

郭留城, 杜利月, 王飞. 香菇风味奶片的制备及品质分析 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(16): 185–191. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021100283

GUO Liucheng, DU Liyue, WANG Fei. Preparation and Quality Analysis of *Lentinula edodes* Flavored Milk Tablets[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(16): 185–191. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021100283

· 工艺技术 ·

# 香菇风味奶片的制备及品质分析

郭留城<sup>1,2,3</sup>, 杜利月<sup>1,2,3</sup>, 王 飞<sup>1,2,3</sup>

(1. 漯河医学高等专科学校, 河南漯河 462002;

2. 河南省休闲食品工程技术研究中心, 河南漯河 462002;

3. 河南省营养与健康工程研究中心, 河南漯河 462002)

**摘要:**以新鲜香菇和奶粉为主要原料, 经混合、造粒、干燥、整粒、压片等工序制备香菇风味奶片。以感官评分、片重差异、硬度和脆性作为评价指标, 在单因素实验的基础上进行正交试验, 优化香菇风味奶片的配方中香菇粉、低聚异麦芽糖、葡萄糖和硬脂酸镁的用量。结果表明, 香菇风味奶片的最佳配方为: 奶粉 100 g、香菇粉 50 g、低聚异麦芽糖 16 g、葡萄糖 9 g、硬脂酸镁 0.7%。用此配方制得的香菇风味奶片表面光滑, 兼有香菇和牛奶风味的香菇奶片。与市售奶片相比, 香菇风味奶片含有较高的粗蛋白和较低的粗脂肪, 还含有丰富的粗纤维素和黄酮类化合物, 营养成分更加丰富, 具有较高抗氧化活性。

**关键词:**香菇, 奶片, 制备工艺, 正交试验, 品质分析

中图分类号: TS255.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2022)16-0185-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021100283



本文网刊:

## Preparation and Quality Analysis of *Lentinula edodes* Flavored Milk Tablets

GUO Liucheng<sup>1,2,3</sup>, DU Liyue<sup>1,2,3</sup>, WANG Fei<sup>1,2,3</sup>

(1. Luohe Medical College, Luohe 462002, China;

2. Henan Engineering Research Center of Leisure Food, Luohe 462002, China;

3. Henan Engineering Research Center of Nutrition and Health, Luohe 462002, China)

**Abstract:** Using fresh *Lentinus edodes* and milk powder as the main materials, the *Lentinus edodes* flavored milk tablets was prepared through processes such as mixing, granulating, drying, granulating and tableting. With sensory score, tablet weight variation, hardness and brittleness as evaluation indicators, the orthogonal test was carried out on the basis of single factor experiment to optimize the amount of *Lentinula edodes* powder, oligomeric isomaltose, glucose and magnesium stearate of the formula of *Lentinula edodes* flavored milk tablets. The results showed that the best formula of *Lentinula edodes* flavored milk tablets were: Milk powder 100 g, *Lentinula edodes* powder 50 g, oligomeric isomaltose 16 g, glucose 9 g and magnesium stearate 0.7%. The *Lentinula edodes* flavored milk tablets which prepared by this formula had a smooth surface, and had the flavours of *Lentinula edodes* and milk. Compared with commercially available milk tablets, the *Lentinula edodes* milk tablets contained higher crude protein and lower crude fat. And it was rich in crude cellulose and flavonoids, with richer nutrients and higher antioxidant activity.

**Key words:** *Lentinula edodes*; milk tablets; preparation process; orthogonal test; quality analysis

香菇(*Lentinus edodes*)是一种食药同源的食用菌<sup>[1]</sup>, 具有较高的食用、药用和经济价值<sup>[2]</sup>。其肉质肥厚, 口感细嫩, 味道鲜美, 香气独特, 营养丰富, 既可

以作为珍贵的食材<sup>[3-5]</sup>, 也可以作为营养保健品<sup>[6-7]</sup>。香菇中富含蛋白质、膳食纤维、多糖、B 族维生素等活性物质<sup>[8]</sup>, 因其营养价值高、热量低、蛋白质丰富,

收稿日期: 2021-10-27

基金项目: 2019 年漯河医学高等专科学校科研资助项目 (2019-LYZKYYB006); 2017 年度河南省高等学校青年骨干教师培养计划 (2017GGJS286); 2020 年漯河医学高等专科学校科研资助项目 (2020-LYZKYYB016); 2020 年中央引导地方科技发展专项。

作者简介: 郭留城 (1983-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向: 食品与药品开发, E-mail: guoliucheng@163.com。

被誉为“植物皇后”<sup>[9]</sup>。但是因新鲜香菇上市集中,不易长时间贮存,作为新鲜食材的食用价值不能完全发挥。

奶片具有口感好、价格低、易于储存和运输等优点<sup>[10]</sup>,在中国深受消费者喜爱<sup>[11]</sup>。短双歧杆菌奶片<sup>[12]</sup>、益生菌奶片<sup>[13]</sup>、戊聚糖奶片<sup>[14]</sup>、肌原纤维蛋白奶片<sup>[15]</sup>等功能性奶片,以及红枣奶片<sup>[11]</sup>、野生猕猴桃奶片<sup>[16]</sup>、石花菜奶片<sup>[17]</sup>、西蓝花奶片<sup>[18]</sup>等果蔬风味奶片已有报道,奶片的制备工艺也日渐成熟,但以香菇为原料的香菇风味奶片尚未见报道。因此,在传统香菇产品(如香菇酱、香菇汁、香菇果脯、香菇饮料)的基础上,开发香菇风味奶片,不仅可以更好地开发利用香菇资源,提高香菇产品的附加值,也可以提高菇农的收入,推动地方经济的发展。本文通过探讨香菇风味奶片加工工艺,对其配方进行优化,为香菇未来的开发利用提供新思路。

## 1 材料与方法

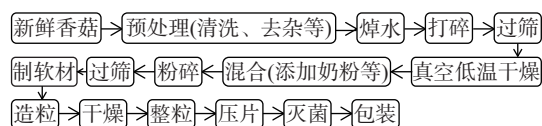
### 1.1 材料与仪器

新鲜香菇 来自河南省漯河市大刘镇香菇基地(808 品种),挑选成熟度良好、子实体丰满、新鲜度好、无病虫害、无破损的香菇作为实验材料;奶粉(飞鹤牧场经典 1962 全脂甜奶粉)、市售某品牌奶片 当地大润发超市;低聚异麦芽糖、葡萄糖 河南多美姿生物科技有限公司;无水乙醇、硬脂酸镁 上海麦克林生化科技有限公司;T-AOC 试剂盒 南京建成生物工程研究所;其他试剂 均为国产分析纯。

800Y 型粉碎机 永康市铂欧五金制品有限公司;B20 型搅拌机 广东力丰机械制造有限公司;DZF-6020 型真空干燥箱 上海基玮试验仪器有限公司;HH-4 型数显恒温水浴锅 金坛市希望科研仪器有限公司;ZP-5 旋转式压片机 泰州市黎明制药机械有限公司;TA-300W 质构仪 济南赛成电子科技有限公司。

### 1.2 制备工艺及操作要点

#### 1.2.1 工艺流程



1.2.2 操作要点 原料的预处理:新鲜香菇清洗去杂、去柄,取菌盖。迅速加热至 100 ℃,恒温 5 min,立即冷却至室温。避免多酚氧化酶及其他还原性成分与空气作用而引起的色泽、风味的变化及营养物质的流失<sup>[19]</sup>。

匀浆和过滤:室温下匀浆,先用双层纱布粗滤,颗粒与下批次共同匀浆,提高香菇的利用率<sup>[16]</sup>。

干燥:采用 50 ℃ 真空干燥,得香菇粗粉。真空干燥可以降低干燥箱内的空气含量,防止氧气氧化香菇中抗氧化成分,造成营养成分的流失<sup>[11]</sup>。

粉碎与过筛:香菇粗粉再次粉碎,过 120 目筛,降低香菇粉的粒度,使奶片的口感更加细腻柔顺<sup>[10]</sup>。

制软材:加入 50% 的乙醇制软材,以“手握成团,轻压即散”为标准。

造粒与整粒:采用摇摆式颗粒机造粒和整粒,用 20 目尼龙筛网造粒,16 目尼龙筛网整粒<sup>[20]</sup>。

压片:采用直径为 2 cm 的片剂模具压片。

### 1.3 实验方法

将香菇细粉、奶粉、低聚异麦芽糖、葡萄糖混合均匀,加入 50% 的乙醇制软材,用 20 目筛网造粒,50 ℃ 真空干燥至含水量在 3% 以下,16 目筛网整粒,称重,加入润滑剂硬脂酸镁,混合均匀后,压片。

1.3.1 预实验 采用单因素实验法,固定奶粉用量为 100 g、香菇粉用量为 100 g、低聚异麦芽糖用量为 12 g、葡萄糖用量为 9 g、硬脂酸镁用量为干颗粒重量的 0.5%,以奶片制备过程的难易程度为指标,考察润湿剂乙醇的浓度(10%、30%、50%、70% 和 90%);以维生素 C 的含量为指标,考察湿颗粒的干燥温度(40、50、60、70 和 80 ℃)。采用食品安全国家标准 GB 5413.18-2010 中收载的方法测定维生素 C 的含量。

1.3.2 单因素实验 香菇风味奶片的风味与香菇和奶粉的比例密切相关,低聚异麦芽糖、葡萄糖、硬脂酸镁等辅料会影响香菇风味奶片的口感,润湿剂、润滑剂与香菇风味奶片的外观、片重差异、硬度和脆性密切相关。合理控制香菇与奶粉的比例,选择恰当的辅料用量,对控制香菇风味奶片的质量非常重要,也是十分必要<sup>[11]</sup>。

在奶粉用量为 100 g、低聚异麦芽糖的用量为 12 g、葡萄糖的用量为 9 g、硬脂酸镁的用量为 0.5% 的条件下,考察香菇与奶粉的质量比例(3:1、2:1、1:1、1:2 和 1:3)对香菇奶片品质的影响;在奶粉用量为 100 g、香菇粉的用量为 100 g、葡萄糖的用量为 9 g、硬脂酸镁的用量为 0.5% 的条件下,考察低聚异麦芽糖的用量(4、8、12、16、20 g)对香菇奶片品质的影响;在奶粉用量为 100 g、香菇粉的用量为 100 g、低聚异麦芽糖的用量为 12 g、硬脂酸镁的用量为 0.5% 的条件下,考察葡萄糖的用量(3、6、9、12、15 g)对香菇奶片品质的影响;在奶粉用量为 100 g、香菇粉的用量为 100 g、低聚异麦芽糖的用量为 12 g、葡萄糖的用量为 9 g 的条件下,考察硬脂酸镁的用量(干颗粒重量的 0.1%、0.3%、0.5%、0.7% 和 0.9%)对香菇奶片品质的影响。采用多指标评分作为单因素实验的评价指标<sup>[16,20]</sup>。

1.3.3 正交试验 根据单因素实验结果,在奶粉用量为 100 g 的条件下,选择香菇与奶粉的质量比例(A)、低聚异麦芽糖的用量(B)、葡萄糖的用量(C)和硬脂酸镁的用量(D)为影响因素,以多指标评分作为评价指标,采用  $L_9(3^4)$  正交试验表,设计四因素三水平正交试验,探讨不同因素对咀嚼片品质的影响并筛

选出最佳配方<sup>[16,20-21]</sup>。试验因素及水平见表 1。

表 1 实验因素和水平  
Table 1 Factors and levels of orthogonal test

| 因素水平 | A   | B(g) | C(g) | D(%) |
|------|-----|------|------|------|
| 1    | 1:1 | 8    | 6    | 0.3  |
| 2    | 1:2 | 12   | 9    | 0.5  |
| 3    | 1:3 | 16   | 12   | 0.7  |

1.4 多指标综合评分

以感官评定、片重差异、硬度和脆性四个指标的综合评分作为单因素实验和正交试验优化指标。其中香菇风味奶片片重大于 0.3 g,片重差异不应超过 5%,脆性应小于 2%,片重差异和脆性越小越好;为了便于咀嚼和具有更好的口感,硬度应该控制在 70~120 N 间,且硬度越大越好。根据指标控制要求及其对成型性的贡献进行多指标综合评分,评分法见表 2。多指标综合评分为四个指标评分之和<sup>[16,20-21]</sup>。

表 2 多指标综合评分法  
Table 2 Multi-index evaluation method

| 指标名称 | 满分 | 评分方法                  |
|------|----|-----------------------|
| 感官评分 | 15 | (外观评分+滋味与气味评分+口感评分)÷3 |
| 片重差异 | 20 | (5-实测值的绝对值)×20        |
| 硬度   | 20 | 数值的0.15倍              |
| 脆性   | 20 | (2-脆性实际值)×10          |

1.4.1 感官评定 感官是评价风味奶片的一个非常重要的标准,因此,为了得到最佳感官,在风味奶片的研制中,采用感官评价作为评价标准<sup>[16,20-21]</sup>。采用有一定相关经验的十名品评员试吃的方式<sup>[11,22]</sup>,按照奶片的食品安全地方标准(DBS65/021-2020)从外观、气味、口感三方面给香菇风味奶片进行评分,实验者结合综合评判模型计算出优化实验的最终评分,作为优化香菇风味奶片的感官评价指标,评分标准见表 3。

1.4.2 片重差异的评定 随机抽取 20 片样品,称重求平均值,再分别称每片质量,将其与平均片重相比较。其中,样品平均片重在 0.3 g 以下时,片重差异限度为±7.5%,样品平均片重 0.3 g 及 0.3 g 以上片重差异限度为±5.0%<sup>[23]</sup>。注意超出片重差异限度的不得多于 2 片,并不得有 1 片超出限度 1 倍。

1.4.3 硬度和脆性的评定 在室温下,用质构仪测定香菇风味奶片的硬度和脆性,设置测试参数如下:选择压缩模式;测试探头 P/5;测前速度 1.00 mm/s;测中速度 0.50 mm/s;测后速度 10.00 mm/s;应变 90%;触发力 5.0 g。参数指标包括:硬度(Hardness)和脆性(Brittleness)<sup>[24-25]</sup>。每组样品平行测定 5 次,去掉最小值和最大值后取平均值。

1.5 成品品质分析

1.5.1 营养成分的分析 按照现行标准检测香菇风味奶片的水分、灰分、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维素、总黄酮等营养成分。水分采用 GB 5009.3-2016 中第一法(直接干燥法)测定;灰分采用 GB 5009.4-2016 中第一法测定;粗蛋白质采用 GB 5009.5-2016 中第一法(凯氏定氮法)测定;粗脂肪采用 GB 5009.6-2016 中第四法(盖勃法)测定;粗纤维素采用 GB/T 5515-2008 中介质过滤法测定;总黄酮采用 SN/T 4592-2016 中分光光度法测定。

1.5.2 总抗氧化活性的测定 将香菇风味奶片 20 片,研碎,准确称取 2 片重量的粉末,加入 25 倍体积分数 60% 乙醇溶液,在 50 ℃ 超声辅助提取 30 min,6 000 r/min 离心 15 min,沉淀重复提取 2 次,合并两次上清液,定容至 100 mL。将提取液稀释至 4 种质量浓度(4、8、12、20 mg/mL)的样品溶液<sup>[25]</sup>。采用 T-AOC 试剂盒对其进行总抗氧化活性测定,具体操作方法参照使用说明书<sup>[26]</sup>。

1.6 数据处理

采用 Excel 2016 和 Origin Pro 8.5 软件对实验数据统计分析和计算,使用正交设计助手 II V3.1 软件进行正交试验设计和方差分析,数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 预实验及单因素实验结果

2.1.1 润湿剂的考察 奶粉容易吸湿,加入润湿剂后黏性大,易于制粒,而香菇粗纤维含量高,加入润湿剂后黏性小,在优化试验时根据香菇的用量适当地调整润湿剂乙醇的用量<sup>[17,27-28]</sup>。经过试验可知,不同浓度的乙醇均可以制备成奶片,但是当乙醇的浓度小于 50% 时,需要精准控制润湿剂的用量和加入的速度;当易挥发性乙醇的浓度大于 50% 时,乙醇的用量与加入的速度成反比,难以定量,制备的颗粒松散,影响

表 3 感官评定标准  
Table 3 Evaluation criteria of sensory evaluation

| 感官评价指标 | 评分(分)               |                     |                          |                |                |
|--------|---------------------|---------------------|--------------------------|----------------|----------------|
|        | 1~3                 | 4~6                 | 7~9                      | 10~12          | 13~15          |
| 外观     | 色泽差,不光洁且表面有大凹陷,很不光滑 | 色泽勉强光洁均匀,但表面有凹陷,不光滑 | 色泽不光洁不均匀,但表面凹陷不明显,勉强光滑平整 | 色泽光洁较均匀,表面光滑平整 | 色泽光洁且均匀,非常光滑平整 |
| 气味     | 气味难以接受              | 奶香味、香菇味均无           | 奶香味、香菇味仅有一种              | 奶香味、香菇味均有,但不明显 | 有浓郁奶香味和香菇味     |
| 口感     | 入口苦涩,味道极差,粗糙糊口      | 口感差,粗糙不细腻,无甜味       | 口感一般,略粗糙不细腻,过甜           | 口感适中,甜味稍微偏向    | 口感细腻柔顺,甜味适中    |



奶片的质量。当乙醇的浓度为 50% 时,制备的软材黏度适中,制得的颗粒结实紧凑,非常适合于压片。

**2.1.2 湿颗粒烘干温度的考察** 香菇中含有维生素 B<sub>6</sub>、多酚类物质,易被高温破坏。奶粉中含有维生素 C、油酸、维生素 A、维生素 E 等易被氧化的物质,高温时这些物质更易被氧化,为了最大程度保留二者的营养成分<sup>[10,16]</sup>。在 40、50、60、70 和 80 ℃ 的烘干条件下,每百克颗粒中维生素 C 的含量依次为:  $38.56 \pm 0.57$ 、 $37.79 \pm 0.86$ 、 $32.71 \pm 0.85$ 、 $28.74 \pm 1.09$  和  $22.08 \pm 1.23$  mg。当烘干温度为 50 ℃ 时,维生素 C 的含量与 40 ℃ 时接近,但烘干时间明显缩短,因此选择 50 ℃ 为烘干温度。

**2.1.3 香菇与奶粉比例的考察** 香菇与奶粉比例的单因素考察结果见图 1a。由图 1a 可知,在香菇与奶粉的比例为 1:2 时,感官评分、片重差异、硬度和脆性四个指标的综合评分最高。当香菇与奶粉的比例小于 1:2 时,随着奶粉的比例逐渐升高,香菇风味奶片的多指标综合评分也逐渐升高,这主要是因为随着奶粉的用量的增加,奶粉的香味逐渐显现,提高了感官评分;香菇粉中含有的纤维素不利于奶片的压缩成型,随着香菇粉用量的减少,纤维素的含量也减少,奶片的压缩成型逐渐得到改善,提高了奶片片重差异、硬度和脆性的评分。当香菇与奶粉的比例大于 1:2 时,奶片的综合评分趋于稳定,但略有下降,这主要是因为随着香菇用量的逐渐下降,香菇风味逐渐下降,降低了奶片的感官评分<sup>[29-31]</sup>。由此得出,香菇与奶粉的比例为 1:2 较适宜。

**2.1.4 低聚异麦芽糖用量的考察** 低聚异麦芽糖用量的单因素考察结果见图 1b。由图 1b 可知,在低聚异麦芽糖用量为 12 g 时,香菇风味奶片的综合评分最高。当低聚异麦芽糖用量小于 12 g 时,随着低聚异麦芽糖用量的逐渐升高,多指标综合评分也逐渐升高。低聚异麦芽糖是甜味剂,具有很好的可压性,与奶粉混合后,可以提高奶粉的可压性能,也可以增加奶片甜味。当低聚异麦芽糖用量大于 12 g 时,奶片的综合评分又开始下降。当低聚异麦芽糖用量过多时,香菇、奶粉的相对含量降低,奶片的风味趋于平淡,甜味过于浓郁,导致综合评分下降<sup>[15,20,32]</sup>。由此得出,低聚异麦芽糖用量为 12 g 较适宜。

**2.1.5 葡萄糖用量的考察** 葡萄糖用量的单因素考察结果见图 1c。由图 1c 可知,在葡萄糖用量为 9 g 时,香菇风味奶片的综合评分最高。当葡萄糖用量小于 9 g 时,随着葡萄糖用量的逐渐升高,多指标综合评分也逐渐升高。葡萄糖是一种具有甜味的单糖,不仅会增加香菇风味奶片的营养价值,增加甜味,还会丰富奶片的风味<sup>[10,13]</sup>,提高香菇风味奶片的多指标综合评分。当葡萄糖用量大于 9 g 时,奶片的综合评分又开始下降,这主要与葡萄糖用量过多时,香菇、奶粉和低聚异麦芽糖的含量降低,奶片的风味趋于平淡,导致综合评分下降。由此得出,葡萄糖用量为 9 g

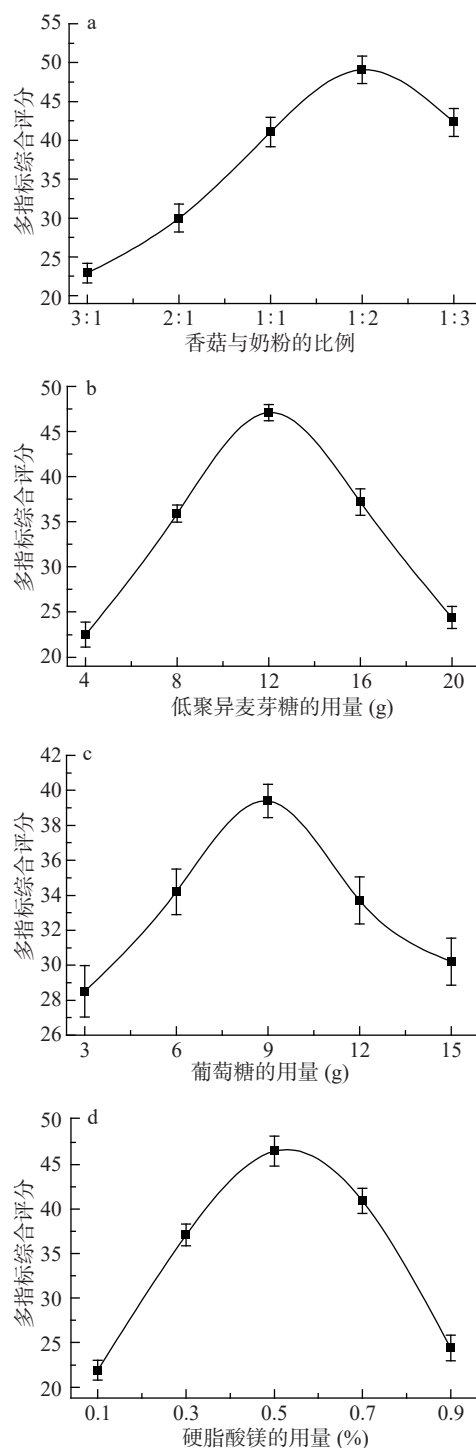


图 1 单因素实验结果

Fig.1 Results of single factor experiment

较适宜。

**2.1.6 润滑剂用量的考察** 润滑剂硬脂酸镁用量的单因素考察结果见图 1d。由图 1d 可知,当硬脂酸镁的用量为 0.5% 时,综合评分最高。当硬脂酸镁用量小于 0.5% 时,随着硬脂酸镁用量的升高,多指标综合评分也逐渐升高。硬脂酸镁会在颗粒表面形成一层保护膜,使奶片表面光洁美观,提高了感官评分。此外,硬脂酸镁可以降低颗粒与颗粒之间的摩擦力,改善物料的流动性,使设备运转顺畅、灵活,提高了片重差异、硬度和脆性的评分<sup>[13]</sup>。当硬脂酸镁用量

大于 0.5% 时,随着硬脂酸镁用量的升高,多指标综合评分逐渐降低。硬脂酸镁的用量过多时,不但会影响奶片的口感,降低奶片的感官评分;其疏水性,也会影响颗粒的压片成型,降低片重差异、硬度和脆性的评分<sup>[13-14]</sup>。由此得出,硬脂酸镁的用量为干颗粒重量的 0.5% 时较适宜。

2.2 正交优化试验结果

根据单因素实验的结果,参考文献 [16,19-20, 33-35] 报道,选取香菇与奶粉的质量比例(A)、低聚异麦芽糖的用量(B)、葡萄糖的用量(C)及硬脂酸镁的用量(D)作为考察因素,以 100 g 奶粉为基准,按照表 1 中的因素和水平,设计正交试验,以香菇奶片的多指标综合评分为评价指标,筛选出最佳配方。正交试验设计结果见表 4,正交试验结果的方差分析结果见表 5。

表 4 正交试验结果  
Table 4 Orthogonal test results

| 实验号 | 因素    |       |       |       | 多指标综合评分 |
|-----|-------|-------|-------|-------|---------|
|     | A     | B     | C     | D     |         |
| 1   | 1     | 1     | 1     | 1     | 41.1    |
| 2   | 1     | 2     | 2     | 2     | 43.6    |
| 3   | 1     | 3     | 3     | 3     | 47.1    |
| 4   | 2     | 1     | 2     | 3     | 54.2    |
| 5   | 2     | 2     | 3     | 1     | 47.5    |
| 6   | 2     | 3     | 1     | 2     | 50.8    |
| 7   | 3     | 1     | 3     | 2     | 45.4    |
| 8   | 3     | 2     | 1     | 3     | 39.0    |
| 9   | 3     | 3     | 2     | 1     | 47.3    |
| K1  | 131.9 | 140.7 | 130.9 | 136.0 |         |
| K2  | 152.6 | 130.2 | 145.1 | 139.8 |         |
| K3  | 131.7 | 145.3 | 140.2 | 140.4 |         |
| R   | 7.0   | 5.0   | 4.7   | 1.5   |         |

表 5 方差分析结果  
Table 5 Results of variance analysis

| 方差来源 | 离差平方和 | 自由度 | 均方    | F比    | F临界值 | 显著性 |
|------|-------|-----|-------|-------|------|-----|
| A    | 96.15 | 2   | 48.07 | 25.33 | 19   | *   |
| B    | 39.94 | 2   | 19.97 | 10.52 | 19   |     |
| C    | 34.68 | 2   | 17.34 | 9.14  | 19   |     |
| D    | 3.80  | 2   | 1.90  | 1.00  | 19   |     |
| 误差   | 3.80  |     |       |       |      |     |

注: \*表示有显著差异,  $F_{0.05}(2,2)=19.00$ ,  $F值>F_{0.05}$ ,  $P<0.05$ 。

根据表 4 正交试验结果得出,  $A_2B_3C_2D_3$  配方的多指标综合评分最高。由表 5 可知,影响香菇奶片多指标综合评分因素的主次顺序为: 香菇与奶粉的质

量比例(A)>低聚异麦芽糖的用量(B)>葡萄糖的用量(C)>硬脂酸镁的用量(D), A 因素对香菇奶片多指标综合评分的影响显著( $P<0.05$ ), B 因素、C 因素和因素 D 对其影响不显著,且 D 因素对多指标综合评分的影响最小。通过值的分析,可知最佳配方为:  $A_2B_3C_2D_3$ , 即: 奶粉的用量 100 g、香菇粉的用量为 50 g、低聚异麦芽糖的用量为 16 g、葡萄糖的用量为 9 g、硬脂酸镁的用量为干颗粒重量的 0.7%。

2.3 工艺验证

采用正交试验优化后的最佳配方  $A_2B_3C_2D_3$  制备香菇风味奶片(见图 2), 平行验证 3 批次(批号分别为: 210801、210802、210803), 以感官评定、片重差异、硬度和脆性作为评价指标, 按照表 2 中的评价方法, 对制备的三批次香菇风味奶片进行综合评价, 平均综合评分为  $59.91\pm1.29(n=3)$ 。

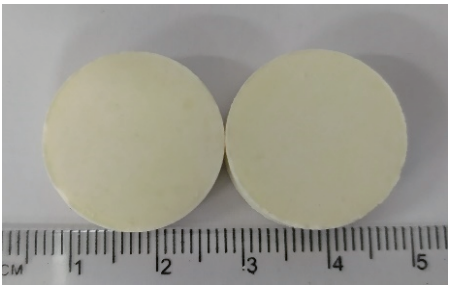


图 2 香菇风味奶片  
Fig.2 *Lentinula edodes* flavored milk tablets

2.4 香菇风味奶片的感官指标

在上述最优的配方工艺下,制备而成的香菇风味奶片产品富有光泽,颜色呈黄色,均匀一致;形状呈圆形,完整无缺损,大小一致,表面光滑;紧密坚实,不松散,不粘连;香菇香气浓郁,滋味纯正,入口绵甜,奶香味浓郁持久,硬度适中,无肉眼可见的杂质。

2.5 香菇风味奶片的品质分析

从表 6 可知,与市售某奶片相比,该款香菇风味奶片具有较低的含水量和灰分,片重差异、硬度和脆性均优于市售某品牌奶片,感官评分也高于市售奶片,其中感官评分和脆性明显优于市售某奶片,差异具有显著性( $P<0.05$ )。从表 7 可以看出,该款香菇风味奶片含有较高粗蛋白和较低的粗脂肪,与市售某奶片相比具有显著性差异( $P<0.05$ )。此外,该款香菇风味奶片还含有较丰富的粗纤维素和黄酮类化合物,营养成分更加丰富,更加符合大众高蛋白、高纤维、低

表 6 香菇风味奶片的品质分析结果( $\bar{x}\pm s$ ,  $n=3$ )

Table 6 Quality analysis results of *Lentinula edodes* flavored milk tablets ( $\bar{x}\pm s$ ,  $n=3$ )

| 批号     | 水分(%)         | 灰分(%)         | 感官评分             | 片重差异(%)       | 脆性(%)           | 硬度(N)        |
|--------|---------------|---------------|------------------|---------------|-----------------|--------------|
| 210801 | $2.11\pm0.31$ | $1.52\pm0.14$ | $13.87\pm0.15^*$ | $4.13\pm0.30$ | $0.85\pm0.16^*$ | $106\pm6.27$ |
| 210802 | $2.06\pm0.29$ | $1.48\pm0.15$ | $14.10\pm0.20^*$ | $4.06\pm0.27$ | $0.81\pm0.12^*$ | $100\pm5.95$ |
| 210803 | $2.13\pm0.28$ | $1.45\pm0.15$ | $14.00\pm0.20^*$ | $4.01\pm0.26$ | $0.83\pm0.18^*$ | $105\pm8.03$ |
| 市售某奶片  | $2.67\pm0.36$ | $1.66\pm0.16$ | $9.80\pm0.27$    | $4.49\pm0.34$ | $0.93\pm0.20$   | $98\pm8.21$  |

注: \*表示与市售奶片比较,有显著差异,  $P<0.05$ ; 表7同。

表7 香菇风味奶片的主要营养成分( $\bar{x}\pm s$ , n=3)Table 7 Major components of *Lentinula edodes* flavored milk tablets ( $\bar{x}\pm s$ , n=3)

| 批号     | 粗蛋白<br>(g/100 g) | 粗脂肪<br>(g/100 g) | 粗纤维素<br>(g/100 g) | 总黄酮<br>(mg/100 g) |
|--------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| 210801 | 19.21±1.26*      | 14.12±0.81*      | 16.62±1.51        | 67.92±3.21        |
| 210802 | 19.32±1.19*      | 13.98±0.72*      | 16.58±1.53        | 68.20±3.33        |
| 210803 | 19.10±1.31*      | 14.25±0.88*      | 16.75±1.55        | 68.57±3.55        |
| 某市售奶片  | 15.80±1.50       | 19.60±0.95       | —                 | —                 |

脂肪的饮食理念。

## 2.6 香菇风味奶片的总抗氧化能力

总抗氧化能力(T-AOC)的测定原理,样品中的抗氧化物质能使 $\text{Fe}^{3+}$ 还原成 $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ 可与菲啉类物质形成稳固的络合物,在593 nm处测定吸光值,计算出样品中的总抗氧化能力<sup>[26]</sup>。随机抽取市售奶片和自制奶片各10片,按照总抗氧化能力(T-AOC)试剂盒的说明书操作,测定香菇奶片的抗氧化能力,结果见图3。由图3可知,在2~20 mg/mL范围内,香菇风味奶片和市售某奶片的总抗氧化能力皆是随着质量浓度的增加而升高,并且前者的总抗氧化能力明显高于后者,表明香菇风味奶片具有较强的总抗氧化能力,这与香菇风味奶片中香菇多糖、黄酮和维生素C等的生物活性成分含量高于某奶片有关<sup>[25-26]</sup>。

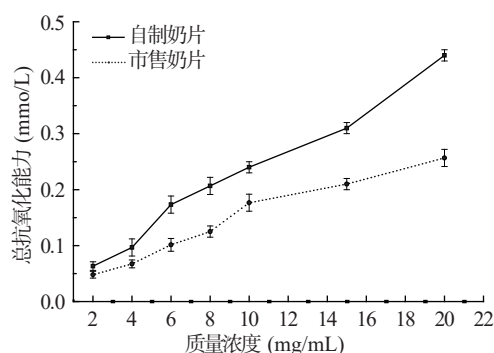


图3 香菇风味奶片的总抗氧化能力(n=3)

Fig.3 Total antioxidant capacity of *Lentinula edodes* flavored milk tablets (n=3)

## 3 结论

香菇风味奶片的优选基本配料组合为奶粉100 g、香菇粉50 g、低聚异麦芽糖16 g、葡萄糖9 g,混合均匀后,加入适量的50%的乙醇作为润湿剂,制颗粒,50℃真空减压干燥,加入干颗粒重量0.7%的硬脂酸镁,混合均匀,采用压片机压片,灭菌后包装,即得香菇风味奶片。本研究在奶片中有机的融入了香菇的风味,兼有两者的营养和保健功能,延长了鲜香菇的保质期,也丰富了奶片的品种,提高了香菇的附加值,可以一定程度上满足人们对香菇膳食纤维、香菇多糖、香菇黄酮等营养成分的需求。

### 参考文献

[1] 李延年,王文亮,贾凤娟,等.香菇呈味物质研究进展及产品开发[J].食品研究与开发,2021,42(10):186-192. [LI Y N,

WANG W L, JIA F J, et al. Flavor compounds research progress and product development of *Lentinus edodes*[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2021, 42(10): 186-192. ]

[2] SUN Y N, ZHANG M, FANG Z X. Efficient physical extraction of active constituents from edible fungi and their potential bio-activities: A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 105(11): 468-482.

[3] BIEN P S, BAGHEL R K, SANODIYA B S, et al. *Lentinus edodes*: A macrofungus with pharmacological activities[J]. Current Medicinal Chemistry, 2010, 17(22): 2419-2430.

[4] HASHIMOTO T, NONAKA Y, MINATO K I, et al. Suppress-ive effect of polysaccharides from the edible and medicinal mushrooms, *Lentinus edodes* and *Agaricus blazei*, on the expression of cytochrome P450s in mice[J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 2002, 66(7): 1610-1614.

[5] 赵瑞华,贺晓龙,王晓润.香菇糯糟的发酵工艺及品质分析[J].食品研究与开发,2020,41(16):138-143. [ ZHAO R H, HE X L, WANG X J. Fermentation process and quality analysis of *Lentinus edodes* fermented glutinous rice[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2020, 41(16): 138-143. ]

[6] 李月梅.香菇的研究现状及发展前景[J].微生物学通报,2005,32(4):149-152. [ LI Y M. Research status and prospect of *Lentinula edous*[J]. Microbiology China, 2005, 32(4): 149-152. ]

[7] 张弘,王琦,姚骏,等.香菇柄营养成分及生物活性的研究[J].食品研究与开发,2019,40(7):203-206. [ ZHANG H, WANG Q, YAO J, et al. Study on nutritional composition and biological activity of *Lentinus edodes* stipe[J]. Food Research and Development, 2019, 40(7): 203-206. ]

[8] NAKNAEN P, ITTHISOPONKUL T, CHAROENTHAIKIJ P. Proximate compositions, nonvolatile taste components and antioxidant capacities of some dried edible mushrooms collected from Thailand[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2015, 9(3): 259-268.

[9] FENG T, WANG W X, ZHUANG H N, et al. In vitro digestible properties and quality characterization of nonsucrose gluten-free *Lentinus edodes* cooies[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2018, 42(2): 1-7.

[10] LEE Y Y, KIM A Y, MIN S G, et al. Characteristics of milk tablets supplemented with nanopowdered eggshell or oyster shell[J]. International Journal of Dairy Technology, 2016, 69(3): 337-345.

[11] 王伟华,向延菊,宋勇.红枣奶片的研制[J].食品研究与开发,2016,37(14):71-74,123. [ WANG W H, XIANG Y J, SONG Y. Preparation of *Jujube* milk tablets[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2016, 37(14): 71-74,123. ]

[12] 闫晗.短双歧杆菌微胶囊奶片的制备及其性质评价[D].哈尔滨:黑龙江大学,2021. [ YAN H. Preparation of *Bifidobacterium brevis* microcapsule milk tablet and evaluation of their properties[D]. Harbin: Heilongjiang University, 2021. ]

[13] 马强.益生菌奶片的研究[D].西安:陕西科技大学,2012. [ MA Q. The study on probiotic milk tablets[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science & Technology, 2012. ]

[14] 张久亚.戊聚糖奶片的研制及其品质分析[D].合肥:安徽



- 农业大学, 2018. [ZHANG J Y. Preparation and quality analysis of pentosan milk tablets[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2018.]
- [15] 张学全, 刘玉青, 刘爱国. 富含肌原纤维蛋白奶片的配方研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(16): 129-134, 143. [ZHANG X Q, LIU Y Q, LIU A G. Study on formulation of milk tablets rich in myofibrillar protein[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2021, 42(16): 129-134, 143.]
- [16] 张杨, 谢惠波. 野生猕猴桃奶片生产工艺研究[J]. 食品科学技术学报, 2017, 35(6): 62-66. [ZHANG Y, XIE H B. Study on wild kiwi fruit milk tablets production technology[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 35(6): 62-66.]
- [17] 朱丰. 石花菜酸奶片的研制及其货架期的研究[D]. 福州: 福州大学, 2017. [ZHU F. Study on the preparation and shelf-life of *Gelidium amansii* yogurt tablets[D]. Fuzhou: Fuzhou University, 2017.]
- [18] 郑俊俊, 王晶晶, 李少华, 等. 西兰花冻干粉制备富含维生素 C 的奶片[C]//北京: 中国食品科学技术学会第十四届年会暨第九届中美食品业高层论坛论文集[A]. 2017: 223-224. [ZHENG J J, WANG J J, LI S H, et al. Preparation of vitamin C-rich milk tablets by *Broccoli* freeze-dried powder[C]//Beijing: Abstracts of Food Summit in China & 14th Annual Meeting of CIFST[A]. 2017: 223-224.]
- [19] 方立辉, 程来, 谢三都. 紫淮山药板栗酸奶的研制[J]. 食品工业, 2021, 42(3): 49-52. [FANG L H, CHENG L, XIE S D. Development of purple yam and chestnut yoghurt[J]. The Food Industry, 2021, 42(3): 49-52.]
- [20] 李书启, 石青浩, 韩希凤, 等. 柿叶黄酮口服片制备工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(15): 73-78. [LI S Q, SHI Q H, HAN X F, et al. Preparation technology for persimmon leaf flavone oral tablets[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2021, 42(15): 73-78.]
- [21] 赵建英, 白建. 响应面法优化蒲公英柚子酸奶工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(18): 123-129. [ZHAO J Y, BAI J. Optimization of dandelion grapefruit yogurt formulation by response surface methodology[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2021, 42(18): 123-129.]
- [22] HAN X P, ZHANG S, CHAI Z D, et al. *In vitro* and *in vivo* evaluation of the taste-masking efficiency of Amberlite IRP88 as drug carries in chewable tablets[J]. Journal of Drug Delivery Science and Technology, 2019, 49: 547-555.
- [23] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 年版. 四部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 通则(0101)1-3. [National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: 2020 Edition. Part Four[M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020: General Rules (0101) 1-3.]
- [24] RAHMAN Z, ZIDAN A S, KORANG-YEBOAH M, et al. Effects of excipients and curing process on the abuse deterrent properties of directly compressed tablets[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2017, 517(1-2): 303-311.
- [25] 刘俭, 蔡永国, 周汤琳, 等. 沙棘粉咀嚼片的配方优化及其品质分析[J/OL]. 食品工业科技: 1-11 [2021-10-23]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021050200>. [LIU J, CAI Y G, ZHOU T L, et al. Formulation optimization and quality analysis of seabuckthorn tablet candy[J/OL]. Science and Technology of Food Industry: 1-11[2021-10-23]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021050200>.]
- [26] 周浩宇, 俞明君, 聂远洋, 等. 热加工方式对香菇营养特性和抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(15): 106-114. [ZHOU H Y, YU M J, NIE Y Y, et al. Effects of heat processing methods on nutritional properties and antioxidant activity of *Lentinus edodes*[J]. Food Science, 2021, 42(15): 106-114.]
- [27] 周扬, 龙成, 许子杨, 等. 石斛粉葛咀嚼片的制备及其抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 163-169. [ZHOU Y, LONG C, XU Z Y, et al. Preparation and antioxidant activity of a kind of chewable tablets with *Dendrobium officinale* and *Pueraria thomsonii*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(8): 163-169.]
- [28] 宋健刚, 王晓林, 钟方丽, 等. 黑果腺肋花楸果总黄酮颗粒剂成型工艺研究[J]. 食品工业, 2018, 39(10): 87-91. [SONG J G, WANG X L, ZHONG FL, et al. Study on forming technology of total flavonoids granules from aronia melanocarpa[J]. The Food Industry, 2018, 39(10): 87-91.]
- [29] 罗海澜, 豆康宁, 张群芝, 等. 香菇粉对面团特性和酥性饼干品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(13): 5380-5387. [LUO H L, DOU K N, ZHANG Q Z, et al. Effect of *Lentinula edodes* powder on the dough properties and quality of crisp biscuits[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2021, 12(13): 5380-5387.]
- [30] 李艳芳. 香菇风味香肠加工工艺研究[J]. 肉类工业, 2021(6): 1-7. [LI Y F. Study on processing technology of sausage with mushroom flavor[J]. Meat Industry, 2021(6): 1-7.]
- [31] 杜月红, 刘晓伟. 香蕉皮香菇复配饼干研制与品质分析[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(6): 92-95. [DU Y H, LIU X W. Development and quality analysis of compound biscuit with banana peel and mushroom[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(6): 92-95.]
- [32] 毕云枫, 徐琳琳, 姜珊, 等. 低聚糖在功能性食品中的应用及研究进展[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(1): 5-8. [BI Y F, XU L L, JIANG S, et al. Application and research progress of oligosaccharides in functional food[J]. Cereals & Oils, 2017, 30(1): 5-8.]
- [33] SHU G W, TIAN M Q, CHEN L, et al. Probiotic goat milk tablets: Formulation optimization and stability evaluation[J]. LWT-Food Science and Technology, 2020(119): 1-9.
- [34] XU X X, BAO Y J, WU B B, et al. Chemical analysis and flavor properties of blended orange, carrot, apple and Chinese jujube juice fermented by selenium-enriched probiotics[J]. Food Chemistry, 2019, 289: 250-258.
- [35] ZHAO B B, DENG J W, LI M Y, et al. Preparation and quality evaluation of potato steamed bread with wheat gluten[J]. Food Science & Nutrition, 2020, 8(8): 3989-3998.