

百香果膳食纤维对凝固型益生菌酸水牛乳品质特性的影响

黄子珍¹, 陈超锋², 曾庆坤¹, 黄丽¹, 李玲^{1*}

(1. 中国农业科学院广西水牛研究所, 南宁 530001; 2. 广西大学, 南宁 530004)

摘要: 以百香果膳食纤维和新鲜脱脂水牛乳为原料, 采用保加利亚乳杆菌(*L. bulgicus*)、嗜热链球菌(*S. thermophilus*)与干酪乳杆菌(*L. casei* 431)组合发酵制备百香果膳食纤维凝固型酸乳, 研究了百香果膳食纤维对酸水牛乳理化性质、质构特性、流变学特性、微观结构、活菌数以及感官评价的影响。结果表明, 百香果膳食纤维能够提高凝固型酸水牛乳的酸度, 并在一定范围内增加酸乳的持水力。百香果膳食纤维的添加会影响酸乳的质构特性及流变特性, 使酸乳更柔软、顺滑。微观结构显示, 百香果膳食纤维酸水牛乳中的酪蛋白凝胶网络结构空穴更多、更开放。百香果膳食纤维可有效增殖干酪乳杆菌*L. casei* 431的数量, 提高酸水牛乳的感官特性, 添加量为1%的酸水牛乳总体可接受性最好。

关键词: 百香果膳食纤维; 凝固型酸乳; 益生菌; 品质特性

中图分类号: TS 252.54 文献标志码: A 文章编号: 1005-9989(2019)07-0314-06

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2019.07.051

Effect of passion fruit fiber on quality characteristics of buffalo milk probiotic yoghurt

HUANG Zizhen¹, CHEN Chaofeng², ZENG Qingkun¹, HUANG Li¹, LI Ling^{1*}

(1. Guangxi Buffalo Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530001; 2. Guangxi University, Nanning 530004)

Abstract: Experimental set yoghurts were made with fresh buffalo skim milk supplemented with 0.5%, 1.0%, 1.5% passion fruit fiber (PFF) and inoculated with probiotic culture of *Lactobacillus casei* 431. The effects of PFF on physical and chemical properties, texture, rheological, microstructure and sensory properties of set yoghurt were studied. In addition to this, the viability of the probiotic *L. casei* 431 strain and yoghurt startercultures were also determined. The results showed that PFF could effectively proliferate *Lactobacillus casei* 431 and improve acidity and water holding capacity of set yoghurt. Addition of PFF decreased the hardness, adhesiveness and viscosity values whereas it increased cohesiveness. The microstructure showed that casein gel network structure in PFF yoghurt was more big and more open. Yoghurts with PFF had better sensory scores compared to plain yoghurt, and 1% PFF has the best overall

收稿日期: 2019-03-06

*通信作者

基金项目: 广西重点研发计划项目(桂科AB1850033, 桂科AB1850017)。

作者简介: 黄子珍(1993—), 女(壮族), 广西乐业人, 硕士, 研究方向为食品加工与安全。



acceptability.

Key words: passion fruit fiber; set yoghurt; probiotic; quality characteristics

水牛乳是中国南方地区特色乳,因其各方面的营养均高于荷斯坦牛乳和娟姗牛乳,因而具有“奶中精品”的美誉^[1]。目前我国水牛乳加工产业还处于初级阶段,高附加值产品较少,进一步开发水牛乳新产品,是顺应市场发展的选择^[2]。百香果是一种亚热带水果,广西产量占全国一半以上,百香果皮作为加工的副产物,大部分都得不到有效利用,导致资源严重浪费。研究表明,百香果皮富含膳食纤维、果胶、多糖、酚类等多种功能成分,具有抗氧化、抗肠炎、降血压、降血糖^[3]等作用,有很高的开发利用价值。

近年来,越来越多的新型食品配方中出现了富含膳食纤维的水果副产物,主要发挥其益生元的作用以促进肠道健康。百香果皮因含丰富的膳食纤维已被应用于乳酸菌发酵制品中。百香果皮可促进益生菌酸乳中脂肪酸和共轭亚油酸含量的增加^[4];此外,其还增强了脱脂酸乳在冷藏期间的质构参数^[5]。百香果皮可增加发酵豆乳中叶酸的含量并增强鼠李糖乳杆菌的存活力^[6]。但目前关于百香果皮影响水牛酸乳品质及风味的研究未见报道,基于以上背景,本文将百香果皮粉碎后制备百香果膳食纤维添加到脱脂水牛乳中,采用保加利亚乳杆菌(*L. bulgricus*)、嗜热链球菌(*S. thermophilus*)与干酪乳杆菌(*Lactobacillus casei*)*L. casei*431组合发酵制备百香果膳食纤维凝固型益生菌水牛酸乳,研究百香果膳食纤维对酸水牛乳理化性质、质构特性、流变学特性、微观结构、活菌数以及感官评价的影响,为综合利用百香果皮资源及开发水牛乳新产品提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

新鲜水牛乳:实验当天采自水牛研究所种牛场;YC-X11发酵剂(保加利亚乳杆菌:嗜热链球菌=1:1)、干酪乳杆菌*L. casei*431:科汉森公司;百香果:市售;其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

TMS-Pro型质构仪:美国FTC公司;MARS型流变仪:德国Haake公司;Quanta 250电镜扫描仪:美国FEI公司;其他玻璃仪器等。

1.3 实验方法

1.3.1 百香果膳食纤维酸水牛乳制备的工艺流程

百香果膳食纤维

↓

脱脂水牛乳→复合乳→均质→杀菌(90℃、10 min)→冷却(43℃)→接种→发酵(37℃、4 h)→冷藏(4℃、24 h)

1.3.2 操作要点

(1)百香果膳食纤维的制备:新鲜百香果→清洗→挖浆→取果皮→干燥(55℃、48 h)→粉碎→过筛(300目)→百香果膳食纤维(Passion fruit peel fiber, PPF)。

(2)复合乳的制备:分别制备脱脂水牛乳和含0.5%、1%、1.5%百香果膳食纤维的脱脂水牛乳,将4种复合乳混合均匀经过均质后,加热至90℃,保持10 min。

(3)冷却、接种:杀菌后的乳液冷却至43℃,接入发酵菌种YC-X11及益生菌*L. casei* 431,混匀。

(4)发酵、冷藏:将乳液于37℃静置发酵4 h直至凝乳,置4℃冰箱后熟24 h即得4种酸乳样品对照、0.5% PPF、1.0% PPF、1.5% PPF。

1.3.3 测定方法

(1)pH值的测定:经后熟的样品恢复到室温后,用玻璃棒搅拌均匀,采用pH计测定样品的pH值。

(2)滴定酸度的测定:按照AOAC 942.15方法测定。

(3)持水力的测定:取40.0 g接种后的乳液,在50 mL离心管中37℃发酵至凝乳后取出,4℃冷藏24 h后取出,在20℃条件下4000 r/min离心10 min,去除上清液后称重。持水力计算公式为:

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

式中: m_1 为样品质量;

m_2 为沉淀物质量。

(4)质构特性的测定:利用FTC-TMS-PRO质构仪进行TPA测试,测试条件为:采用连接50 N感应元的质构仪,选择圆柱型探头,测试速率为120 mm/min,最小触发力0.05 N。样品从4℃冰箱中取出后即开始测试。

(5)流变特性的测定^[7]: 采用小振幅频率扫描法测定酸乳的流变特性。选用直径60 mm的不锈钢平板探头, 平板与底面的间隙为1 mm, 测试温度为(25±0.5)℃。首先频率固定在1 Hz, 从0%~100%应变范围进行扫描, 确定样品的恒定应变为1.0%。然后进行样品测试: 频率扫描, 应变股性在1.0%, 频率从0.1~10 Hz进行扫描; 剪切扫描, 剪切速率从0 s⁻¹增大到100 s⁻¹, 然后从100 s⁻¹减至0 s⁻¹, 扫描时间为360 s。每个样品重复3次。

(6)扫描电镜^[8]: 酸乳样品经液氮快速冷冻后进行真空冷冻干燥, 干燥后的样品喷溅金后用扫描电子显微镜观测微观结构。

(7)乳酸菌的测定^[9]: 酸乳中的保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌和干酪乳杆菌用0.9% NaCl溶液稀释到一定倍数后采用平板计数。用MRS琼脂

(pH5.4)计数保加利亚乳杆菌, 平板在37℃下厌氧培养24 h; 干酪乳杆菌*Lactobacillus casei* 431用含有10 mg/L万古霉素的MRS琼脂计数, 平板在37℃下厌氧培养48 h; 用M17(pH7.2)计数嗜热链球菌, 平板在37℃下有氧培养24 h。

(8)感官评价: 参考文献[9]所述的评估标准评估该款酸乳的感官特性, 从气味、外观、滋味、质构及总体可接受性等方面进行打分, 采用9分制, 1分最差, 9分最好。

1.4 统计分析

实验中所有数据均采用SPSS16.0进行数据分析, 采用Origin 8.0软件作图。

2 结果与分析

2.1 百香果膳食纤维酸水牛乳的基本理化指标

表1 百香果膳食纤维酸水牛乳基本理化指标

样品	pH	滴定酸度/%	持水力/%	总固形物/%	蛋白质/%	总酚/(μg/mL)
对照	5.02±0.01 ^a	0.91±0.00 ^a	95.45±0.29 ^a	85.52±0.15 ^a	5.64±0.12 ^a	82.47±0.12 ^a
0.5% PPF	5.04±0.01 ^a	0.91±0.00 ^a	95.70±0.39 ^a	85.77±0.21 ^a	5.50±0.04 ^b	89.64±0.90 ^b
1.0% PPF	5.00±0.03 ^a	0.93±0.01 ^b	96.98±0.15 ^b	86.53±0.85 ^b	5.47±0.03 ^b	110.07±0.74 ^c
1.5% PPF	5.00±0.01 ^a	0.95±0.01 ^c	93.05±0.56 ^c	87.11±0.16 ^c	5.17±0.08 ^c	139.81±0.34 ^d

注: 同一列中标有不同字母的表示差异显著($P<0.05$), 数值以平均值±标准差(Mean±SD)表示。下表同。

如表1所示, 4组酸乳样品的pH值没有显著差异, 但可滴定酸度差异明显, 其中1.5% PPF可滴定酸度最高, 达到0.95%; 其次是1.0% PPF酸乳, 为0.93%; 0.5% PPF和对照酸乳的可滴定酸度最低。滴定酸度呈现随PPF的添加量的增加而增加的趋势。可能是由于PPF的增加, 增加了其固形物含量(表1), 促进了乳酸菌利用其中的有机物产酸从而增加了酸乳的滴定酸度。酸乳的持水力随着PPF添加量的增大而增加, 当PPF添加量达到1%时, 持水力达最大为96.98%; 当PPF添加量超过1.0%后, 酸乳的持水力随着PPF添加量的增加而降低。百香果膳食纤维酸乳的持水力先增后减, 可能是由于PPF本身具有较强的持水力, 将

PPF加入到酸乳中, 与酪蛋白胶束共同作用提高了酸乳的持水性。持水性下降可能是由于百香果膳食纤维是作为填充物镶嵌在酪蛋白的凝胶网络结构中^[10], 而非酪蛋白间网络结构的骨架组成, 故当受到外力时, 包含百香果膳食纤维的网络结构容易被破坏, 导致乳清析出。另外, 酸乳的持水力与酸乳中总固形物含量及蛋白质含量有关^[11], 含1.5% PPF的酸乳蛋白质含量最低, 影响了酪蛋白间的相互作用, 导致其持水力下降。酸乳中总酚含量随着PPF含量增加而增加, 由于百香果皮富含多酚^[4-5], 因此提高了酸水牛乳中总酚的含量。

2.2 百香果膳食纤维酸水牛乳的质构特性

表2 百香果膳食纤维酸水牛乳质构性质

样品	硬度/g	黏附性/(N·s)	内聚性/(N·s)	弹性/(N·s)	胶着性/(N·s)
对照	0.37±0.02 ^a	0.53±0.06 ^a	0.42±0.01 ^a	7.59±0.56 ^a	0.17±0.01 ^a
0.5% PPF	0.29±0.01 ^b	0.41±0.03 ^b	0.44±0.01 ^b	6.99±0.21 ^b	0.13±0.00 ^b
1.0% PPF	0.25±0.02 ^c	0.32±0.06 ^c	0.46±0.02 ^c	6.32±0.47 ^c	0.11±0.01 ^c
1.5% PPF	0.27±0.03 ^d	0.36±0.05 ^c	0.43±0.02 ^d	6.26±0.41 ^c	0.11±0.02 ^c

由表2可知, 添加百香果膳食纤维的酸乳的硬度、黏附性、弹性和胶着性均比对照酸乳低, 并且随着百香果膳食纤维添加量的增大而递减, 但内聚性总体比对照组稍高。说明添加百香果膳食纤维的酸乳质地柔软、顺滑, 但黏稠性与凝胶性不足。这可能是由于百香果膳食纤维中的多糖与乳蛋白之间存在不相容性^[12], 在乳酸菌发酵的凝胶过程中相互排斥, 影响了酪蛋白间的相互聚集, 导致了发酵后的酸乳硬度降低、质地变软、胶着性差。也可能是因为百香果膳食纤维促进乳酸菌(特别是嗜热乳杆菌)在发酵过程中代谢产生胞外多糖, 形成了胞外多糖-蛋白的弱凝胶结构^[13], 而不是更稳定的蛋白-蛋白结构。

2.3 百香果膳食纤维酸水牛乳的流变特性

G' 和 G'' 是表征酸乳黏弹性重要指标, 描述酸乳凝胶的强度; G' 和 G'' 分别表示酸乳的弹性模量和黏性模量, 反映样品弹性与黏性大小^[7]。百香果膳食纤维酸水牛乳频率扫描曲线的弹性模量和黏性模量结果见图1。

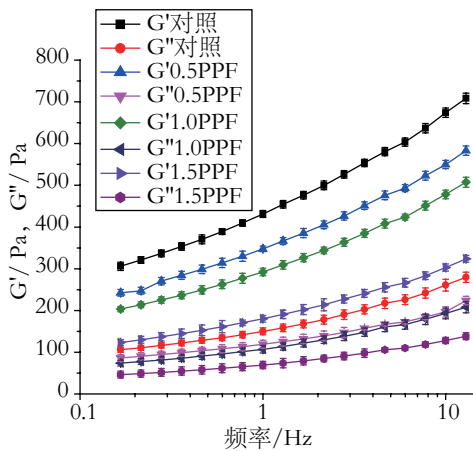


图1 百香果膳食纤维酸乳的频率扫描曲线

由图1可知, 在0.1~10 Hz的频率范围内, 随着扫描频率的增大, 4种酸乳的 G' 及 G'' 值都呈增加趋势, 且 G' 值均高于 G'' , 表明酸乳中弹性成分占优势, 具有类固体的特征。与对照组相比, 添加PPF的酸乳具有较低的 G' 及 G'' 值, 酸乳的黏弹性模量随着PPF添加量的增多而递减, 表明了具有降低弹性行为的弱凝胶的形成。这一结果与Sah等^[8]研究添加菠萝皮对酸乳流变性影响的研究结果一致, 也与前述质构特性酸乳弹性结果一致。研究表明, 益生菌菌株具有水解蛋白的活性^[14], 可能是百香果膳食纤维增强了益生菌菌株的蛋白水解活性, 进而影响了蛋白间的凝胶网络状结构。

酸乳的流变学特性符合冥律模型方程^[15]
 $\tau = K \dot{\gamma}^n$, 根据剪切应力与剪切速率曲线拟合出酸乳流变学特性回归方程, 结果如表3所示。

表3 百香果膳食纤维酸乳的流变参数

样品	$\kappa / (\text{Pa} \cdot \text{s}^n)$	n	$\eta_{50} / (\text{Pa} \cdot \text{s})$	R
对照	157.78 ± 11.77 ^a	0.236 ± 0.017 ^a	3.89 ± 0.05 ^a	0.978
0.5% PPF	121.018 ± 8.674 ^b	0.387 ± 0.017 ^b	3.49 ± 0.10 ^b	0.974
1.0% PPF	69.064 ± 3.521 ^c	0.411 ± 0.035 ^b	3.31 ± 0.08 ^c	0.973
1.5% PPF	61.810 ± 2.032 ^d	0.481 ± 0.036 ^c	3.02 ± 0.05 ^d	0.990

注: τ 为剪切应力(Pa), $\dot{\gamma}$ 为剪切速率(s^{-1}), K 为稠度系数, n 为流变特性指数, η_{50} 是在50 s^{-1} 的剪切速率下的表观黏度。

由表3可知, 各组酸乳回归方程拟合得较好, 其相关系数 R^2 均大于0.97。流变特性指数均有 $n < 1$, 进一步表明酸乳均为假塑性流体。在没有加入膳食纤维的情况下, 酸乳的流变指数 $n=0.236$, 但随着膳食纤维的加入, 流变指数 n 变大, 稠度系数 K 变小, 表明百香果膳食纤维酸乳的黏度较低。这与Pasephol等^[16]具有相似的结果, 其研究显示添加了菊粉的酸乳表现出较低的表观黏度值。百香果表观黏度均低于空白对照组, 且随其添加量的增加黏度逐渐降低, 这可能是由于百香果膳食纤维镶嵌在酪蛋白凝胶网络结构中, 在受到外力时起到了物理剪切作用, 破坏了酪蛋白间的凝胶网络结构, 影响了黏度。另外, 也可能是酸乳的酸度增大从而影响了黏度。

2.4 百香果膳食纤维酸水牛乳的微观结构

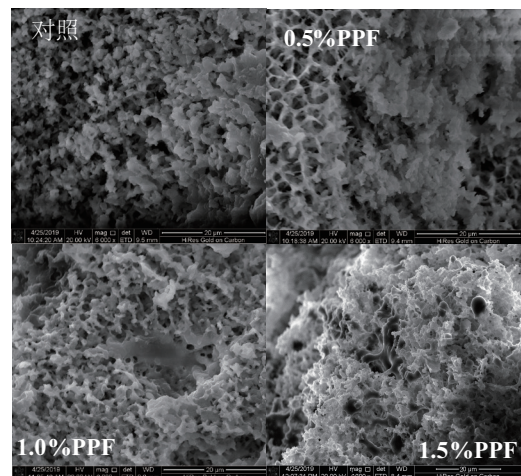


图2 百香果膳食纤维酸水牛乳扫描电镜

如图2所示, 各组样品均清晰可见酸乳中酪蛋白的典型微观结构——酪蛋白胶束交联形成能

容纳乳清的空腔。如图2可知,对照酸乳与PPF酸乳的显微结构存在明显差异,在添加PPF的酸乳中能观察到更大、更多的酪蛋白凝胶网络。这与Sah等^[8]在菠萝皮酸乳中观察到的结果相似,在弱凝胶酸乳的微观结构中有更大、更开放的乳清通道。这可能是PPF多糖与乳蛋白存在不相容性,二者相互排斥,使酪蛋白空穴变大。电镜结果解释了前述PPF酸乳硬度及弹性降低的现象。此外,扫描电镜结果也显示了PPF存在于酸乳中的状态——填充或贯穿在酪蛋白胶束之间,这或许也印证了PPF酸乳流变性较弱的原因。

2.5 百香果膳食纤维酸水牛乳中乳酸菌的数量

表4 百香果膳食纤维酸乳乳酸菌计数

样品	乳酸菌计数/(lg cfu/g)		
	<i>L. bulgricus</i>	<i>S. thermophilus</i>	<i>L. casei</i>
对照	8.19±0.07 ^a	8.48±0.05 ^a	7.73±0.05 ^a
0.5% PPF	8.11±0.01 ^a	8.38±0.02 ^c	7.91±0.01 ^b
1.0% PPF	7.96±0.03 ^b	8.13±0.01 ^b	8.11±0.03 ^c
1.5% PPF	7.75±0.01 ^c	8.02±0.01 ^b	8.17±0.03 ^c

由表4可以看出,百香果膳食纤维酸乳中的保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌数量低于对照酸乳,且随着添加量的增多,嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌的数量逐渐减少,这可能是由于添加量高的酸乳具有较高的滴定酸度和总酚含量^[17],抑制了乳酸菌的生长。百香果膳食纤维酸乳中嗜热链球菌的数量高于保加利亚乳杆菌。Feng等^[18]的研究指出,酸乳中嗜热链球菌的耐受性高于保加利亚乳杆菌,其更能够抵抗较高浓度果蔬添加物对其生长的影响,这与本实验的结果相符。但所有PPF组的乳酸菌存活率仍高于6.0 lg cfu/mL,符合酸乳产品中建议的最低值6.0 lg cfu/mL,表明PPF可以为保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌提供合适的环境。

与保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌不同,百香果膳食纤维酸乳中*L. casei*431益生菌的数量显著高于对照酸乳,较高的滴定酸度没有影响其存活,这与Nikmaram等^[19]有相同的研究结果,这可能与*L. casei*431具有较好的酸耐受性有关^[9]。*L. casei*431的数量随着百香果膳食纤维添加量的增多而增加,在1.0%和1.5%PPF酸乳中*L. casei*431的数量高达8.13 lg cfu/g及8.38 lg cfu/g,表明百香果膳食纤维具有促进*L. casei*431益生菌生长的作

用。百香果皮中含有10%~20%的果胶,因此发挥了益生元的作用^[5]。

2.6 百香果膳食纤维对酸水牛乳感官品质的影响

研究表明,一些植物成分添加到酸乳中可以改善酸乳的感官品质,如向山羊酸乳中添加枣浆覆盖了山羊的味道,增强了山羊酸乳的风味^[18];而有些植物成分虽然提高了酸乳的功能活性但却表现出较低的感官接受度,如辣木叶提取物^[20]、米糠^[9]等则降低了酸乳的总体可接受度。如表6所示,与对照酸乳相比,添加了百香果膳食纤维的酸乳在外观、滋味、质构和总体可接受性上都显著提高,说明百香果膳食纤维的加入增加了酸乳的感官特性。百香果膳食纤维添加量为1%的酸乳各方面都表现出较高的可接受性,可能是由于含1.5%百香果膳食纤维的酸乳具有较高的酸度。

表5 百香果膳食纤维酸乳的感官评价

样品	外观	滋味	质构	总体可接受度
对照	5.75±1.50 ^a	4.25±0.96 ^a	4.75±0.50 ^a	4.75±0.96 ^a
0.5% PPF	6.50±1.29 ^b	6.25±0.96 ^b	6.50±1.00 ^b	5.75±0.96 ^b
1.0% PPF	6.75±1.26 ^c	7.25±0.96 ^c	7.50±1.00 ^c	7.00±1.41 ^c
1.5% PPF	5.50±0.58 ^a	6.00±0.00 ^d	6.50±0.58 ^d	5.50±1.00 ^d

3 结论

百香果膳食纤维的添加会影响酸水牛乳的基本理化指标,滴定酸度随百香果膳食纤维添加量的增加而增大;添加量1%的百香果膳食纤维酸水牛乳持水力最高。

百香果膳食纤维的添加会影响酸乳的质构特性,使酸水牛乳的硬度、黏附性、弹性和胶着性降低,内聚性增强,酸水牛乳变得更柔软、顺滑;百香果膳食纤维会改变酸水牛乳的流变特性,G'及G''值随添加量的增加而降低,稠度系数变小,流动系数增大,黏度也随其添加量的增大而降低。微观结构表明,百香果膳食纤维可在酸水牛乳中形成更大、更多的酪蛋白凝胶网络结构。

百香果膳食纤维可促进酸水牛乳中益生菌中*L. casei*431的增殖并提高感官评分。

参考文献:

- [1] 黄丽,李玲,杨攀,等.响应面法优化聚葡萄糖酸水牛乳的发酵工艺[J].食品工业,2016,37(11):100-103.
- [2] 王金梅,杨远,苗永旺.印度、意大利水牛乳业发展对我



- 国的启示[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(10): 32-35.
- [3] Kandandapani S, Balaraman A K, Ahamed H N. Extracts of passion fruit peel and seed of *Passiflora edulis* (Passifloraceae) attenuate oxidative stress in diabetic rats[J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2015, 13(9): 680-686.
- [4] Do Espirito Santo A P, Cartolano N S, Silva T F, et al. Fibers from fruit by-products enhance probiotic viability and fatty acid profile and increase CLA content in yoghurts[J]. International Journal of Food Microbiology, 2012, 154(3): 135-144.
- [5] Do Espirito Santo A P, Perego P, Converti A, et al. Influence of milk type and addition of passion fruit peel powder on fermentation kinetics, texture profile and bacterial viability in probiotic yoghurts[J]. LWT, 2012, 47(2): 393-399.
- [6] Albuquerque M A C, Yamacita D S, Bedani R, et al. Influence of passion fruit by-product and fructooligosaccharides on the viability of *Streptococcus thermophilus* TH-4 and *Lactobacillus rhamnosus* LGG in folate bio-enriched fermented soy products and their effect on probiotic survival and folate bio-accessibility under in vitro simulated gastrointestinal conditions[J]. International Journal of Food Microbiology, 2019, 292: 126-136.
- [7] 谈文诗, 李理. 高压微射流对姜汁黑豆酸乳流变学特性的影响[J]. 中国酿造, 2017, 36(10): 125-129.
- [8] Sah B N P, Vasiljevic T, McKechnie S, et al. Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 65: 978-986.
- [9] Demirci T, Aktaş K, Sözeri D, et al. Rice bran improve probiotic viability in yoghurt and provide added antioxidative benefits[J]. Journal of Functional Foods, 2017, 36: 396-403.
- [10] 王然, 刘黎红. 酸浆果保健酸乳的质地及理化性质研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(06): 170-173.
- [11] Senaka Ranadheera C, Evans C A, Adams M C, et al. Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk[J]. Food Chemistry, 2012, 135(3): 1411-1418.
- [12] Corredig M, Sharafbafi N, Kristo E. Polysaccharide-protein interactions in dairy matrices, control and design of structures[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(8): 1833-1841.
- [13] 梁海艳, 张铁华, 郑健, 等. 人参多糖对乳酸菌发酵及酸乳质构特性的影响[J]. 中国乳品工业, 2013, 41(01): 21-24.
- [14] Sah B N P, Vasiljevic T, McKechnie S, et al. Effect of refrigerated storage on probiotic viability and the production and stability of antimutagenic and antioxidant peptides in yogurt supplemented with pineapple peel[J]. Journal of Dairy Science, 2015, 98(9): 5905-5916.
- [15] 杨淑妮, 李理. 全谷物酸乳的理化及功能特性研究[J]. 中国乳品工业, 2016, 44(04): 17-20.
- [16] PASEEPHOL T, SMALL D M, SHERKAT F. RHEOLOGY AND TEXTURE OF SET YOGURT AS AFFECTED BY INULIN ADDITION[J]. Journal of Texture Studies, 2008, 39(6): 617-634.
- [17] 王卫东, 黄昊, 秦杰, 等. 富含植物多酚凝固型酸乳的研制[J]. 中国乳品工业, 2017, 45(08): 53-56.
- [18] Feng C, Wang B, Zhao A, et al. Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp[J]. Food Chemistry, 2019, 277: 238-245.
- [19] Nikmaram P, Mousavi S M, Emam-Djomeh Z, et al. Evaluation and prediction of metabolite production, antioxidant activities, and survival of *Lactobacillus casei* 431 in a pomegranate juice supplemented yogurt drink using support vector regression[J]. Food Science and Biotechnology, 2015, 24(6): 2105-2112.
- [20] Zhang T, Jeong C H, Cheng W N, et al. Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt[J]. LWT, 2019, 101: 276-284.