

正交实验优化冻干酸奶块配方及其品质分析*

邹少强

(福建立兴食品有限公司, 福建 漳州 363100)

摘 要: 文章以酸奶为主要原料利用真空冷冻干燥技术制备冻干酸奶块, 通过单因素实验和正交实验研究了稀奶油、奶粉、果胶对冻干酸奶块的感官评分的影响。结果表明, 最佳配方为风味酸奶100 g、稀奶油8 g、果胶9 g、奶粉0.7 g。此时, 冻干酸奶块的感官评分为88.1, 硬度为42.54 N、脆度为41.54 N、胶着性为1.98、咀嚼性2.25, 比空白组更易溶化、更加酥脆、不易粘牙。该研究旨在为冻干酸奶块的产品开发和冻干产业发展提供一定的理论参考。

关键词: 真空冷冻干燥; 酸奶块; 正交实验; 配方优化

Doi: 10.3969/j.issn.1007-550X.2023.06.002

中图分类号: TS252.54

文献标识码: A

文章编号: 1007-550X (2023) 06-0012-04

酸奶是以牛乳为主要原料发酵而成的发酵乳制品, 富含多种营养物质和益生菌, 是世界上消费最多的乳制品之一^[1], 但酸奶在运输、贮藏、销售的过程中需要在低温下保存, 货架期较短, 产品成本较高。

冻干酸奶块是以酸奶为主要原料, 经真空冷冻干燥技术加工而成的新型即食产品, 保留了酸奶的独特风味和营养价值, 因其口感酥松、入口即化、方便携带、贮藏期长的特点深受消费者喜爱^[2]。苏德亮等^[2]、Wang等^[3]学者分别以酸奶粉、天然酸奶制作的冻干酸奶块; Kay等^[4]、Lao等^[5]学者分别在酸奶中添加玫瑰粉、羽衣甘蓝浆制备了风味冻干酸奶块; 冻干型溶豆是新型婴幼儿辅食产品, 也是一种冻干酸奶块, 陈璵等^[6]、欧阳锐等^[7]分别研究了添加双孢蘑菇的冻干型溶豆。然而, 使用风味酸奶直接制作的冻干酸奶块鲜见报道。

本研究通过真空冷冻干燥技术, 使用风味酸奶制作冻干酸奶块, 通过正交实验优化配方, 旨在开

发一款风味独特、入口即化、富含营养的冻干酸奶块, 为冻干产业发展提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

风味酸奶(市售); 奶粉、稀奶油(新西兰恒天然商贸有限公司); 果胶(厦门芴泉生物科技有限公司)。

1.2 仪器与设备

TMS-PRO型质构仪(美国FTC), ALPHA1-4LSC型冷冻干燥机(德国CHRIST)。

1.3 实验方法

1.3.1 工艺流程

风味酸奶→辅料溶解→料液均质→入模装盘→预冻→冷冻→冻干→脱模包装。

1.3.2 操作要点

辅料溶解: 奶粉、果胶用0.250 mm孔径筛过筛, 称取一定量的奶粉、果胶、稀奶油溶入风味酸奶中。

料液均质: 料液搅拌均匀后静置10 min, 等待

*基金项目: 福建省科技计划项目——冻干乳制品关键技术创新应用研究与产品开发(项目编号: 2020S0037)。

收稿日期: 2022-11-11

作者简介: 邹少强(1977—), 福建华安人, 本科, 中级工程师, 主要从事真空冷冻干燥速食与休闲食品研发工作。

气泡消失。

入模装盘：将均质后的料液装入模具（小格，1 cm×1 cm×1 cm），再装进托盘。

真空冷冻：-20 ℃预冻4 h，-80 ℃冷冻12 h，真空冷冻干燥36 h。

包装：使用热封包装。

1.3.3 单因素实验

预实验表明影响冻干酸奶块的主要因素有稀奶油、奶粉、果胶的添加量，以感官评价做指标，进行冻干酸奶块感官评分单因素实验，实验设计见表1，具体的参数设置如下：

(1) 分别准确称取稀奶油0、5、10、15、20 g，奶粉8 g，果胶0.5 g，按1.3.1工艺流程的方法溶入100 g的风味酸奶中，考察稀奶油添加量对冻干酸奶块感官评价的影响。

(2) 分别准确称取奶粉0、4、8、12、16 g，稀奶油10 g，果胶0.5 g，按1.3.1工艺流程的方法溶入100 g的风味酸奶中，考察稀奶油添加量对冻干酸奶块感官评价的影响。

(3) 分别准确称取果胶0、0.25、0.5、0.75、1 g，稀奶油10 g，奶粉8 g，按1.3.1工艺流程的方

法溶入100 g的风味酸奶中，考察稀奶油添加量对冻干酸奶块感官评价的影响。

表1 单因素实验设计表

实验序号	A 稀奶油 (g)	B 奶粉 (g)	C 果胶 (g)
1	2	3	0.1
2	6	7	0.5
3	10	11	0.9
4	14	15	1.3
5	16	19	1.7

1.3.4 正交实验

在单因素实验的基础上，采用正交实验L₉(3⁴)设计表，以风味酸奶100 g为标准，设置稀奶油、奶粉、果胶添加量三个因素为实验条件，设置空列以考察实验误差，以感官评价分值为指标设计正交实验方案，正交实验设计方案见表2。

1.3.5 感官评价分析

根据表3 冻干酸奶块感官评价标准，由10名食品专业人员从产品的口感质地、组织结构、色泽、风味等4个指标开展感官评价。

1.3.6 质构分析

冻干酸奶块的质构测定参考TA.XTPlus质构仪中TPA模式，选用250 N的探头进行测定。测定参数

表2 正交实验设计表

实验序号	因素			
	A稀奶油 (g)	B奶粉 (g)	C果胶 (g)	空列
1	12	9	0.7	0
2	12	7	0.5	0
3	12	5	0.3	0
4	10	9	0.5	0
5	10	7	0.3	0
6	10	5	0.7	0
7	8	9	0.3	0
8	8	7	0.7	0
9	8	5	0.5	0

表3 冻干酸奶块感官评价标准

分值	口感质地	组织结构	色泽	风味
21~25分	口感酥脆不粘牙，入口即化，质地细腻无颗粒感。	结构完整，表面无裂痕和气泡，组织均匀，截面呈雪花状。	色泽均匀明亮，呈风味酸奶的特殊颜色。	具有风味酸奶的特殊香气，风味良好。
11~20分	入口细腻但略有黏牙，质地偏硬或酥松，略有颗粒感。	结构较完整，存在少量气泡、鼓包，截面雪花状形态不明显。	色泽偏淡，但不影响整体外观。	风味酸奶的风味偏淡，味道有偏甜或偏酸等。
0~10分	口感粗糙，容易粘牙，质地较硬或者过于疏松。	易破碎，有气泡、鼓包，截面存在裂痕或“夹心”形态。	色泽不均匀，深浅不一。	没有风味酸奶的特殊风味。

如下：速度为1.0 mm/s，压缩率30%。

1.3.7 复水时间

参考Lao等^[5]方法进行测定冻干酸奶块的复水时间。

2 结果与分析

2.1 单因素实验

2.1.1 稀奶油添加量对冻干酸奶块感官评分的影响

由表4可知，感官评分随着稀奶油添加量的增加而增加，但在稀奶油添加量为10 g时最高，随后开始下降。这可能是稀奶油在打发的过程中混入了空气，使冻干酸奶块出现疏松的结构，但随着稀奶油添加量的增加，硬度下降，结构过于酥松，口感不佳。

表4 稀奶油添加量对冻干酸奶块感官评分的影响

稀奶油 (g)	2	6	10	14	16
感官评分(分)	81.8	82.4	83.5	82.7	81.9

2.1.2 奶粉添加量对冻干酸奶块感官评分的影响

由表5可知，在奶粉添加量较小时，奶粉增加了冻干酸奶块的甜味和奶香味，产品感官评分随着奶粉添加量的增加而增加。当奶粉添加量在7 g时，达到感官评分的最高值，但随着奶粉的添加量不断增加，产品过甜且容易粘牙，产品的感官评分开始下降。

表5 奶粉添加量对冻干酸奶块感官评分的影响

奶粉 (g)	3	7	11	15	19
感官评分(分)	82.2	84.1	82.1	80.1	79.8

2.1.3 果胶添加量对冻干酸奶块感官评分的影响

如表6所示，冻干酸奶块的感官评分随果胶添加量增加呈先上升后下降的趋势。当果胶添加量0.5 g时，感官评分达到最高。果胶的添加增加了产品的硬度，当添加量较低时，产品外观形态较好，但添加量超过0.5 g后，产品过硬并出现颗粒感。

表6 果胶添加量对冻干酸奶块感官评分的影响

果胶 (g)	0.1	0.5	0.9	1.3	1.7
感官评分(分)	80.1	83.5	82.8	81.4	80.7

2.2 正交法优化冻干酸奶块配方

由以上单因素分析可知，稀奶油、奶粉、果胶添加量是影响冻干酸奶块感官评分的主要因素，以感官评分做为指标设计正交实验，每组3个平行，取平均值。

由表7、表8可知，影响冻干酸奶块感官评分的主次因素依次为稀奶油、果胶、奶粉的添加量，即为A>C>B。且可得到优化方案为A₃B₁C₁，即稀奶油8 g、果胶9 g、奶粉0.7 g。通过对优化方案A₃B₁C₁进行验证实验，获得的冻干酸奶块酸甜适口、口感酥松、入口即化、色泽亮白，感官评分达88.1，高于所有正交实验组，感官效果最好。

表7 正交实验设计及其结果

实验序号	因素				得分
	A稀奶油 (g)	B奶粉 (g)	C果胶 (g)	D空列	
1	12	9	0.7	0	87.33
2	12	7	0.5	0	84.4
3	12	5	0.3	0	84.17
4	10	9	0.5	0	84.5
5	10	7	0.3	0	82.7
6	10	5	0.7	0	84.1
7	8	9	0.3	0	86.67
8	8	7	0.7	0	87.3
9	8	5	0.5	0	85.83
均值1	85.3	86.17	86.24	85.29	
均值2	83.77	84.8	84.91	85.06	
均值3	86.6	84.7	84.51	85.32	
极差	2.83	1.47	1.73	0.27	

表8 显著性分析

影响因素	偏差平方和	自由度	F值	F临界值 ($\alpha=0.05$)	显著性	F临界值 ($\alpha=0.01$)	显著性
A稀奶油	11.527	2	245.255		*		*
B奶粉	4.247	2	90.362	19.000	*	99.000	*
C果胶	4.740	2	100.851		*		*
D空列	0.047	2	1				

表9 品质分析

项目	感官评分	复水时间 (s)	硬度 (N)	脆度 (N)	胶着性	咀嚼度
空白组	88.1	25.42	24.01	21.75	1.32	1.85
实验组	78.9	15.23	42.54	41.15	1.98	2.25

以D空列作为误差所在列,选择 $\alpha=0.05$ 和 $\alpha=0.01$ 分别进行显著性分析。如表9可知,影响冻干酸奶块感官评分的主次因素依为 $A>C>B$,这与表9的分析结果一致。当 $\alpha=0.05$ 时,因素A、B、C均具有显著性;当 $\alpha=0.01$ 时,仅因素A和因素C具有显著性。此外,因素D的极差和偏差平方和远远小于各个影响因素,说明该实验误差较小。

2.3 冻干酸奶块的品质分析

冻干酸奶块复水时间反映出冻干酸奶块在人体口腔中的湿润分散特性。如表9所示,实验组的和复水时间显著小于空白组。这可能是添加了稀奶油、奶粉、果胶后冻干酸奶块中形成了更多的孔隙,水分更容易渗入样品中,导致复水时间降低。质构分析表明,实验组的硬度42.54 N、脆度41.54 N、胶

着性1.98、咀嚼性2.25,其中硬度和脆度高于空白组,而胶着性和咀嚼度低于空白组。结合感官分析表明,添加了稀奶油、奶粉、果胶的样品在口腔中更易溶化、更加酥脆、不易粘牙。

3 结论

本研究以酸奶为主要原料利用真空冷冻干燥技术制备冻干酸奶块,通过单因素实验正交实验确定了冻干酸奶块的最佳配方为风味酸奶100 g、稀奶油8 g、果胶9 g、奶粉0.7 g。根据改配方制作冻干酸奶块的感官评分为88.1,硬度为42.54 N、脆度为41.54 N、胶着性为1.98、咀嚼性2.25,是一款风味独特、营养丰富、口感酥松、入口即化、方便携带、贮藏期长的新型冻干产品。

参考文献:

- [1] 程欣玥,孙小茜,石静静,等.增稠剂促进酸奶凝胶的机理及应用研究进展[J].食品与发酵工业,2022,48(21):325-332.
- [2] 苏德亮,罗丽,宋礼,等.冻干酸奶块配方设计及优化[J].食品工业,2021(9):110-115.
- [3] WANG J, AALAEI K, SKIBSTED L H, et al. Bioaccessibility of calcium in freeze-dried yogurt based snacks[J]. LWT, 2020, 129: 109527.
- [4] HNIN K K, ZHANG M, DEVAHASTIN S, et al. Influence of Novel Infrared Freeze Drying of Rose Flavored Yogurt Melts on Their Physicochemical Properties, Bioactive Compounds and Energy Consumption[J]. Food and Bioprocess Technology, 2019, 12(12): 2062-2073.
- [5] LAO Y Y, ZHANG M, DEVAHASTIN S, et al. Effect of combined infrared freeze drying and microwave vacuum drying on quality of kale yoghurt melts[J]. Drying technology, 2020, 38(5-6): 621-633.
- [6] 陈璐,程世伦,叶爽,等.不同粒度双孢蘑菇粉制备食用菌溶豆的食用品质比较[J].现代食品科技,2022,38(02):197-205;86.
- [7] 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(04):390-396.