汉食品添加剂词汇[M]. 北京:中国轻工业出版社,2001. 15
- 2 周光宏. 畜产品加工学[M]. 北京:中国农业出版社,2005. 183
- 3 李全阳,夏文水. 酸乳中乳酸菌所产胞外多糖特性的初步研究[J]. 食品科学,2004,24(2):81~82
- 4 Hassan A N, Frank J f, Schmidt K A, et al. Textural properties of yogurt made with encapsulated no ropy lactic cultures [J]. Dairy Sci, 1996, 79: 2098~2103
- 5 霍艳荣,张兰威,高前欣. 产粘乳酸菌对酸乳品质的影响[J]. 食品研究与开发,2003(6):123~124
- 6 李全阳,夏文水. 酸乳流变学特性的初步研究[J]. 食品与发酵工业,2003,29(12):36
- 7 海藻酸丙二醇酯(PGA)在食品工业中的应用. 中国食品行业网
- 8 张国农,李运飞,谢国富,等. 搅拌型果乳酸乳稳定性的研究[J]. 食品与机械,2005,21(1):50~52
- 9 申瑞玲,姚惠源. 裸燕麦麸 β-葡聚糖的流变学特性及凝胶形成[J]. 无锡轻工大学学报,2005,24(1):41~44
- 10 陈克复,卢晓江,金哲静,等. 食品流变学及其测量[M]. 北京:中国轻工业出版社,1989. 28

Impact of Propylene Glgcol Alginate on Yogurt

Wei Xiaoying, Li Quanyang, Zhao Hongling, Zhao Zhengtao

(College of Food Science, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

ABSTRACT Different amount of PGA were added into milk before fermentation. A set of relevant data was collected and analyzed. the results showed that PGA fermented yogurt was a thixotropy fluid with a very strict power relationship $y = kx^{-n}$ between average apparent viscosity of yogurt and the change of shear time; the experiments showed that different amounts of PGA had different impact on yogurt curd state, water holding capacity, rheology properties and texture. The best condition was 0.20% of PGA.

Key words yogurt, propylene glgcol alginate(PGA), rheology properties, texture

信
息
窗

科学家发现李子也是“超级食品”

美国科学家研究发现,李子也属于“超级食品”。李子富含抗氧化剂和植物营养素,可帮助身体抵御疾病,这种紫色水果在抗氧化剂和植物营养素方面与蓝莓相当,甚至超越蓝莓。

实验显示,一颗李子的抗氧化剂含量相当于一把蓝莓。自由基是在癌症和心脏病之类的疾病中发现的原子和分子,抗氧化剂是身体中寻找并清除自由基的分子。帮助完成这项研究的科学家说:“蓝莓遇到了强有力的竞争对手。人们经常 1 次吃少许蓝莓,他们会在麦片中加入少量蓝莓,或者可能和其他水果拌成水果沙拉。但是,人们也可以 1 次吃 1 颗李子,效果是一样的。”

李子价格很便宜,人们每天吃上 2、3 颗李子就能满足所需营养。水果和蔬菜中很多健康的化合物和抗氧化剂在不同的色素中,所以人们应该多吃颜色各异的水果。李子的热量很低,不含脂肪。重要的是吃李子不需要剥皮,皮一定要吃,因为皮中有很多色素和抗氧化剂。”

研究人员对李子所含的成分进行了检测,然后在实验室检查了李子成分对乳癌细胞和胆固醇中发现的化学物的效果。现在,科学家已经开始进行更深入的研究,他们希望研究结论能有利于培育更好的水果。研究小组发现的一项好处是李子中的植物营养素可抑制乳腺肿瘤生长,但不会影响正常细胞生长。