

基于开菲尔菌种发酵的沙棘酸奶配方优化及 工艺研究

杨迎春, 王晓蕊, 胡美丽, 戴志伟, 殷娜, 尤宏, 罗晓红*

(新疆天润生物科技股份有限公司, 新疆乌鲁木齐 830000)

摘要: [目的] 为提高沙棘的综合化利用并丰富酸奶品类, 开发并优化一款以开菲尔菌种发酵的搅拌型沙棘酸奶的配方及加工工艺。[方法] 本研究以感官评分为评价指标, 通过单因素试验筛选出沙棘汁的品牌及发酵菌种, 采用 $L_9(3^4)$ 正交试验优化沙棘汁、白砂糖及稳定剂的添加量。[结果] 确定最佳配方为: 达尔优力沙棘汁添加量2.0%、白砂糖添加量7.0%、稳定剂添加量0.4%, 确定了发酵菌种为科汉森开菲尔菌种A2, 在32℃下发酵12~13 h, 至终点酸度为 $(75 \pm 2)^\circ T$ 。在该条件下制备的沙棘酸奶质地均匀、口感细腻、酸甜适口、果香浓郁, 理化及微生物指标均符合国家标准。[结论] 该工艺条件稳定可行, 可为开发具有沙棘特色风味的发酵乳制品提供参考。

关键词: 沙棘; 酸奶; 开菲尔菌种; 乳酸菌; 发酵

文章编号: 1671-4393 (2026) 05-0120-07

DOI:10.12377/1671-4393.26.05.17

Research on Optimization of Sea-buckthorn Yogurt Formula Based on Kefir Strain Fermentation and Process Study

YANG Yingchun, WANG Xiaorui, HU Meili, DAI Zhiwei, YIN Na, YOU Hong,
LUO Xiaohong*

(Xinjiang Tianrun Biotechnology Co., Ltd., Xinjiang Urumqi 830000)

Abstract: [Objective] To enhance the comprehensive utilization of sea-buckthorn and enrich the variety of yogurt products, a formula and processing method for a stirred-type sea-buckthorn yogurt fermented with Kefir strain

基金项目: 新疆兵团乳制品产业创新研究院项目 (2023-05); 新疆维吾尔自治区奶产业技术体系项目 (XJARS-11-03)

作者简介: 杨迎春 (1989-), 女, 新疆博乐人, 硕士, 副高级工程师, 研究方向为乳制品研发;

王晓蕊 (1997-), 女, 河南南阳人, 硕士, 工程师, 研究方向为乳制品研发;

胡美丽 (1999-), 女, 甘肃文县人, 硕士, 工程师, 研究方向为乳制品研发;

戴志伟 (1997-), 男, 山东菏泽人, 硕士, 工程师, 研究方向为乳制品研发;

殷娜 (1993-), 女, 新疆奇台人, 硕士, 工程师, 研究方向为乳制品研发;

尤宏 (1970-), 男, 新疆昌吉人, 大专, 畜牧师, 研究方向为乳制品研发、加工及生产。

***通信作者:** 罗晓红 (1973-), 女, 新疆昌吉人, 本科, 副高级工程师, 研究方向为乳制品研发。

were developed and optimized.[Method]The sensory evaluation was used as the evaluation index. The brand of sea-buckthorn juice and the fermentation bacteria were selected through single-factor experiments. The $L_9(3^4)$ orthogonal test was used to optimize the addition amounts of sea buckthorn juice, white sugar, and stabilizers. [Result]The optimal formula was determined as: 2.0% of Daoyulishi sea-buckthorn juice, 7.0% of white sugar, and 0.4% of stabilizer. The fermentation bacteria selected was the Kehan Senkei Kefir strain A2. The fermentation was carried out at 32 °C for 12-13 hours until the final acidity was $(75 \pm 2)^\circ \text{T}$. The prepared sea-buckthorn yogurt had uniform texture, delicate taste, pleasant sourness and sweetness, and rich fruit aroma. The physicochemical and microbial indicators all met the national standards.[Conclusion]The process conditions were stable and feasible, and can provide a reference for the development of fermented dairy products with the characteristic flavor of sea-buckthorn.

Keywords: sea-buckthorn; yogurt; Kefir strain; *Lactobacillus*; fermentation

沙棘 (*Hippophae rhamnoides*) 是一种带刺的落叶灌木, 原产于欧洲和亚洲, 在中国广泛种植于新疆西北地区^[1]。在世界卫生组织公布的十大保健品原料名单里, 沙棘排名第一位, 目前, 全球有20 余个国家正在推广利用沙棘^[2]。沙棘作为我国北方特色药食同源植物, 其果实富含蛋白质、氨基酸、维生素、微量元素、多糖等营养成分, 以及类黄酮、类固醇、原花青素、三萜、单宁、5-羟色胺等生物活性物质, 具有抗氧化和免疫调节、抗动脉粥样硬化、抗菌、抗病毒作用、抗辐射、抗炎、抗糖尿病、抗癌、促进急慢性伤口愈合等多种生理功效, 在保健品和食品研发中受到广泛重视^[3-5]。

酸奶是生牛乳添加含有唾液链球菌嗜热亚种、德氏乳杆菌保加利亚亚种等发酵剂进行乳酸发酵的产物^[6]。乳制品发酵工艺最初仅作为一种保存牛奶中营养物质的手段, 但后续研究发现, 通过使用不同微生物发酵, 可开发出具有不同风味、质地、稠度以及潜在健康益处的系列产品。目前市场上存在种类繁多的酸奶产品, 以满足多元化的口味偏好与多样化的用餐场景需求^[7, 8]。近年来, 消费者越来越重视饮食对身体健康的影响, 其消费行为已不仅局限于追求新的口味, 更延伸至对食品的溯源及其生物

活性成分的深入考量^[9]。然而, 生产添加野生水果的酸奶仍是未被充分探索的领域^[10]。其中, 以生牛乳为基础, 添加果蔬、谷物等天然健康食材制成的兼具营养属性与功能价值的发酵乳制品逐渐成为食品工业研发的焦点, 其风味独特且富含多种生物活性成分, 深受市场青睐, 相关产品的开发与优化已成为行业研究的重要方向^[11, 12]。

将沙棘与酸奶结合, 不仅能借助酸奶中益生菌的发酵作用提升营养物质的吸收率, 还能通过沙棘特有的果香与营养成分, 赋予产品更丰富的风味层次和更高的保健价值^[5, 12, 13]。然而, 目前关于沙棘酸奶的研究多集中于在酸奶基料中后添加沙棘汁、沙棘油或沙棘果酱等, 关于沙棘加入酸奶共同发酵的报道较少^[14-16]。此外, 发酵所用菌种多为传统德氏乳杆菌保加利亚亚种和唾液链球菌嗜热亚种, 少有研究采用开菲尔菌种进行发酵。基于此, 本研究采用沙棘汁与牛奶共同参与发酵, 辅以白砂糖调节风味、稳定剂保障体系稳定, 筛选不同商业菌种 (包括开菲尔菌种) 进行发酵, 同时优化白砂糖、稳定剂和沙棘汁的添加量, 旨在制备一款高品质的沙棘搅拌型酸奶, 为沙棘产品研发提供新思路, 进一步丰富酸奶市场, 带动当地经济发展。

1 试验材料

1.1 材料

生牛乳、原味爱克林浓缩酸奶，新疆天润生物科技股份有限公司；沙棘汁，新疆达尔生物科技有限公司（达尔尤力品牌）、乌鲁木齐新舟贸易有限公司（棘密品牌）、新疆疆农农业科技有限公司（希域果品牌）、新疆戈壁记忆品牌管理有限公司（戈壁记忆品牌）；白砂糖，中粮糖业控股股份有限公司；稳定剂，济南恒辉科济食品配料有限公司；发酵菌种，科汉森（北京）贸易有限公司、丹尼斯克（中国）有限公司、北京嘉瑞富德食品科技有限公司、安徽普尔斯进出口贸易有限公司；小苏打，安琪酵母股份有限公司。

1.2 仪器与设备

破壁机，小熊电器股份有限公司；高压均质机APV-1000，德国APV公司；生化培养箱（SPX-250B-Z型），上海博迅实业有限公司；星星冷柜LSC-218G，浙江星星家电股份有限公司；电热恒温水浴锅HWS-12，上海一恒科学仪器有限公司；分析天平，梅特勒托利多公司集团。

2 试验方法

2.1 沙棘酸奶的生产工艺流程

沙棘酸奶的生产工艺流程如图1所示。生牛乳升温至（70±2）℃→加入白砂糖（添加量分别为6%、7%、8%）、稳定剂（添加量分别为0.3%、0.4%、0.5%）等化料搅拌20 min使完全溶解→降温至50℃，加入小苏打调节沙棘汁的pH值至6.8（添加量分别为1.0%、1.5%、2.0%）→均质→巴氏杀菌→降温至42℃→接种发酵→终点酸度为（75±2）°T，冷却破乳→无菌灌装→成品冷藏于4~6℃。

得到成品后，采用盲样评定法对沙棘酸奶的色泽、风味、口感及组织状态进行感官评分。

2.2 沙棘汁类型的确定

选取不同品种、成熟度及品牌的沙棘汁，将其

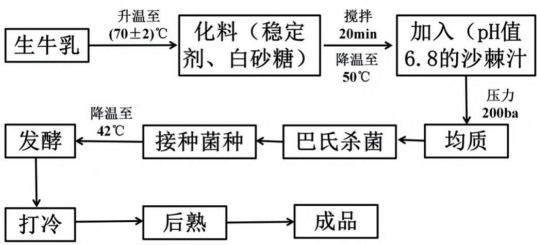


图 1 沙棘酸奶的生产流程图

Figure 1 Production Flow Chart of Sea-buckthorn Yogurt

分别用原味爱克林浓缩酸奶进行1：20的稀释，以感官评分为指标进行单因素试验，确定沙棘汁的类型。

2.3 沙棘酸奶发酵菌种的确定

本研究对科汉森（A1、A2）、丹尼斯克（B1、B2、B3、B4）、普尔斯（C1、C2）、嘉瑞富德（D1、D2）共10种商用乳酸菌发酵菌种进行了比较。其中，A2、B3、B4、C1、D2为开菲尔菌种。基于其发酵的时间、酸度、发酵温度及其发酵后酸奶的风味，以感官评分为标准最终确定适宜的发酵菌种。具体操作如下：910 g生牛乳升温至（70±2）℃，加入8%的白砂糖、0.4%的稳定剂、1.5%的沙棘汁化料，均质杀菌后降至菌种发酵所需温度，分别接种并发酵，发酵至终点酸度为（75±2）°T时，冷却破乳灌装，进行后熟。

2.4 沙棘酸奶配方的确定

以沙棘酸奶的感官评分为评价指标，以沙棘汁添加量（A）、白砂糖添加量（B）、稳定剂添加量（C）为主要影响因素，设计三因素三水平L₉（3⁴）正交试验，确定沙棘酸奶的配方。正交试验的因素和水平分布如表1所示。具体操作如下：910 g生牛乳升温至（70±2）℃，加入白砂糖（添

表 1 沙棘酸奶配方正交试验的因素和水平分布
Table 1 Distribution of Factors and Levels in Orthogonal Experiment for Sea-buckthorn Yogurt Formula

水平	A 沙棘汁添加量 (%)	B 白砂糖添加量 (%)	C 稳定剂添加量 (%)	D 空白列
1	1.00	6.00	0.30	1.00
2	1.50	7.00	0.40	2.00
3	2.00	8.00	0.50	3.00

加量分别为6%、7%、8%)、稳定剂(添加量分别为0.3%、0.4%、0.5%)、沙棘汁(添加量分别为1.0%、1.5%、2%)等化料,均质杀菌后降至菌种发酵所需温度,进行接种并发酵,发酵至终点酸度为(75±2)°T时,冷却破乳灌装,进行后熟。

2.5 感官评价标准

选择20 名试验人员对沙棘酸奶样品进行感官评分(100 分),主要从色泽、组织状态是否稳定且均匀细腻、有或无乳清析出、是否有沙棘特有的果香味及口感是否细腻等方面评价打分,感官评价标准如表2所示。

表 2 沙棘酸奶感官评价标准		
Table 2 Sensory Evaluation Criteria for Sea-buckthorn Yogurt		
指标	评价标准	分值(分)
色泽	色泽均一,呈乳白色或微黄色	20
组织状态	质地均匀细腻,无上清液析出,黏稠度适中	20
气味	香气饱满,柔和宜人,浓郁乳脂香和沙棘清香	20
风味	酸甜比适中,酸奶的发酵香气与沙棘的果香相结合,较和谐,不突兀	20
口感	口感细腻,有质感,不糊口	20

2.6 理化及微生物测定

蛋白质含量测定:依据《GB 5009.5—2025 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[17];脂肪含量测定:依据《GB 5009.6—2025 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》^[18];酸度测定:依据《GB 5009.239—2016 食品安全国家标准 食品酸度的测定》^[19];乳酸菌测定:依据《GB 4789.35—2023 食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验》^[20];大肠菌群测定:依据《GB 4789.3—2025 食品安全国家标准 食品卫生微生物学检验 大肠菌群计数》^[21];霉菌及酵母菌计数:依据《GB 4789.15—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数》^[22];金黄色葡萄球菌计数:依据《GB 4789.10—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验》^[23];沙门氏菌计数:依据《GB 4789.4—2024 食品安全国家标准 食品微生物

学检验 沙门氏菌检验》^[24]。

3 结果与讨论

3.1 沙棘汁品牌的确定

不同品牌沙棘汁对酸奶感官评价的影响见表3。颗粒较明显的沙棘汁加入酸奶中,会对生产过程产生一定不良影响,且存在堵塞生产设备的风险,因此不能选用2号棘密。此外,清新典型的果香在酸奶的发酵过程中,能更好地释放出香气,产生令人愉悦的风味,因此3号希域果和4号戈壁记忆风味较差,无法选用。基于此,达尔尤力的感官评价表现最佳,沙棘果清香感足,刺鼻感较弱,且质地细腻,适合添加至酸奶中,最终选用2号达尔尤力。

表 3 不同品牌沙棘汁对酸奶感官评价的影响		
Table 3 The Impact of Different Brands of Sea-buckthorn Juice on the Sensory Evaluation of Yogurt		
试号	沙棘汁品牌	感官评价
1	达尔尤力	色黄,味涩,酸感略强,质地细腻,沙棘果清香感足
2	棘密	色偏深黄,味涩,酸感强烈有果茸絮,沙棘果哈喇味重
3	希域果	色偏橘红色,涩感强,酸感强烈,沙棘果味刺鼻
4	戈壁记忆	色偏深黄,涩感强,酸感强烈,沙棘果味刺鼻,颗粒较大

3.2 沙棘酸奶发酵菌种的确定

通过对比10 种商用乳酸菌菌种的发酵时间、终点酸度、发酵温度和其发酵后酸奶的发酵风味,并通过20 名试验人员进行感官评价,评分结果如表4所示。科汉森A2(开菲尔菌种)的感官评分最高,其发酵温度为32 °C,发酵12~13 h可达到终点酸度(75±2)°T。由于其为开菲尔菌种,是一种由德氏乳杆菌保加利亚亚种、唾液链球菌嗜热亚种、肠膜明串珠菌、醋酸杆菌、酵母菌等多种微生物组合的共生发酵剂,酵母菌、肠膜明串珠菌在发酵过程中会产生气泡,因此开菲尔菌种参与发酵的酸奶会出现明显的刹口感,可掩盖沙棘的酸涩味道,同时凸显令人愉悦的果香^[25, 26]。由于开菲尔菌种的微生物

组成较其他发酵菌株更加复杂，因此在发酵过程中能够代谢产生更加复杂的风味物质，从而赋予产品更加丰富的香气^[27]，使发酵风味更有特色、明显区别于其他酸奶的风味，且具有较高的营养价值。因此，最终确定沙棘酸奶的发酵菌为科汉森A2（开菲尔菌种）。

3.3 沙棘酸奶配方的确定

以沙棘酸奶的感官评价分数为指标，以沙棘汁

添加量（A）、白砂糖添加量（B）、稳定剂添加量（C）为主要影响因素，进行三因素三水平L₉（3⁴）正交试验设计，确定沙棘酸奶配方，结果见表5。

表5显示，沙棘汁添加量对沙棘酸奶感官评价的影响最大，白砂糖和稳定剂添加量也对沙棘酸奶的感官评价有不同程度影响。根据表5中K值显示，沙棘酸奶的最佳工艺配方为A3B2C2，即沙棘汁、白砂

表 4 不同商用乳酸菌菌种对沙棘酸奶感官评价的影响

Table 4 The Impact of Different Commercial Lactic Acid Bacteria Strains on the Sensory Evaluation of Sea Buckthorn Yogurt				
乳酸菌品类	酸度（°T）	发酵时间（h）	发酵温度（℃）	感官评价（分）
科汉森菌种 A1	75±2	4.0 ~ 5.0	42	76
科汉森菌种 A2（开菲尔菌种）	75±2	12.0 ~ 13.0	32	96
丹尼斯克菌种 B1	75±2	4.0 ~ 5.0	42	88
丹尼斯克菌种 B2	75±2	4.0 ~ 5.0	42	52
丹尼斯克菌种 B3（开菲尔菌种）	80±2	12.0 ~ 13.0	32	89
丹尼斯克菌种 B4（开菲尔菌种）	85±2	13.0 ~ 15.0	32	65
普尔斯菌种 C1（开菲尔菌种）	75±2	5.5 ~ 6.5	32	78
普尔斯菌种 C2	75±2	5.5 ~ 6.5	42	83
嘉瑞富德菌种 D1	75±2	5.5 ~ 6.5	42	90
嘉瑞富德菌种 D2（开菲尔菌种）	85±2	13.0 ~ 15.0	32	78

表 5 正交试验结果

Table 5 Orthogonal Experiment Results					
试号	正交各因素水平				感官评分（分）
	A 沙棘汁添加量（%）	B 白砂糖添加量（%）	C 稳定剂添加量（%）	D 空白列	
1	1.00	6.00	0.30	1.00	70.00
2	1.00	7.00	0.40	2.00	77.00
3	1.00	8.00	0.50	3.00	69.00
4	1.50	6.00	0.40	3.00	79.00
5	1.50	7.00	0.50	1.00	83.00
6	1.50	8.00	0.30	2.00	81.00
7	2.00	6.00	0.50	2.00	80.00
8	2.00	7.00	0.40	3.00	89.00
9	2.00	8.00	0.30	1.00	85.00
均值 K1（1.0%/6.0%/0.3%）	72.00	76.33	80.00	79.33	
均值 K2（1.5%/7.0%/0.4%）	81.00	83.00	80.33	79.33	
均值 K3（2.0%/8.0%/0.5%）	84.67	78.33	77.33	79.00	
R	12.67	6.67	3.00	0.33	
优化	2.0%	7.0%	0.4%	D1/D2	
平方和（SS）	254.89	70.22	16.22		
均方（MS）	127.44	35.11	8.11		
F 值	1147.0	316.0	73.0		
显著性	显著	显著	显著		

糖和稳定剂添加量分别为2.0%、7.0%和0.4%。沙棘汁可赋予产品浓郁的沙棘果香，经发酵后，该果香可与酸奶的香气和谐融合，产生协同作用，因此，沙棘汁添加量对沙棘酸奶的感官品质影响最大。若沙棘汁添加量过低，则酸奶中沙棘风味不突出；若沙棘汁添加量过高，将导致酸奶产生刺激性过强、涩感过重等不良风味，难以被多数消费者接受。稳定剂添加量对沙棘酸奶的感官品质影响相对较小，其主要作用在于延长产品保质期并提供稳定体系。若稳定剂添加过高，将增加沙棘酸奶的稠厚感，导致其香气过于沉闷、不清新。

3.4 理化及微生物指标测定

沙棘酸奶理化及微生物指标测定结果见表6。在最佳配方工艺条件下制备的沙棘酸奶，其各项理化指标和微生物指标均符合《GB 19302—2025食品安全国家标准 发酵乳》^[28]的规定范围。

表 6 沙棘酸奶理化及微生物指标测定结果
Table 6 Results of Physicochemical and Microbiological Index
Determination of Sea-buckthorn Yogurt

检测指标	GB19302— 2025 规定范围	测定结果	检测标准
蛋白质 (g/100 g)	≥ 2.3	3.3	GB 5009.5— 2025
脂肪 (g/100 g)	≥ 2.5	3.8	GB 5009.6— 2025
酸度 (°T)	≥ 70	73.1	GB 5009.239— 2016
乳酸菌 (CFU/g)	≥ 1×10 ⁴	4.5×10 ⁸	GB 4789.35— 2023
大肠菌群 (CFU/g)	n=5, c=2, m=1, M=5	合格	GB 4789.3— 2025
霉菌 (CFU/g)	≤ 100	< 1 (合格)	GB 4789.15— 2016
酵母 (CFU/g)	≤ 30	< 1 (合格)	GB 4789.15— 2016
金黄色葡萄球菌 (/25 g)	n=5, c=0, m=0	未检出	GB 4789.10— 2016
沙门氏菌 (/25 g)	n=5, c=0, m=0	未检出	GB 4789.4— 2024

注：n为同一批次产品应采集的样品数；c为最大可允许超出m值的样品数；m为致病菌指标可接受水平的限量值；M为致病菌指标的最高安全限量值

4 结论

本研究以生牛乳为主要原料，添加沙棘汁、白砂糖及稳定剂，通过开菲尔菌种发酵制备沙棘搅拌型酸奶，并结合单因素试验与正交试验对其制备工艺及配方进行系统优化，得出以下结论：选取沙棘汁与牛奶共同参与发酵，在达尔尤力沙棘汁添加量2.0%、白砂糖添加量7.0%、稳定剂添加量0.4%的条件下，选用科汉森开菲尔菌种A2，32℃条件下发酵12~13 h。该最佳工艺配方条件下制备的沙棘酸奶色泽均一、质地均匀细腻，无乳清析出，酸甜比适中，沙棘果香与酸奶发酵香气融合协调，口感细腻且黏稠度适宜，感官品质优良。此外，该条件下制备的沙棘酸奶，其理化指标及微生物指标均符合国家标准要求，兼具较高的营养价值与食用安全性。本研究结果为沙棘酸奶的工业化生产提供了工艺参数与配方依据，有助于丰富酸奶产品品类，同时为沙棘资源的综合开发利用提供了技术支撑。

参考文献

[1] Gunenc A, Khoury C, Legault C, et al.Seabuckthorn as a novel prebiotic source improves probiotic viability in yogurt[J]. Food Science and Technology, 2016 (66) : 490-495.

[2] Chen A, Feng X, Dorjsuren B, et al.Traditional food, modern food and nutritional value of Sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) : a review[J].Journal of Future Foods, 2023, 3 (3) : 191-205.

[3] Beveridge T, Li T S, Oomah B D, et al.Sea buckthorn products: Manufacture and composition[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47 (9) : 3480-3488.

[4] Olas B.Sea buckthorn as a source of important bioactive compounds in cardiovascular diseases[J].Food and Chemical Toxicology, 2016 (97) : 199-204.

[5] Bal L M, Meda V, Naik S N, et al.Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals[J].Food Research International, 2011, 44 (7) : 1718-1727.

[6] Mckinley M C.The nutrition and health benefits of yoghurt[J]. International Journal of Dairy Technology, 2005, 58 (1) : 1-12.

[7] Jørgensen C E, Abrahamsen R K, Rukke E-O, et al.Processing

of high-protein yoghurt-a review[J].International Dairy Journal, 2019 (88) : 42-59.

[8] Kumar P, Mishra H N. Yoghurt powder—A review of process technology, storage and utilization[J].Food and Bioproducts Processing, 2004, 82 (2) : 133-142.

[9] Wang K, Xu Z, Liao X. Bioactive compounds, health benefits and functional food products of sea buckthorn: A review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2022, 62 (24) : 6761-6782.

[10] Gutt G. Sea buckthorn in plant based diets. An analytical approach of sea buckthorn fruits composition: Nutritional value, applications, and health benefits[J].International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18 (17) : 8986.

[11] 吴小艳.复配稳定剂在芒果酸奶中的应用及酸奶抑菌作用的研究[D].湘潭:湘潭大学, 2020.

[12] 吕兵, 张国农, 肖光辉.新型酸奶发酵剂的研究[J].中国乳品工业, 1999 (5) : 9-11, 16.

[13] 林祥群, 马彩梅, 杨国江, 等.凝固型沙棘酸奶的研制及其评价[J].新疆农业科学, 2016, 53 (11) : 2062-2068.

[14] 胡盼盼.响应面法优化副干酪乳杆菌发酵沙棘酸奶工艺[J].中国酿造, 2021, 40 (6) : 202-206.

[15] 周勇, 闫素平, 李珊, 等.沙棘酸奶发酵工艺优化及其对功能性成分的影响[J].现代食品, 2024, 30 (12) : 199-201.

[16] 杨秉坤, 剧柠, 丁雨红, 等.沙棘酸奶挥发性风味物质的GC-IMS表征[J].食品工业科技, 2023, 44 (13) : 308-315.

[17] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. GB 5009.5—2025 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].

[18] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. GB 5009.6—2025 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].

[19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.239—2016 食品安全国家标准 食品酸度的测定[S].

[20] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. GB 4789.35—2023 食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验[S].

[21] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. GB 4789.3—2025 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数[S].

[22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 4789.15—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数[S].

[23] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家市场监督管理总局. GB 4789.10—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验[S].

[24] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. GB 4789.4—2024 食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验[S].

[25] Leite A M D O, Miguel M A L, Peixoto R S, et al. Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: A natural probiotic beverage[J].Brazilian Journal of Microbiology, 2013, 44 (2) : 341-349.

[26] Hsieh H H, Wang S Y, Chen T L, et al. Effects of cow's and goat's milk as fermentation media on the microbial ecology of sugary kefir grains[J].International Journal of Food Microbiology, 2012, 157 (1) : 73-81.

[27] Azizi N F, Kumar M R, Yeap S K, et al. Kefir and its biological activities[J].Foods, 2021, 10 (6) : 1210.

[28] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. GB19302—2025 食品安全国家标准 发酵乳[S].