

瓜尔豆胶对乳酸菌增殖及酸奶品质的影响

石玉琴¹, 杨绍青¹, 李延啸², 刘军¹, 闫巧娟², 江正强^{*1}

(1. 中国农业大学 食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 中国农业大学 工学院, 北京 100083)

摘要: 以部分水解瓜尔豆胶(PHGG)为研究对象,通过测定酸奶的乳酸菌活菌数、pH 和滴定酸度、粘度、持水力、感官评分等指标,研究 PHGG 对常用酸奶发酵剂菌株保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌的发酵特性及酸奶品质的影响。结果表明,PHGG 对两种乳酸菌的生长和产酸都有明显的促进作用,在冷藏期间酸奶活菌数始终高于空白组,且不会造成严重的后酸化。随着 PHGG 添加量的增加,酸奶的粘度、持水力显著增加,PHGG 质量浓度为 20 g/L 时粘度是空白组的 1.7 倍。感官评分随着 PHGG 添加量增大呈倒 U 型变化,在 PHGG 质量浓度为 10~15 g/L 时酸奶的品质达到最佳。研究表明,PHGG 可以促进酸奶中乳酸菌的生长,提高酸奶的感官和质构品质。

关键词: 瓜尔豆胶,乳酸菌,发酵特性,粘度,酸奶

中图分类号: TS 252.54 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.01.005

Effect of Guar Gum on the Growth of Lactic Acid Bacteria and the Quality of Yogurt

SHI Yuqin¹, YANG Shaoqing¹, LI Yanxiao², LIU Jun¹, YAN Qiaojuan², JIANG Zhengqiang^{*1}

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 2. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The effect of partially hydrolyzed guar gum (PHGG) on the quality attributes of yoghurt was studied. The total number of lactic acid bacteria, pH, titratable acidity, viscosity, water holding capacity and sensory properties of the yogurt were evaluated for investigated its effects on the fermentation characteristics of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophiles* strains. The results showed that PHGG has stimulatory effects on the growth and acid production of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophiles*. The numbers of colony forming units(cfu) obtained from yogurt containing PHGG were significantly higher than control during the entire storage period, and could not shorten the after acidification process of yogurt. The addition of PHGG could improve viscosity and water holding capacity, 20 g/L PHGG can effectively improve viscosity by 1.7 times when compared with control. Sensory properties were affected by PHGG addition, the yogurt with 10~15 g/L scored best. In conclusion, PHGG had promoting effects on lactic acid bacteria growth and

收稿日期: 2018-11-01

基金项目: 国家 973 计划项目(2017YFD0400204)。

作者简介: 石玉琴(1993—),女,博士研究生,主要从事食品生物技术研究。E-mail: 18810526701@163.com

* 通信作者: 江正强(1971—),男,博士,教授,博士研究生导师,主要从事食品生物技术研究。E-mail: zhqjiang@cau.edu.cn

引用本文: 石玉琴,杨绍青,李延啸,等. 瓜尔豆胶对乳酸菌增殖及酸奶品质的影响[J]. 食品与生物技术学报,2019,38(01):29-35.

yogurt quality.

Keywords: guar gum, lactic acid bacteria, fermentation characteristics, viscosity, yogurt

瓜尔豆胶是一种水溶性膳食纤维,主要成分是半乳甘露聚糖,可作为增稠剂在食品中使用。通过部分水解瓜尔豆胶,降低多糖平均相对分子质量,可以使多糖的粘度、溶解性等物化性质改变,进而产生很多水解前不具备的生物活性^[1-11]。体外发酵实验表明,添加部分水解的瓜尔豆胶(PHGG)可以促进粪便中双歧杆菌属、乳酸杆菌属等益生菌群的活菌数增加,促进短链脂肪酸产生^[12-14]。Ohashi 等人通过 2 周的人体实验进一步证实了 PHGG 对肠道菌群的调节能力,志愿者每天摄入 6 g PHGG,连续摄入 2 周,粪便中的双歧杆菌和产丁酸菌数量增加^[15],说明 PHGG 有促进大肠中有益菌群增加、促进肠道中短链脂肪酸产生和保护肠道健康的作用。

作者以平均相对分子质量 20 000 的 PHGG 为研究对象,将 PHGG 添加到脱脂酸奶中,通过测定酸奶的活菌数、pH、滴定酸度、粘度、持水力和感官指标,研究 PHGG 对酸奶发酵菌生长的影响和脱脂酸奶品质的影响。

1 材料与方法

1.1 试剂和仪器

保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌:中国农业大学食品学院微生物实验室提供;脱脂奶粉:内蒙古伊利实业集团股份有限公司产品;MRS 肉汤培养基:北京奥博星生物技术有限责任公司产品;PHGG:由作者所在实验室自行水解制备;其余试剂均为国产分析纯。

BS-124S 型电子分析天平:赛多利斯科学仪器(北京)有限公司产品;GL-20B 高速冷冻离心机:上海安亭科学仪器厂产品;PB21 型 pH 计:赛多利斯科学仪器(北京)有限公司产品;SPX-80 生化培养箱:上海科恒实业发展有限公司产品;DV-1 旋转粘度计:上海越平科学仪器有限公司产品。

1.2 实验方法

1.2.1 发酵剂的制备 以脱脂奶粉为原料制成质量浓度 120 g/L 的复原乳,经过 115 ℃灭菌 15 min,

作为培养基。将保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌分别在脱脂乳培养基中经过连续 3 次 37 ℃、24 h 的活化培养,再按 1:1 混合,得到发酵剂。

1.2.2 酸奶制作工艺 以脱脂奶粉为原料制成质量浓度 120 g/L 的复原乳,添加 60 g/L 的蔗糖,再分别添加 0~20 g/L 的 PHGG,搅拌均匀后,95 ℃灭菌 15 min。待复原乳冷却到室温后,接种体积分数 4% 的发酵剂,42 ℃发酵 9 h,将发酵后的酸奶于 4 ℃冷藏。

1.2.3 PHGG 对酸奶中保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的影响 以脱脂奶粉为原料制成质量浓度 120 g/L 的复原乳,添加 60 g/L 的蔗糖,再分别添加 0~20 g/L 的 PHGG,搅拌均匀后,95 ℃灭菌 15 min。待复原乳冷却到室温后,分别接种体积分数 2% 的保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌,42 ℃发酵 9 h。将发酵后的酸奶于 4 ℃冷藏。冷藏 1 d 后测定酸奶中的活菌数和 pH。

1.2.4 乳酸菌活菌数测定 测定酸奶在 4 ℃冷藏 1~21 d 后的活菌总数。将待测样品稀释后,浇注 MRS 培养基平板进行计数。

1.2.5 酸度测定 pH 测定 测定酸奶在 4 ℃冷藏 1~21 d 后的 pH。滴定酸度测定:和 pH 同步测定,参照 GB 5009.239—2016 进行测定^[16]。

1.2.6 粘度测定 用旋转型粘度计测定 4 ℃冷藏 1 d 后的酸奶粘度。选用 2 号转子,转速为 12 r/min,在室温下测试。

1.2.7 持水力测定 取 4 ℃冷藏 1 d 的酸奶进行持水力测定。称量 50 mL 空离心管的质量 m_0 ,再取待测样 30 mL 于 50 mL 离心管中,称量总质量 m_1 ,3 000 r/min 离心 10 min,弃去上清液,倒置 10 min 后称量总质量 m_2 ,计算持水力。

$$\text{持水力}(\%) = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0) \times 100\% \quad (1)$$

1.2.8 感官评价 选取色泽、组织状态、气味、口感 4 个指标,每个指标都采用 10 分制^[17-18],0 分代表极难接受;10 分代表极喜欢,邀请 15 名食品专业的师生对冷藏 1 d 后的酸奶进行感官评价。

表 1 酸奶感官评价标准

Table 1 Standards for sensory evaluation of yogurt

指标	评分标准
色泽	色泽均匀一致,呈乳白色或微黄色,酸奶表面有细腻均匀光泽。
组织状态	组织细腻、均匀,表面光滑,无气泡、无杂质、不分层,允许有少量乳清析出。
气味	具有发酵乳特有的气味和产品的特色风味。
口感	酸甜适口,吞咽时润滑细腻。

表 2 PHGG 在保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌单独发酵酸奶时对酸奶活菌数和 pH 的影响

Table 2 Effect of PHGG on viable counts and pH of yogurt fermented by *Lactobacillus bulgaricus* or *Streptococcus thermophiles*

瓜尔豆膳食纤维添加量/ (g/L)	保加利亚乳杆菌		嗜热链球菌	
	活菌数 (10 ⁸ cfu/mL)	pH	活菌数 (10 ⁸ cfu/mL)	pH
0	16.57±0.81 ^a	4.43±0.01 ⁸	7.43±1.16 ⁸	5.33±0.01 ⁸
5	20.27±0.74 ^b	4.37±0.01 ^b	17.70±0.75 ^b	5.10±0.02 ^b
10	24.53±0.83 ^c	4.34±0.00 ^b	21.17±1.97 ^{bc}	5.06±0.01 ^b
15	23.03±0.93 ^{bc}	4.26±0.02 ^c	22.43±1.67 ^c	5.04±0.01 ^b
20	25.07±1.54 ^c	4.17±0.01 ^d	17.73±0.42 ^b	5.03±0.02 ^b

加,且随着 PHGG 添加量的增加,活菌数呈增加的趋势,添加 5 g/L 的 PHGG 时,活菌数是空白组的 1.2 倍;当添加量为 20 g/L 时,活菌数是空白组的 1.5 倍。PHGG 还可以促进保加利亚乳杆菌产酸,随着 PHGG 添加量的增加,酸奶的 pH 呈下降趋势且与空白组差异显著。保加利亚乳杆菌具有非常丰富的保健功能,如促进肠道益生菌生长定殖,促进胃肠道健康等^[19]。在酸奶发酵过程中会大量消耗乳糖产生乳酸,酸奶发酵后期 pH 较低球菌生长缓慢,凝乳主要依靠保加利亚乳杆菌产酸^[20]。PHGG 通过促进保加利亚乳杆菌的生长,可以加快发酵乳中乳酸含量的增加,进而加快 pH 下降和酸度升高。在生产中加入 PHGG,可以加快酸奶凝乳,缩短发酵周期,提高生产效率。此外,添加 PHGG 可以增加酸奶中保加利亚乳杆菌的活菌数,有助于保加利亚乳杆菌产生更多的活性物质,增强酸奶的保健功能。

单独接种嗜热链球菌发酵酸奶时,添加 PHGG 同样可以显著增加活菌数并促进乳酸菌产酸。在一定范围内随着 PHGG 添加量的增加,活菌数逐渐增加,添加量在 10~15 g/L 时,活菌数是空白组的 3 倍,添加量 20 g/L 时,活菌数相比于 15 g/L 时有所减少。说明在一定范围内,PHGG 对酸奶中嗜热链球菌的生长有促进作用。PHGG 组的 pH 显著低于空

2 结果与分析

2.1 PHGG 对发酵剂菌种生长的影响

保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌是酸奶中常加的两菌剂,表 2 结果表明,PHGG 对这两种菌的生长都有促进作用。

由表 2 可以看出,单独接种保加利亚乳杆菌发酵酸奶时,相比于空白组,PHGG 组的活菌数显著增

白组,说明 PHGG 可以促进嗜热链球菌产酸。嗜热链球菌在酸奶发酵过程中主要影响发酵前期产酸和酸奶风味质地^[20-21]。PHGG 在促进嗜热链球菌生长的同时,也促进了嗜热链球菌代谢产物的积累,可以加快酸奶在发酵前期的酸度变化,进而缩短整个发酵周期。嗜热链球菌在发酵过程中可以产生大量风味物质,如乙醛、双乙酰等,增加嗜热链球菌的数量有助于增加酸奶中风味物质的积累,提高酸奶的感官品质。

PHGG 虽然对两种乳酸菌都有促进生长的作用,但促进效果不同。从活菌数的变化情况来看,单独发酵保加利亚乳杆菌时,添加 PHGG 能达到的最大活菌数是空白组的 1.5 倍,而单独发酵嗜热链球菌时,添加 PHGG 能达到的最大活菌数是空白组的 3 倍。PHGG 对嗜热链球菌的促进作用要强于保加利亚乳杆菌。在产品中,两种菌的比例发生改变,会影响到产品特质,嗜热链球菌比例增加,可以明显提高酸奶的风味和口感,减轻冷藏过程中保加利亚乳杆菌继续生长造成的后酸化问题^[19,22]。

2.2 PHGG 对酸奶活菌数的影响

利用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌共同发酵酸奶时,添加不同质量浓度的 PHGG 对酸奶活菌数的影响显著。

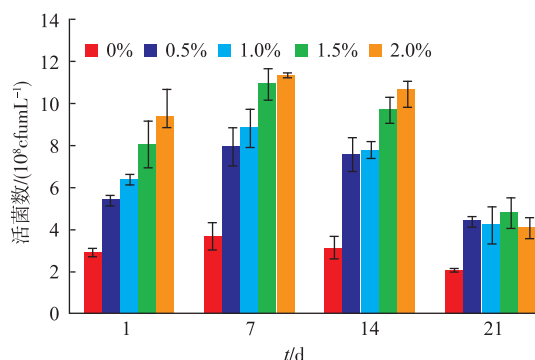


图1 酸奶冷藏期间活菌数变化

Fig. 1 Viable counts of lactic acid bacteria in yogurt during storage

冷藏第1天的结果表明,发酵结束后,酸奶中的活菌数随着 PHGG 添加量的增加而增加。在冷藏过程中,各组的活菌数都呈现先增加后减少的趋势,冷藏21 d后,各组的活菌数量都明显降低,但从整个冷藏阶段来看,PHGG 组活菌数始终高于空白组(图1)。

进入冷藏后,乳酸菌还在继续缓慢生长,活菌数量增加,之后随着酸度的积累、营养物质的减少和乳酸菌代谢产物的积累,酸奶中活菌数下降。添加 PHGG 组的活菌数相比于空白组下降倍数更大,这可能与 PHGG 组的酸奶酸度更低、代谢产物积累更多有关。酸奶的活菌数是衡量酸奶品质的一项重要指标,更高的活菌数可以使产品在市场上更有竞争力,无论是用单一菌株还是两菌株共同发酵,添加 PHGG 都可以增加酸奶中的活菌数。

2.3 PHGG 对酸奶酸度的影响

PHGG 可以增加酸奶的酸度,降低酸奶 pH,但不会造成严重的后酸化。实验结果表明 PHGG 可以促进乳酸菌的生长,发酵相同时间后酸奶的活菌数更高,酸奶中积累的代谢产物更多,乳酸等代谢产物会影响酸奶的酸度,因此添加 PHGG 的酸奶酸度更高。酸奶结束发酵进入冷藏过程后,酸度会缓慢升高,这一过程称为后酸化。酸奶发酵常用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌,当 pH 低于 5.5 时,球菌生长开始受到抑制,杆菌继续生长产酸至发酵结束。进入冷藏阶段后,杆菌还可以继续缓慢生长并产酸,直到 pH 低至 3.5 杆菌才会停止生长产酸,酸奶的后酸化主要是由保加利亚乳杆菌造成的^[23]。在整个冷藏期间,各组 pH 下降值、酸度升高值之间没有明显差异,20 g/L 添加量组的酸度值始终最高,但是

没有超过 120°T^[6],仍在适口范围,说明 PHGG 不会造成严重的后酸化。这可能是因为 PHGG 对嗜热链球菌的增值效果更好,对保加利亚乳杆菌的增值效果较弱,而后酸化主要是由保加利亚乳杆菌引起的。

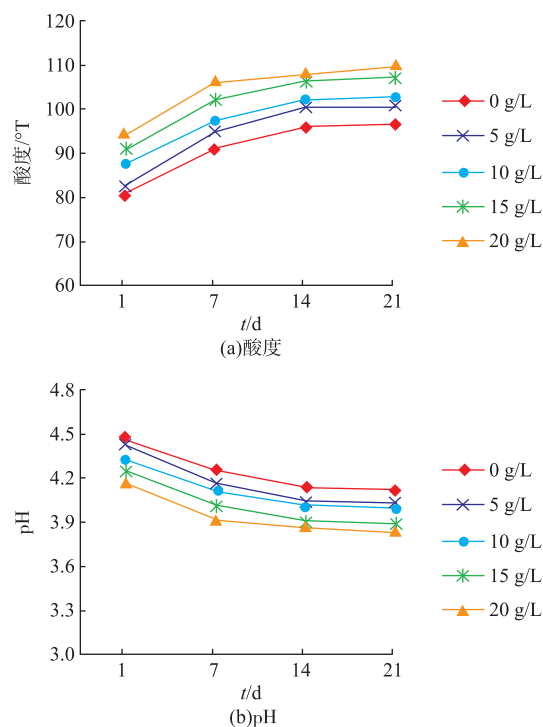


图2 PHGG 对酸奶酸度和 pH 的影响

Fig. 2 Effect of PHGG on acidity and pH of yogurt

2.4 PHGG 对酸奶黏度特性的影响

随着 PHGG 添加量的增加,酸奶的粘度呈增加趋势,添加量达到 15 g/L 后,增加的趋势变缓,结果见图3。

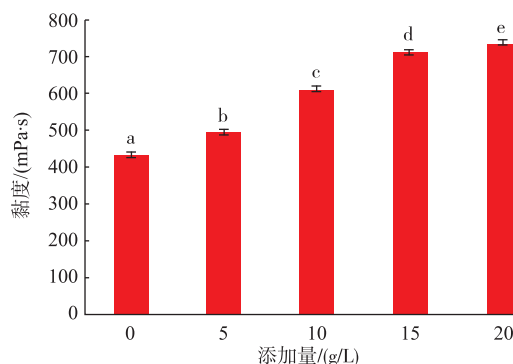


图3 PHGG 对酸奶粘度的影响

Fig. 3 Effect of PHGG on viscosity of yogurt

粘度是酸奶品质的一项重要指标,影响酸奶的组织状态、感官品质。原料乳的成分和添加剂的使

用、发酵剂的选择、均质方式等加工条件都会影响酸奶粘度^[24]。加入 PHGG 发酵酸奶可以显著增加酸奶的粘度,添加量为 20 g/L 时粘度达到空白组的 1.7 倍。PHGG 是一种低粘度膳食纤维,添加到牛奶中不会影响牛奶粘度,推测可能是由于 PHGG 促进乳酸菌生长并分泌胞外多糖,特别是嗜热链球菌,分泌的胞外多糖有助于增加酸奶粘度。干物质含量增加有助于酸奶的粘度增加,添加 PHGG 增加了酸奶中干物质的含量,但添加量较小,推测干物质含量变化不是质构改变的主要因素。梁海艳^[25]等人的实验中,添加人参多糖后酸奶的表观粘度反而降低。很多研究表明,添加菊粉可以增加酸奶的表观粘度,可能是因为菊粉本身作为糖类物质可以结合水,具有保水能力,或者参与了蛋白质凝胶形成,改善了质构^[26]。PHGG 是多糖,增加粘度的原因还可能是由于 PHGG 的保水能力或在蛋白质酸凝的过程中参与凝胶结构的形成,进而改善质构。

2.5 PHGG 对酸奶保水性的影响

随着 PHGG 添加量的增加,酸奶持水力增加,各组间差异显著(图 4)。

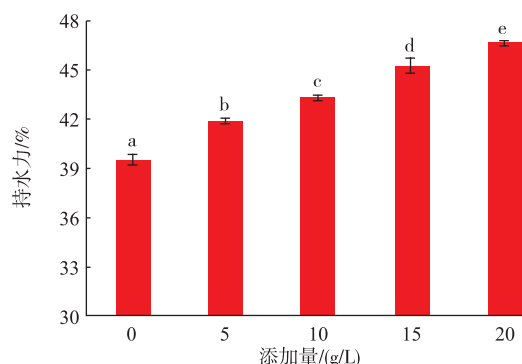


图 4 PHGG 对酸奶持水力的影响

Fig. 4 Effect of PHGG on water holding capacity of yogurt

持水力和粘度都是表征酸奶质构特性的重要指标,持水力增加说明 PHGG 可以减少乳清析出,改善酸奶的质地和口感。持水力和粘度增加有助于

提高酸奶凝胶强度和产品稳定性。对于凝固型酸奶,增强凝胶强度避免运输过程中凝乳破碎、乳清析出尤为重要。Mudgil 等人用纤维素酶水解瓜尔豆胶,将水解物添加到酸奶中,发现水解物会降低酸奶粘度和持水力^[27]。作者实验的结果与之相反,推测可能是由于水解物相对分子质量分布等差异造成的。

2.6 PHGG 对酸奶感官品质的影响

通过感官品评,适量添加 PHGG 可以提高酸奶的感官品质(表 3)。

在感官品质方面,PHGG 主要影响酸奶的质地和口感,而对色泽和风味品质影响不大。在色泽方面,空白组颜色偏白,而添加 PHGG 酸奶颜色呈浅黄色,但变化很小,对产品的色泽无显著影响。PHGG 是一种无色无味的膳食纤维,添加到原料乳中不会引起明显变化,酸奶产品中,添加 PHGG 的酸奶颜色偏黄,推测由于 PHGG 是碳水化合物,在巴氏灭菌的过程中发生了美拉德反应。国标中规定的酸奶色泽是乳白色或微黄色,添加 PHGG 的酸奶颜色符合国标要求,且质地更佳,色泽更均匀,在感官评分中略高于空白组。在质地方面,空白组的酸奶乳清析出较多,凝乳松散易碎,质地稀薄,评分最低。加入 PHGG 的酸奶,粘度和持水力增加,乳清析出减少,质地更加均匀细腻,在添加量为 10 g/L 时评分最高。添加量为 15 g/L 和 20 g/L 时,酸奶质地稠厚,细腻均匀程度降低,评分降低。酸奶在质地方面的感官评分和粘度、持水力结果一致,PHGG 可以增加酸奶的持水力和粘度,减少乳清析出,改善质构。在风味方面,PHGG 本身无味,各组都有酸奶香味,但添加 PHGG 可以使乳香味和酸味更浓,因此各组评分略高于空白组,但无显著性差异。在口感方面,各组的评分都显著高于空白组,空白组酸味淡,入口稀薄,适口性差,随着 PHGG 浓度增加,酸奶的酸度增加,入口后稠厚感增强,在添加量为 15 g/L 时口感最佳,当添加量为 20 g/L 时,酸度过高且

表 3 酸奶感官评分结果

Table 3 Sensory evaluation of yogurt

PHGG 添加量/(g/L)	色泽	质地	气味	口感	总分
0	7.8±1.5 ^a	5.2±1.6 ^a	4.8±1.5 ^a	3.6±1.0 ^a	21.4±5.3 ^a
5	8.2±0.7 ^a	7.0±0.6 ^{ab}	6±0.6 ^a	5.8±0.7 ^b	27.0±2.0 ^{ab}
10	8.6±0.5 ^a	8.0±1.1 ^b	6.6±1.4 ^a	6.9±0.5 ^b	30.1±2.0 ^b
15	8.2±0.7 ^a	7.0±1.4 ^{ab}	7.2±1.0 ^a	7.6±1.0 ^b	30.0±2.6 ^b
20	8.0±1.1 ^a	6.7±1.1 ^{ab}	6±1.1 ^a	6.4±1.4 ^b	27.1±3.0 ^{ab}

酸奶过于稠厚,入口不爽滑,适口性变差。风味和口感的评分与活菌数变化一致,PHGG 通过促进乳酸菌增殖,产生更多的风味物质和乳酸,使酸奶香味更加浓郁,酸味增强。总体来看,当 PHGG 的添加量为 10~15 g/L 时,感官品质达到最佳,色泽均一,质构细腻,乳清析出少,香味浓郁且酸甜适口。

3 结 语

PHGG 可以促进保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌在酸奶发酵过程中的增殖,提高酸奶中的活菌数,促进乳酸菌产酸,加快凝乳,显著增加酸奶的粘度和持水力,提高酸奶的质构品质,当 PHGG 添加量为 10~15 g/L 时,酸奶的感官品质达到最佳。研究结果表明 PHGG 可以作为一种有效的酸奶添加剂。

参考文献:

- [1] PADILHA V M, ANDRADE S A C, VALENCIA M S, et al. Optimization of synbiotic yogurts with yacon pulp (*Smallanthus sonchifolius*) and assessment of the viability of lactic acid bacteria[J]. **Food Sci Technol**, 2017, 37(2): 166-175.
- [2] SRISUVOR N, CHINPRAHAST N, PRAKITCHAIWATTANA C, et al. Effects of inulin and polydextrose on physicochemical and sensory properties of low-fat set yoghurt with probiotic-cultured banana purée [J]. **LWT – Food Science and Technology**, 2013, 51(1): 30-36.
- [3] CANBULAT Z, OZCAN T. Effects of short-chain and long-chain inulin on the quality of probiotic yogurt containing *Lactobacillus rhamnosus*[J]. **Journal of Food Processing & Preservation**, 2014, 39(6): 1251-1260.
- [4] PIMENTEL T C, GARCIA S, PRUD'NCIO S H. Effect of long - chain inulin on the texture profile and survival of *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* in set yoghurts during refrigerated storage [J]. **International Journal of Dairy Technology**, 2012, 65(1): 104-110.
- [5] KARIMI R, AZIZI M H, GHASEMLOU M, et al. Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: A review[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2015, 119: 85-100.
- [6] BAI Yongliang, CHEN Qingfa, DU Bing, et al. Preparation of health yogurt with banana resistant starch [J]. **Food Science**, 2012, 33(16): 318-323. (in Chinese)
- [7] REZAEI R, KHOMEIRI M, KASHANINEJAD M, et al. Effect of resistant starch and aging conditions on the physicochemical properties of frozen soy yogurt[J]. **Journal of Food Science & Technology**, 2015, 52(12): 8164-8171.
- [8] ZHANG Yan, LI Jian, LIU Lushu, et al. Effect of tricholoma matsutake polysaccharide on the fermentation characteristics of lactic acid bacteria and the texture of yogurt[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2016, 37(1): 156-160. (in Chinese)
- [9] YUJI N, HIROSHI I, SATOMI A, et al. Identification of cysteinylated transthyretin, a predictive biomarker of treatment response to partially hydrolyzed guar gum in type 2 diabetes rats, by surface-enhanced laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry[J]. **Journal of Clinical Biochemistry & Nutrition**, 2016, 58(1): 23-33.
- [10] TAKAGI T, NAITO Y, HIGASHIMURA Y, et al. Partially hydrolysed guar gum ameliorates murine intestinal inflammation in association with modulating luminal microbiota and SCFA[J]. **British Journal of Nutrition**, 2016, 116(7): 1-7.
- [11] HORII Y, UCHIYAMA K, TOYOKAWA Y, et al. Partially hydrolyzed guar gum enhances colonic epithelial wound healing via activation of RhoA and ERK1/2[J]. **Food & Function**, 2016, 7(7): 3176-3183.
- [12] CARLSON J, ESPARZA J, SWAN J, et al. In vitro analysis of partially hydrolyzed guar gum fermentation differences between six individuals[J]. **Food & Function**, 2016, 7(4): 1833-1838.
- [13] CARLSON J, HOSPATTANKAR A, DENG P, et al. Prebiotic effects and fermentation kinetics of wheat dextrin and partially hydrolyzed guar gum in an in vitro batch fermentation system[J]. **Foods**, 2015, 4(3): 349-358.
- [14] CARLSON J, GOULD T, SLAVIN J. In vitro analysis of partially hydrolyzed guar gum fermentation on identified gut microbiota [J]. **Anaerobe**, 2016, 42: 60-66.
- [15] OHASHI Y, SUMITANI K, TOKUNAGA M, et al. Consumption of partially hydrolysed guar gum stimulates Bifidobacteria and butyrate-producing bacteria in the human large intestine[J]. **Beneficial Microbes**, 2015, 6(4): 1-6.
- [16] GB 5009.239-2016[S]. (in Chinese)
- [17] GLIBOWSKI P, RYBAK P. Rheological and sensory properties of stirred yoghurt with inulin-type fructans [J]. **International**

- Journal of Dairy Technology**, 2016, 69(1): 122-128.
- [18] GLIBOWSKI P, KOWALSKA A. Rheological, texture and sensory properties of kefir with high performance and native inulin[J]. **Journal of Food Engineering**, 2012, 111(2): 299-304.
- [19] FU Heng, YUAN Shuang, CHEN Jie, et al. Influence of *Lactobacillus bulgaricus* on the fermentation process of yogurt and the application prospects[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2014, 35(9): 360-362. (in Chinese)
- [20] LI Guangfu, CHEN Wei, FAN Luping, et al. Nutritional quality and aroma components in yogurt supplemented with functional components of *Ganoderma lucidum*[J]. **Food Science**, 2015, 36(10): 168-173. (in Chinese)
- [21] LI Sha, MA Chengjie, XU Zhiping, et al. Fermentation characteristics of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* co-cultured with different *Streptococcus thermophilus* Strains[J]. **Food Science**, 2015, 36(15): 123-127. (in Chinese)
- [22] CHEN Shixian, GAO Pengfei, ZHANG Xingchang, et al. Effect of starters consisting of different proportions of *Streptococcus thermophilus* to *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on the quality of fermented milk [J]. **Journal of Dairy Science and Technology**, 2014, 37(1): 11-15. (in Chinese)
- [23] HUANG Jun, ZHANG Xiang, YOU Yuru, et al. Advances in controlling postacidification in yogurt [J]. **Microbiology China**, 2016, 43(03): 663-670. (in Chinese)
- [24] OZCAN T. Determination of yogurt quality by using rheological and textural parameters [J]. **International Proceedings of Chemical Biological & Environmenta**, 2013, 53: 118-122.
- [25] LIANG Haiyan, ZHANG Tiehua, ZHENG jian, et al. Effect of ginseng polysaccharide on the fermentation characteristics of lactic acid bacteria and the texture of yogurt[J]. **China Dairy Industry**, 2013, 41(1): 21-24. (in Chinese)
- [26] MEYER D, BAYARRI S, T?RREGA A, et al. Inulin as texture modifier in dairy products[J]. **Food Hydrocolloids**, 2011, 25(8): 1881-1890.
- [27] MUDGIL D, BARAK S, KHATKAR B S. Development of functional yoghurt via soluble fiber fortification utilizing enzymatically hydrolyzed guar gum[J]. **Food Bioscience**, 2016, 14: 28-33.

会 议 消 息

会议名称:中国化学会第七届全国热分析动力学与热动力学学术会议

会议时间:2019年4月19-21日

会议地点:安徽省合肥市

主 办 方:中国化学会

承 办 方:1、中国化学会热力学与热分析专业委员会;2、中国科学技术大学理化科学实验中心

会议主题:展现热分析动力学与热动力学领域的主要研究成果

大会主席:王键吉

预计规模:300人

会议网站:<http://takt2019.ustc.edu.cn/>

联 系 人:丁延伟

电子邮箱:ywding@ustc.edu.cn

电 话:13033058986

地 址:安徽省合肥市金寨路96号 中国科学技术大学 理化科学实验中心

会议内容:1、关于热分析动力学的理论、进展和研究论文;2、关于热动力学的理论、进展和研究论文;3、关于热分析动力学和热动力学的仪器功能、实验方法和数据处理软件的开发等;4、关于热分析动力学和热动力学在无机、有机、高分子、材料、生物等各个领域中的应用;5、关于热分析动力学和热动力学在实际应用中的常见问题研讨;6、其它热分析和量热学领域内的研究工作。