冻干酸奶块的工艺优化及品质分析

杨迎春，王晓蕊，李 梦，夏 雪，陈维维，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]以酸奶为基础，优化真空冷冻干燥程序，筛选不同种类的果胶和淀粉，制作一款质量和感官俱佳的冻干酸奶块。[方法]采用真空冷冻干燥技术，以冻干酸奶块的外观、感官评价结果为参考标准，通过优化冻干程序，对比添加不同种类的果胶和淀粉对冻干酸奶块的影响，确定最佳生产工艺。[结果]采用较小的升温间隔和较低的终点温度可制得高品质的冻干酸奶块。果胶和淀粉的种类对产品也有较大影响，在本研究的最佳生产条件下，制得冻干酸奶块的蛋白质含量为15.5 g/100 g，脂肪含量为11.4 g/100 g，水分含量为1.4 g/100 g，乳酸菌活菌数为8×10^8 CFU/g。[结论]本研究为冻干酸奶块的工艺优化及工业生产提供理论支持和参考。

关键词：冻干酸奶块；冷冻干燥；果胶；淀粉

文章编号：1671–4393（2025）05–0100–07 DOI:10.12377/1671–4393.25.05.16

0 引言

酸奶是在牛奶中添加嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌后的发酵产物，是目前全球备受欢迎的发酵乳制品。由于其健康和美味的属性，受到广大消费者的认可和喜爱[1]。酸奶含有较高的蛋白质、脂肪、钙等人体所需营养物质，此外，酸奶能一定程度缓解乳糖不耐受的现象，且其富含益生菌可调节、改善人体胃肠道菌群环境[2]。但低温酸奶对运输和储藏售卖环境有较严格要求，且货架期较短，对产品储存售卖存在不利影响，因此探究解决这些问题的方案尤为必要[3]。

真空冷冻干燥（简称“冻干”）是在真空条件下，利用低温使酸奶料液中的冰晶升华变成水蒸气，再用真空泵将其抽走，从而干燥酸奶，制得冻

基金项目：新疆兵团乳制品产业创新研究院（2023–05）

作者简介：杨迎春（1989–），女，新疆博乐人，硕士，工程师，研究方向为乳制品研究与开发；
王晓蕊（1997–），女，河南南阳人，硕士，工程师，研究方向为乳制品研究与开发；
李 梦（1990–），女，河南汝南人，硕士，工程师，研究方向为乳制品研究与开发；
夏 雪（1991–），女，新疆石河子人，本科，助理工程师，研究方向为乳制品研究与开发；
陈维维（1987–），女，内蒙古赤峰人，硕士，工程师，研究方向为乳制品研究与开发；
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究与开发。

中国乳业线上阅读

干酸奶块[4, 5]。因此，冻干酸奶块在减轻酸奶重量体积、延长酸奶保质期的同时，可最大程度保留酸奶的营养和感官风味。邹少强[3]以正交设计法研究开发冻干酸奶块，并分析其品质。欧阳锐等[6]以响应面优化法研究冻干黄花梨酸奶溶豆的制作工艺并分析其品质。李原等[7]探究酸奶和乳清蛋白比例对冻干蓝莓酸奶品质影响。

冻干酸奶块品质受基料配方、冻干程序等多因素影响。在制作过程中，除添加果胶、淀粉等大分子物质作为支撑结构外，真空冷冻干燥工艺的参数也至关重要[8]。Sharma等[9, 10]研究冻干工艺参数及料液固形物含量对冻干速度及终产品质量的影响。相关报道也显示冻干酸奶块中乳酸菌的含量和活力会受到很大影响[11, 12]。目前大多数研究侧重于冻干酸奶块的配方的开发，对至关重要的冻干工艺研究较少。

基于此，本试验研究不同真空冷冻干燥程序与添加淀粉和果胶对冻干酸奶块制作过程及终产品质量的影响，并检测最优冻干条件下制得产品的理化和微生物指标，旨在为工业化生产冻干酸奶块提供理论支持和参考。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

乳清蛋白粉、脱脂奶粉，新西兰恒天然集团；白砂糖粉，中粮集团有限公司；乳酸菌，丹尼斯克（中国）有限公司；麦芽糊精，嘉吉投资（中国）有限公司；小麦淀粉、玉米淀粉、红薯淀粉、土豆淀粉、木薯淀粉、果胶，市售。

1.2 仪器与设备

数显悬臂式搅拌机（R W20），艾卡（广州）仪器设备有限公司；高压均质机（APV-1000），德国APV公司；生化培养箱（SPX-250B-Z），上海博迅实业有限公司；星星冷柜（LSC-218G），浙江星星冷链集成股份有限公司；电热恒温水浴锅（HWS-12），上海一恒科学仪器有限公司；电动打蛋器，小熊电器股份有限公司；冷冻干燥机（SCIENTZ-50YG/A），宁波新芝冻干设备股份有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

新鲜牛乳→加热→配料→定容→均质→巴氏杀菌→冷却→发酵→冷却→二次配料→搅打混合充气→成型→冻干→检测→成品。

1.3.2 酸奶基料制备

配料工艺：牛奶加热至70 ℃后加入白砂糖粉等辅料，搅拌15 min至辅料完全溶解，降温至50 ℃后加入乳清蛋白粉，搅拌10 min，加热至65～70 ℃，180～200 bar均质后加入剩余牛奶混合定容。

发酵工艺：95 ℃，5 min巴氏杀菌配料定容后的半成品，降温至约42 ℃，无菌操作加入乳酸菌，42 ℃培养发酵约5 h，终点酸度为70° T，搅拌破乳。

1.3.3 真空冻干参数的设定及调整

在300 g 85 ℃热水中加入20 g果胶，水浴搅拌水合30 min备用。在900 g酸奶基料中加入12 g白砂糖粉、25 g脱脂奶粉、25 g麦芽糊精、5 g乳清蛋白粉、17 g玉米淀粉混合均匀备用。将水合好的果胶与上述混合均匀的酸奶料液，用电动打蛋器以5 档搅打混合充气后装入冻干模具，置于冷冻干燥机并设置不同的冻干程序进行冻干，同时，根据冻干酸奶块的状态，相应地调整程序。

1.3.4 添加不同种类果胶冻干酸奶块的制备

市面上果胶种类繁多，单一果胶和复合果胶的功能效果存在差异，选用合适的果胶对产品的成功

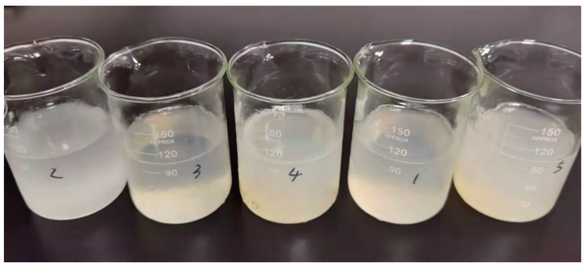


图 1 5 种果胶水溶液的溶解状态

中国乳业线上阅读

至关重要。首先选用5 种果胶（1～5号），各称量1 g溶于100 mL、85 ℃热水中，冷却后观察形态和气味，溶解状态如图1所示。

以气味小、黏度高为标准，综合观察后挑选3 种果胶用于后续试验。在300 g 85 ℃热水中分别加入20 g 3种果胶，水浴搅拌水合30 min备用。在900 g酸奶基料中加入12 g白砂糖粉、25 g脱脂奶粉、25 g麦芽糊精、5 g乳清蛋白粉、17 g玉米淀粉混合均匀备用。将水合好的果胶分别与上述混合均匀的酸奶料液，用电动打蛋器以5 档搅打混合充气后装入冻干模具，置于冷冻干燥机内冻干。待冻干结束后，出仓品尝并包装。

1.3.5 添加不同种类淀粉冻干酸奶块的制备

冻干酸奶块中添加淀粉主要目的是增稠且不产生异味，因此，选择淀粉时需先观察淀粉的色泽和气味，色泽偏白、无明显气味且增稠效果佳为宜。

市面上常见的原淀粉有小麦淀粉、玉米淀粉、红薯淀粉、土豆淀粉和木薯淀粉。将5 种同等重量淀粉溶于同等水中，观察黏稠度、色泽、气味，溶解状态（图2）。



图 2 5 种淀粉水溶液的溶解状态

根据观察结果，玉米淀粉水溶液黏稠度适中，无气味，在水中分散均匀度好且粉体粒度小，因此选择玉米淀粉较为合适。选取A、B两种玉米淀粉进行对比。在300 g 85 ℃热水中加入20 g果胶，水浴搅拌水合30 min备用。900 g酸奶基料中分别加入A、B两种玉米淀粉、12 g白砂糖粉、25 g脱脂奶粉、25 g麦芽糊精、5 g乳清蛋白粉混合均匀备用。将水合好的果胶与上述混合均匀的酸奶料液，用电动打蛋器以5 档搅打混合充气后装入冻干模具，置于冷冻干燥机内冻干。待冻干结束后，出仓品尝并包装。

1.3.6 感官评价

感官评价：对冻干酸奶块的口感、风味和组织状态进行评分。选取20名18～50 岁、身体健康的成年人，组成感官评价小组，对样品进行评分。各感官指标的分值为0～25 分，评分标准见表1。

1.3.7 冻干酸奶块的理化及微生物指标检测分析

（1）理化指标检测

参考《GB/T 5009.3—2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定》[13]《GB 5009.5—2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》[14]《GB 5009.6—2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》[15]。

（2）微生物检测

参考《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》[16]《GB 4789.4—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验》[17]《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》[18]《GB 4789.35—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验》[19]。

表 1 冻干酸奶块感官评价评分标准

分值（分）	风味（25 分）	口感（25 分）	色泽（25 分）	组织状态（25 分）
21 ～ 25	酸奶香气馥郁，无异味	口感细腻酥脆，酸甜适中	色泽呈均一奶白色，有光泽	整体硬度适中，外观平整均一，无裂纹，切面孔隙细小均一
11 ～ 20	酸奶香气较淡，无明显异味	口感较细腻酥脆、偏酸或偏甜	色泽整体呈奶白色，光泽偏暗	整体偏硬或偏软，外观较平整，有细小裂纹，切面孔隙较均一
0 ～ 10	酸奶香气缺乏，有明显异味	口感粗糙，不酥脆，过酸或过甜	色泽整体偏黄，无光泽	整体过硬或过软，外观不平整，有明显裂纹，切面孔隙不均一

中国乳业线上阅读

2 结果与分析

2.1 真空冻干参数对冻干酸奶块的外观及感官影响

设定合适的冻干参数对获得高品质冻干酸奶块有重要意义。参考邹少强[3]的研究，并结合设备实际情况设计冻干酸奶块的制作工艺（图3a），制得冻干酸奶块（图3A）。成品出现部分吸坑现象，因此将冻干酸奶块的末段程序时间延长，以0 ℃为界限，左右梯度调整时间和温度。首先调整0 ℃以下的参数，该温度范围的主要功能是将产品冻实、固定其形状，并在真空泵启动后，开始将固态水升华、抽离。之后设置多个温度梯度，防止成品因升温过快而融化产生塌陷。优化冻干程序（图3b），制得成品（图3B），成品的成功率提高，塌陷部分变小，表面平整，仅中心小范围有吸坑现象。在此基础上，继续调整0 ℃以上程序，缩小梯度间隔，进一步优化冻干程序（图3c），制得成品（图3C），成品完整均匀，表面无裂纹，口感蓬松。综合考虑冻干效率及制得成品的乳酸菌活菌数，在上述冻干程序下微调各冻干程序段，获得最佳冻干程序（图3d），制得成品（图3D），成品蓬松度提升，黏牙感下降，完全冻干，无塌陷吸坑现象，口感较佳。检测所得乳酸菌活菌数量最大，可达8×10^8 CFU/g。

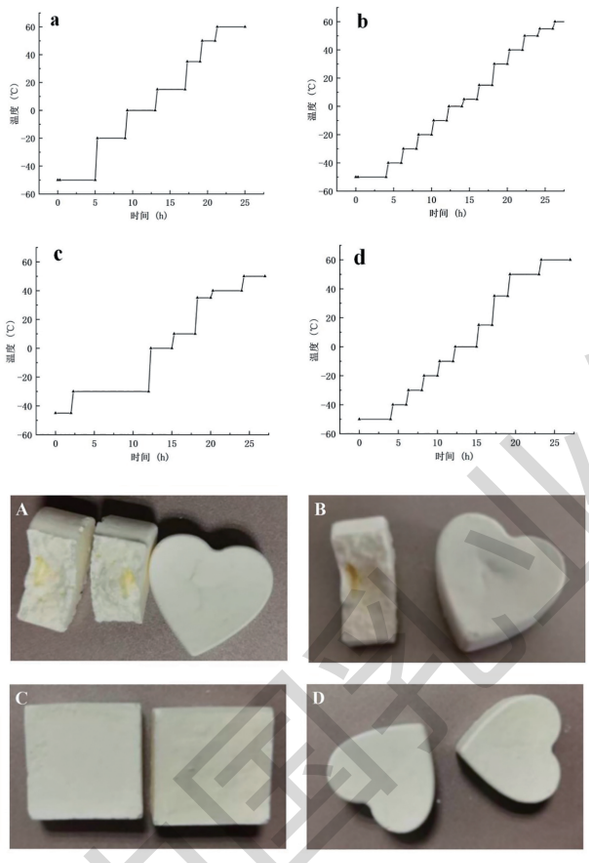


图 3 不同冻干程序下的冻干酸奶块成品

2.2 添加不同种类果胶对冻干酸奶块外观及感官的影响

果胶在冻干酸奶块中起稳定和增稠作用，选择合适的果胶有助于提高冻干酸奶块品质。黏度和气味是选择合适果胶的重要因素，不仅能确保冻干酸奶块的风味不受影响，还能提供更好的黏性，从而形成更稳定、优质的产品状态。图1中5 种果胶的气味强度排序为4号>5号>3号>2号>1号，黏度排序为5号>1号>3号>4号>2号。以气味小、黏度高为标准，综合观察后，选出1号、3号、5号进行冻干对比试

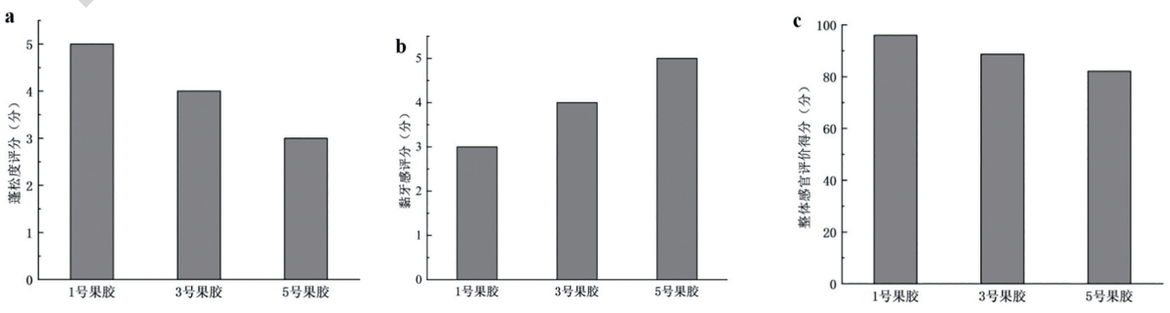


图 4 添加 1 号、3 号、5 号果胶的冻干酸奶块蓬松度（a）、黏牙感（b）、整体感官评价结果（c）

中国乳业线上阅读

验。添加3 种果胶的冻干酸奶块感官评价结果见图4。其中，图4a为蓬松度评分，图4b为黏牙感评分，图4c为整体感官评价得分。结果显示，冻干酸奶块蓬松度1号>3号>5号，黏牙感 5号>3号>1号。整体感官评价得分显示，添加1号制得的冻干酸奶块评分最高。这是由于1号果胶气味淡，溶于水后黏稠度较好，有助于冻干酸奶块保持蓬松并降低黏牙感，因此1号果胶最适合用于制作冻干酸奶块。

2.3 添加不同种类淀粉对冻干酸奶块外观及感官的影响

观察图2中5 种淀粉的气味和色泽可发现，红薯淀粉和土豆淀粉较粗糙，相对较难溶解，冻干酸奶块混料过程中主要依赖酸奶水合辅料，因此这两种淀粉不适合用于制作冻干酸奶块。木薯淀粉颜色偏暗沉且有明显气味，因此也不适合。玉米淀粉的粉末精细，颜色偏白，溶解于水后无明显气味，黏稠度较小麦淀粉更佳。小麦淀粉的粉末精细，颜色较暗沉，溶解于水后无明显气味，黏稠度低于玉米淀粉。综上所述，玉米淀粉更适合用于制作冻干酸奶块。为添加A、B两种玉米淀粉的冻干酸奶块成品见图5a，两种冻干酸奶块成品的整体感官评价得分见图5b。结果显示，两种不同玉米淀粉制备的冻干酸奶块具有相似形态，外观平整均一，无裂纹，表面细腻有光泽。整体感官评价得分显示，添加玉米淀粉A的冻干酸奶块评分最高，这是由于其气味淡，较玉米淀粉B颜色更鲜亮、有光泽，粉体细腻，所制得的冻干酸奶块基本没有玉米淀粉气味和颗粒感，因此玉米淀粉A更适合用于制作冻干酸奶块。

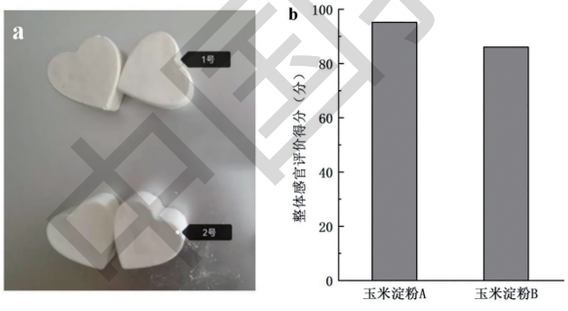


图 5 添加 A、B 两种玉米淀粉的冻干酸奶块成品（a），整体感官评价得分（b）

2.4 冻干酸奶块的理化及微生物检测结果分析

确定最佳工艺参数后，检测制得的冻干酸奶块成品进行理化及微生物指标，结果如表2所示。

2.4.1 水分

水分含量是决定冻干酸奶块货架期的重要参数，较低的水分可有效延长其货架期。在本研究确定的最佳工艺参数下制得的冻干酸奶块水分含量为1.4 g/100 g，《GH/T 1326—2021 冻干水果、蔬菜》中对水分含量要求为＜8 g/100 g[20]、《GB 19644—2024食品安全国家标准　乳粉和调制乳粉》中对水分含量要求为＜5 g/100 g[21]，此研究制得冻干酸奶块的水分含量＜5 g/100 g，因此，可以考虑在同等贮藏条件下，此工艺制得的冻干酸奶块有更长的货架期。

2.4.2 脂肪和蛋白质

脂肪和蛋白质含量是衡量食品营养的重要参数，在本研究确定的最佳工艺参数下，制得冻干酸奶块脂肪含量为11.4 g/100 g，蛋白质含量为15.5 g/100 g，蛋白质含量达普通市售酸奶的5 倍以上，使产品有更高营养价值。微生物检测结果显示，此工艺制得的冻干酸奶块具有8×10^8 CFU/g的乳酸菌活菌数，远高于其他现有冻干酸奶块制作工艺研究结果，且霉菌、酵母、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌等检测结果均符合国标规定的限量要求。

表 2 冻干酸奶理化及微生物指标检测结果

检测指标	蛋白质（g/100 g）	脂肪（g/100 g）	水分（g/100 g）	金黄色葡萄球菌（CFU/ 25 g）	沙门氏菌（CFU/ 25 g）	霉菌（CFU/g）	酵母（CFU/g）	乳酸菌（CFU/g）
检测结果	15.5	11.4	1.4	未检出	未检出	＜ 10	＜ 10	8×10^8

中国乳业线上阅读

3 讨论

本研究优化了冻干程序，通过调整产品不同的冻干温度时间段，适度的缩小0 ℃附近的冻干间隔，有效的改善了冻干酸奶块成品塌陷；通过选取最佳的果胶和玉米淀粉种类，使冻干后的成品呈现较好口感和组织状态，以此确定最佳的冻干条件。且在此条件下，制得的冻干酸奶块蛋白质含量为15.5 g/100 g，脂肪含量为11.4 g/100 g，水分含量为1.4 g/100 g，乳酸菌活菌数为8×10^8 CFU/g。此外，该工艺制得的冻干酸奶块营养价值高，便于携带，具有较长货架期和较好市场前景，有助于开发高附加值乳制品，进一步丰富乳制品市场。

参考文献

[1] Wang J，Aalaei K，Skibsted L H，et al.Bioaccessibility of calcium in freeze-dried yogurt based snacks[J].Food science & technology，2020，129：109527.

[2] Sarkar S.Potentiality of probiotic yoghurt as a functional food - A review[J].Nutrition & Food Science，2019，49（2）：182-202.

[3] 邹少强.正交实验优化冻干酸奶块配方及其品质分析[J].福建轻纺，2023（6）：12-15.

[4] 张建明.真空冷冻干燥食品的加工工艺研究[J].现代食品，2024，30（12）：92-94.

[5] 遇艳萍，罗华丽，刘鹏莉，等.真空冷冻干燥苹果复合果蔬块工艺[J].农村新技术，2024（7）：65.

[6] 欧阳锐，陈欢，吴煌琳，等.响应面法优化冻干黄花梨酸奶溶豆的制备及其品质分析[J].宁德师范学院学报（自然科学版），2020，32（4）：390-396.

[7] 李原，毕金峰，易建勇，等.酸奶和乳清蛋白比例对冻干蓝莓酸奶品质影响研究[J].核农学报，2023，37（8）：1578-1587.

[8] Feng S，Bi J，Yi J，et al.Modulation of ice crystal formation behavior in pectin cryogel by xyloglucan：Effect on microstructural and mechanical properties[J].Food Research International，2022，159：111555.

[9] Sharma N K，Arora C P.Influence of product thickness，chamber pressure and heating conditions on production rate of freeze-dried yoghurt[J].International Journal of Refrigeration，1995，18（5）：297-307.

[10] Sharma N K，Arora C P，Mital B K.Influence of concentration of milk solids on freeze-drying rate of yoghurt and its quality[J].Journal of Food Process Engineering，1992，15（3）：187-198.

[11] Oliveira E N A，Rocha A P T，Gomes J P，et al.Influence of mango pulp and sucrose contents on the technological properties of solid preparations（freeze-dried）for yoghurt[J].Applied Food Research，2023，3（1）：100295.

[12] Ismail E A，Aly A A，Atallah A A.Quality and microstructure of freeze-dried yoghurt fortified with additives as protective agents[J].Heliyon，2020，6（10）：e05196.

[13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3—2016食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].

[14] 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.5—2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].

[15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会，国家食品药品监督管理总局. GB 5009.6—2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].

[16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会，国家食品药品监督管理总局. 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].

[17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会，国家食品药品监督管理总局. 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].

[18] 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].

[19] 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].

[20] 中华全国供销合作总社. GH/T 1326—2021. 冻干水果、蔬菜[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 19644-2024 食品安全国家标准 乳粉和调制乳粉[S].

Optimization of Freeze-dried Yogurt Block Processing and Quality Analysis

YANG Yingchun，WANG Xiaorui，LI Meng，XIA Xue，CHEN Weiwei，YOU Hong，

中国乳业线上阅读

LUO Xiaohong*
Xinjiang Tianrun Biological Technology Co.，Ltd.，Urumqi Xinjiang 830000

Abstract：[Objective]Based on yogurt，optimized the vacuum freeze-drying process and screened different types of pectin and starch，and made a freeze-dried yogurt block with excellent quality and sensory.[Method]Vacuum freeze-drying technology was adopted. Taking the appearance and sensory evaluation results of freeze-dried yogurt blocks as reference standards. By optimizing the freeze-drying process and comparing the effects of adding different types of pectin and starch on freeze-dried yogurt blocks，the optimal production process was determined.[Result] High-quality freeze-dried yogurt blocks could be produced by using smaller heating intervals and lower terminal temperatures. The types of pectin and starch also had a significant impact on the product. Under the optimal production conditions in this study，the protein content of the freeze-dried yogurt blocks produced was 15.5 g/100 g，the fat content wass 11.4 g/100 g，the moisture content was 1.4 g/100 g，and the viable count of lactic acid bacteria was 8×10^8 CFU/g.[Conclusion]This study developed a freeze-dried yogurt block with excellent sensory quality，providing a reference for the process optimization and industrial production of freeze-dried yogurt blocks.

Keywords：freeze-dried yogurt block；freeze drying；pectin；starch

▲上接99页

releasing active metabolites，regulating immunity and stimulating cellular protective responses，etc.This review mainly introduced the efficacy and mechanism of action of probiotics in functional dairy products，and analyzed the possible difficulties and challenges in their application，providing a reference for the development and application of functional dairy products.

Keywords：functional dairy product；probiotic；intestinal health；immune regulation；gut-brain axis

中国乳业线上阅读