

邓功成,赵 洪,高礼安,等. 灰树花风味酸奶的研制[J]. 江苏农业科学,2014,42(10):257-260.

灰树花风味酸奶的研制

邓功成,赵 洪,高礼安,李永波,马 媛,黎娇凌,李 静

(黔南民族师范学院生命科学系,贵州都匀 558000)

摘要:以鲜牛奶和灰树花菌丝体发酵菌液为原料,用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌为发酵剂,采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计进行乳酸菌发酵试验,结果表明,鲜牛乳与灰树花菌丝体发酵液配比为 75:25、蔗糖 8%、发酵液接种量 4%,在 42 ℃ 条件下发酵 4 h,获得的凝固型灰树花酸奶品质优良,具有菇味清香、酸甜适口、凝乳均匀、色泽淡黄等特点,产品符合国家相关标准;该酸奶生产工艺简单,方法可靠。

关键词:灰树花;发酵;酸奶;风味;配方;工艺

中图分类号: TS252.54 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)10-0257-03

灰树花(*Polyporus frondosus*)又叫贝叶多孔菌、莲花菌、舞茸,是一种珍稀名贵的药食两用大型真菌,隶属真菌门担子菌亚门层菌纲非褶菌目多孔菌科多孔菌属(*Polyporus*)^[1]。自 20 世纪 80 年代以来,人们逐步认识到灰树花的食用和药用价值。药理试验表明,灰树花有提高机体产生干扰素抑制病毒生长,抑制感冒病毒、单纯疱疹病毒和各类肝炎病毒的复制和繁殖,有抗高血压、降血糖和血脂、抑制肿瘤的作用^[2-3]。灰树花多糖 PGF-1 体外对 ·OH 有较强的抑制作用,对 CCl_4 引起的急性肝损伤有一定的保护作用^[4-5]。灰树花多糖是一种理想的生物反应调节剂,可以促进产生更多的 T 淋巴细胞,促进 B 细胞有丝分裂,提高 NK 细胞活性,增加巨噬细胞的 C3 补体释放量,从而显著提高机体免疫功能^[6]。张彦等研究表明,灰树花深层发酵菌丝体与其子实体的营养组成相近,可用灰树花深层发酵菌丝体作为营养原料开发利用^[7]。酸奶是以牛奶为主要原料,加入甜味剂经乳酸菌发酵而成,香气宜人,含有大量被誉为“生命菌”的乳酸菌及代谢产物,可以改善人体微生态平衡、优化肠道菌群、调整肠道功能、提高人体免疫力、促进人体对矿物质的吸收等,是一种集营养与保健为一体的功能性食品^[8]。随着生活水平的不断提高,人们对凝固型酸奶^[9]提出了更高的要求,风味型酸奶、混合型酸奶^[10-11]受到人们的青睐,市场前景看好。本研究利用液体发酵方法生产灰树花菌丝体及其代谢产物,运用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计,进行灰树花风味酸奶的研制开发,以充分发挥灰树花和酸奶的食用、保健功能,为工业化生产提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌种 灰树花一级菌种、保加利亚乳酸杆菌

收稿日期:2014-02-19

基金项目:贵州省教育厅项目(编号:黔教高发[2012]426号);贵州省教育厅自然科学重点项目(编号:黔教合 KY[2012]067号);黔南民族师范学院微生物学重点学科(编号:2011.6);黔南民族师范学院教学质量工程(编号:院教发[2011]5号)。

作者简介:邓功成(1955—),男,重庆大足人,硕士,教授,从事微生物学与植物保护教学研究。E-mail:denggc@yeah.net。

(*Lactobacillus bavaricus*)和嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*),均由黔南民族师范学院微生物实验室提供。

1.1.2 供试原料 都匀市文峰奶牛场鲜牛奶、蔗糖、玉米粉、菜籽饼粉、酵母膏等,市购。

1.1.3 灰树花菌丝体发酵培养基 液体种子培养基:PDA培养基去琼脂,加入 0.2% 酵母膏;发酵培养基^[12]:玉米粉 4%、豆饼粉 0.2%,pH 值为 7。

1.1.4 食品安全快速检测卡 蛋白质检测管、三聚氰胺检测卡、黄曲霉 B₁ 检测卡、金色葡萄球菌检测卡、大肠杆菌检测卡、沙门氏菌检测卡、蜡样芽孢杆菌检测卡、阪崎肠杆菌检测卡、副溶血弧菌检测卡,均为广州绿洲生化科技股份有限公司产品。

1.2 方法

1.2.1 发酵剂制备 将鲜牛奶分装于 20 mm×200 mm 试管和 250 mL 三角瓶中,试管 10 mL/支、三角瓶 250 mL/瓶;115 ℃、0.05 MPa 灭菌 15 min,冷却后,在无菌条件下将保加利亚乳酸杆菌与嗜热链球菌分别接入鲜牛奶试管中,置于 42 ℃ 恒温条件培养 3~4 h,牛奶凝结得发酵剂一级种;将保加利亚乳酸杆菌与嗜热链球菌一级种按体积比 1:1 接入装有灭菌鲜牛奶的三角瓶中,充分混匀,置于 42 ℃ 恒温箱培养 3 h 至牛奶凝结,得活菌数 $>10^6$ 个/mL 的发酵剂,4 ℃ 冰箱冷藏备用。

1.2.2 灰树花菌丝体发酵菌液制备

1.2.2.1 灰树花菌丝体液体发酵种子制备 用 250 mL 三角瓶作为发酵容器,每瓶装液体种子培养基 100 mL,常规灭菌后,无菌条件下接入活化的灰树花菌种 2~3 块,每块大约 0.5 cm²,置于 150 r/min、25 ℃ 的恒温振荡器上培养 5 d,即获得液体菌种。

1.2.2.2 灰树花菌丝体发酵液制备 用 500 mL 三角瓶作为发酵容器,每瓶装发酵培养基 200 mL,常规高压蒸汽灭菌冷却后,接入液体菌种,置于 25 ℃ 恒温摇床发酵 6 d,得灰树花菌丝发酵液;将发酵液用打浆机充分匀浆,煮沸 1 min 灭活,则为灰树花菌丝体发酵菌液,4 ℃ 冰箱冷藏备用。

1.2.3 灰树花酸乳发酵条件单因子试验

1.2.3.1 原料配比试验 将纯牛奶与灰树花菌丝体发酵匀浆液分别按 80:20、75:25、70:30、65:35、60:40 配比,每

处理加入 5% 发酵剂、8% 蔗糖充分混合,用 100 mL 厌氧瓶作发酵容器,每瓶装原料混合液 100 mL,重复 3 次;用胶塞封瓶口,置 42 ℃ 恒温箱中发酵 3 h,观察评价其感官指标,检测乳酸菌数量和酸度。

1.2.3.2 发酵时间试验 以纯牛奶与灰树花菌丝体发酵匀浆液最佳配比,加入 5% 发酵剂、8% 蔗糖充分混合,置 42 ℃ 恒温箱中分别发酵 2.0、2.5、3.0、3.5、4.0 h,观察评价其感官指标,检测乳酸菌数量和酸度。重复 3 次。

1.2.3.3 发酵剂加入量试验 以纯牛奶与灰树花菌丝体发酵匀浆液最佳配比,分别加入 3%、4%、5%、6%、7% 的发酵剂和 8% 蔗糖充分混合,置 42 ℃ 恒温箱中发酵 3 h,观察评价其感官指标,检测乳酸菌数量和酸度。重复 3 次。

1.2.3.4 加糖量试验 以纯牛奶与灰树花菌丝体发酵匀浆液最佳配比,加入 5% 发酵剂同时,分别加入 6%、7%、8%、9%、10% 蔗糖充分混合,置 42 ℃ 恒温箱中发酵 3 h,观察评价其感官指标,检测乳酸菌数量和酸度。重复 3 次。

1.2.4 灰树花酸奶发酵条件优化试验 采用 $L_9(3^4)$ 正交表^[13]对灰树花酸奶发酵条件进行优化组合(表 1),观察评价正交试验产品的感官指标,检测乳酸菌数量和酸度;对优化结果进行拟合试验,对产品检测理化指标和微生物学指标,并对照国家标准评价产品质量。

表 1 灰树花酸奶正交试验因子与水平设计

水平	因子			
	A:鲜奶:发酵菌液	B:发酵剂接种量(%)	C:蔗糖(%)	D:发酵时间(h)
1	80:20	4	7	2.5
2	75:25	5	8	3.0
3	70:30	6	9	4.0

1.2.5 灰树花酸奶品质检验及评价 参照 GB 19302 — 2010《发酵乳》^[14]进行评价。

1.2.5.1 灰树花酸奶感官质量检验及评价 在自然光下观察试样色泽和组织状态,打开样品盖闻其气味,用温开水漱口,品尝滋味,采用 100 分制加权平均法对产品的色泽(权重为 0.3)、滋味气味(权重为 0.4)、组织状态(权重为 0.3)进行综合评价。

1.2.5.2 灰树花酸奶理化指标检测及评价 按广州绿洲生化科技股份有限公司出品的测试说明检测试样蛋白质;采用广州绿洲生化科技股份有限公司出品的测试卡检测三聚氰胺;吉尔涅尔度(°T)法检测酸度,测定方法为:取 10 mL 酸牛乳,用 20 mL 蒸馏水稀释,加入 0.5% 酚酞指示剂 0.5 mL,以 0.1 mol/L NaOH 溶液滴定,所消耗 NaOH 体积(mL)乘以 10,即为酸奶样品的酸度数(°T)。

1.2.5.3 灰树花酸奶微生物学指标检测及评价 除乳酸菌采用平板计数法^[15]检测外,其他微生物指标使用广州绿洲生化科技股份有限公司出品的测试卡检测。

2 结果与分析

2.1 灰树花酸奶发酵单因子试验结果

由表 2 可见,鲜牛奶与灰树花发酵菌液配比在 75:25~70:30 时发酵的酸奶色泽、组织状态、气味和滋味等感官指标评分相对较高;发酵时间在 3.5~4.0 h,灰树花酸乳凝固最好,无分层现象,感官质量综合评分相对较高;发酵剂接种量为 4%~5% 时,灰树花酸乳发酵凝固最好,酸乳香味浓,味道好,无分层现象发生,感官质量评分相对最高;当加糖量为 7%~8% 时,适合于多数人的口味,灰树花酸乳感官质量综合评分相对较高。

表 2 灰树花酸奶发酵条件单因子试验结果及质量评价

因素	处理	感官指标				乳酸菌 (CFU/mL)	酸度 (°T)	质量 综合评价
		色泽	组织状态	气味滋味	综合评分			
鲜牛奶:灰树花菌液	80:20	93.67±1.53	94.33±1.53	83.67±1.53	89.87	1.2×10 ⁶	80	良
	75:25	97.67±0.58	95.33±2.08	91.33±1.53	94.43	6.3×10 ⁶	80	优
	70:30	94.00±1.00	91.67±1.53	90.00±1.00	91.70	5.6×10 ⁶	79	优
	65:35	83.67±1.53	81.67±1.53	80.33±1.53	81.73	2.5×10 ⁵	76	差
	60:40	77.67±2.52	72.67±3.06	76.33±1.53	75.63	2.4×10 ⁴	64	差
发酵时间	2.0 h	92.00±1.00	63.33±2.08	66.00±2.65	73.00	3.2×10 ⁴	53	差
	2.5 h	92.00±1.73	71.70±1.53	76.67±2.08	79.78	4.1×10 ⁴	67	差
	3.0 h	92.70±2.08	88.00±2.00	88.67±1.53	89.68	6.6×10 ⁶	70	良
	3.5 h	94.00±2.00	93.33±1.53	92.33±2.52	93.13	6.7×10 ⁶	78	优
	4.0 h	91.70±3.79	88.33±2.52	90.67±2.08	90.28	7.4×10 ⁶	82	优
接种量	3%	93.33±2.08	85.33±4.04	84.00±3.00	87.20	1.2×10 ⁵	68	差
	4%	92.33±1.34	87.33±4.51	92.00±2.00	90.70	6.3×10 ⁶	78	优
	5%	95.33±1.53	88.67±4.04	92.67±3.79	92.27	8.6×10 ⁶	71	优
	6%	92.33±2.31	85.67±4.62	83.67±2.52	86.87	6.5×10 ⁶	76	良
	7%	90.00±3.61	83.00±2.00	84.33±2.52	85.63	8.4×10 ⁶	78	良
加糖量	6%	91.67±2.08	85.00±4.00	84.67±2.08	86.87	5.1×10 ⁶	75	良
	7%	93.00±2.65	92.33±1.53	91.00±2.00	92.00	6.4×10 ⁶	76	优
	8%	94.00±2.65	93.33±1.53	91.67±2.08	92.87	5.9×10 ⁶	77	优
	9%	91.33±1.53	91.33±2.08	85.33±1.53	88.93	5.3×10 ⁶	76	良
	10%	89.00±4.00	89.00±2.65	85.33±3.21	87.53	5.6×10 ⁶	76	良

注:感官指标综合评分 90 分以上、乳酸菌和酸度指标符合 GB 19302 — 2010《发酵乳》质量标准,综合评价为优;感官指标综合评分 80~90 分、乳酸菌和酸度指标符合质量标准,综合评价为良;感官指标综合评分 80 分以下、乳酸菌或酸度指标不符合质量标准,综合评价为差。下同。

2.2 灰树花酸乳发酵正交试验结果

由表 3 可见,灰树花酸乳发酵条件最佳组合为 A₂B₁C₂D₃,即鲜牛奶与灰树花菌丝体发酵液配比为 72∶25、接种量为 4%、加糖量为 8%,42℃条件下发酵时间 4 h;影响

灰树花酸乳品质的发酵条件大小依次为 D>A>C>B,发酵时间是影响灰树花酸奶的主导因子。对发酵条件优化结果进行拟合试验,结果(表 4)表明,产品感官指标、理化指标和微生物学指标检测结果均符合国家风味酸奶标准。

表 3 灰树花酸乳发酵条件 L₉(3⁴) 试验结果及品质评价

处理	A	B	C	D	酸奶感官				乳酸菌 (CFU/mL)	酸度 (°T)	质量综 合评价
					色泽	组织状态	气味滋味	综合评分			
1	1	1	1	1	92.00	82.00	85.00	86.33	5.2×10 ⁶	72.50	良
2	1	2	2	2	89.00	87.00	80.00	85.33	4.3×10 ⁵	67.00	差
3	1	3	3	3	90.00	90.00	88.00	89.33	3.6×10 ⁵	65.00	差
4	2	1	2	3	93.00	90.00	90.00	90.67	6.5×10 ⁷	81.00	优
5	2	2	3	1	91.00	84.00	90.00	88.33	1.4×10 ⁴	75.00	良
6	2	3	1	2	87.00	87.00	83.00	85.67	2.2×10 ⁴	77.00	良
7	3	1	3	2	89.00	80.00	85.00	84.67	8.1×10 ⁵	64.00	差
8	3	2	1	3	90.00	83.00	85.00	86.00	2.6×10 ⁵	62.00	差
9	3	3	2	1	85.00	84.00	86.00	85.00	1.7×10 ⁵	68.00	差
K ₁	260.99	261.67	258.00	259.66							
K ₂	264.67	259.66	261.00	255.67							
K ₃	255.67	260.00	262.33	266.00							
k ₁	87.00	87.22	86.00	86.55							
k ₂	88.22	86.55	86.33	85.22							
k ₃	85.22	86.67	87.44	88.67							
R	3.00	0.67	1.44	3.45							

表 4 灰树花酸乳拟合试验产品的感官、理化、微生物学指标检测结果及质量评价

检测指标	检测项目	国家标准	检测结果	结论
感官指标	色泽;滋味、气味;组织状态	色泽均匀一致的乳白色;具有灰树花特有的滋味 气味;组织细腻、均匀,允许有少量乳清析出	符合国家标准	合格
理化指标	蛋白质(%)	≥2.3	2.9	合格
	黄曲霉 B ₁	阴性	阴性	合格
	三聚氰胺	阴性	阴性	合格
	酸度[吉尔涅尔度(°T)]	≥70	70.28	合格
微生物学指标	乳酸菌(CFU/mL)	≥1×10 ⁶	2.67×10 ⁷	合格
	酵母菌(CFU/mL)	≤100	30	合格
	霉菌(CFU/mL)	≤30	无	合格
	大肠菌群(MPN/100 mL)	≤90	未检出	合格
	金色葡萄球菌	不得检出	未检出	合格
	沙门氏菌	不得检出	未检出	合格
	蜡样芽孢杆菌	不得检出	未检出	合格
	阪崎肠杆菌	不得检出	未检出	合格
	副溶血弧菌	不得检出	未检出	合格

3 结论

以鲜牛奶和灰树花菌丝体发酵菌液为原料,鲜牛奶与灰树花菌丝体发酵菌液比例为 75∶25,用 1∶1 的保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌为发酵剂,接种量 4%,调味剂蔗糖加入量为 8%,在 42℃条件发酵 4 h,研制的灰树花发酵酸奶具有菇味清香、酸甜适口、凝乳均匀、色泽淡黄的特点,产品符合国家相关标准。

参考文献:

[1] 邵力平,沈瑞祥,张素轩,等. 真菌分类学[M]. 北京:中国林业出版社,1984.
[2] 杨海,耿传信,周学锋. 灰树花活性多糖药理研究综述[J]. 中

国执业药师,2012,9(3):30-33.
[3] Hishida I, Nanba H, Kuroda H. Antitumor activity exhibited by orally administered extract from fruit body of *Grifola frondosa* (Maitake) [J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1988, 36(5): 1819-1827.
[4] 李小定,荣建华,吴谋成. 灰树花多糖 PGF-1 体外对羟基自由基的抑制作用[J]. 食品科学,2003,24(7):126-130.
[5] 王玉卓,谢珊珊,孙涛,等. 灰树花多糖对四氯化碳肝 L-02 细胞损伤的保护作用[J]. 山东大学学报:医学版,2010,48(8):32-37,41.
[6] 周伟,溪清丽,石根勇. 灰树花多糖对糖尿病小鼠的降血糖作用[J]. 江苏预防医学,2009,20(4):17-20.
[7] 张彦,郭倩. 灰树花菌丝体与子实体的营养成分分析[J]. 食品科学,2002,23(1):137-139.

尹礼国,邓世琼,游 玲,等. 酿酒葡萄皮渣花色苷的提取工艺[J]. 江苏农业科学,2014,42(10):260-262.

酿酒葡萄皮渣花色苷的提取工艺

尹礼国^{1,2,3}, 邓世琼², 游 玲³, 张 超^{1,2,3}, 王蒨波²

(1. 宜宾学院食品科学与工程研究所,四川宜宾 644007;2. 宜宾学院生命科学与食品工程学院,四川宜宾 644007;

3. 宜宾学院发酵资源与应用四川省高校重点实验室,四川宜宾 644007)

摘要:通过单因子试验与正交试验,对酿酒葡萄皮渣花色苷乙醇溶液提取工艺条件进行了研究,确定最优工艺条件为:料液比 1 g : 30 mL,提取溶剂的乙醇浓度和 pH 值分别为 60%、1.0,提取温度和时间分别为 80 ℃、80 min,花色苷提取率为 0.168 4%,产品得率为 2.57%,产品花色苷含量为 6.55%。产品呈紫褐色,易溶于 pH 值为 1.0 的 60% 乙醇溶液,溶于该溶液后呈紫红色,色泽鲜艳,可进一步分离纯化得到纯度更高的产品,开发为食品着色剂和抗氧化剂。

关键词:酿酒葡萄皮渣;花色苷;提取工艺;纯化

中图分类号: TS201.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)10-0260-03

花色苷由花色素和糖基以糖苷键结合而成,属于黄酮类化合物,在食品、水果、蔬菜中广泛存在,随着 pH 值的变化能呈现红、紫红、黄至蓝等不同颜色,可满足人们对食物色泽的多种需要^[1]。现代科学研究表明,花色苷能够较好地清除自由基,抑制低密度脂蛋白氧化,具有抗氧化、抗癌、抗动脉硬化、抗衰老、增强免疫力及心血管保护作用,可预防冠心病、高血脂、动脉粥样硬化、胃黏膜损伤、白内障等疾病^[2-7]。由于合成抗氧化剂常常对身体健康有害,消费者对来自天然产物的抗氧化剂的需求量日益增大^[8]。花色苷既具有良好的着色性能,又具有良好的抗氧化性与生理功能,在食品领域的应用具有很好的前景。据报道,我国 2007 年酿酒葡萄年产量超过 200 万 t,产酒约 66.5 万 t,其中约有 70% 的为红葡萄酒,酿酒葡萄出渣率约为 10%,其中 33% 为葡萄皮,约有 6.9 万 t/年葡萄皮被丢弃^[9]。葡萄皮含有丰富的花色苷,且种类丰富^[10-11],葡萄皮色素可广泛应用于果酱、酸性饮料、果酒中,具有营养价值高、安全无毒副作用等优点^[7],从中提取花色苷具有较好的开发前景。笔者采用单因子与正交试验开展了酿酒葡萄皮渣花色苷提取工艺研究,对进一步综合利用酿酒葡萄皮渣进行了讨论。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

收稿日期:2013-12-05

基金项目:四川省宜宾市科技重点项目(编号:200801007)。

作者简介:尹礼国(1979—),男,湖北黄石人,博士研究生,副教授,主要从事食品生物技术研究。E-mail:156948727@qq.com。

[8] 宗宪峰. 酸奶的营养价值与保健功能[J]. 中国食物与营养, 2008(9):60-61.

[9] 康怀彬,李道敏,陈树兴. 凝固型酸牛乳新品种的研究现状[J]. 河南科技大学学报:农学版,2003,23(1):67-70.

[10] 王克会,李 卫,程 倩. 我国风味型酸奶的研究现状及发展趋势[J]. 广东化工,2009,36(5):120-121,138.

[11] 宿丽娜,孙艺宁,郭 影,等. 混合型酸奶研究现状及发展趋势[J]. 科技信息,2010(1):510,486.

酿酒葡萄皮渣由河北昌黎凤凰酒庄提供;氢氧化钠、乙醇、盐酸、柠檬酸、柠檬酸钠均为分析纯。RE-52A 型旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂)、T6 新世纪紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)、pHS-3C 酸度计(上海理达仪器厂)、T-214 电子分析天平(北京赛多利斯科学仪器有限公司)、DHG-905 鼓风干燥箱(上海齐欣科学仪器有限公司)、SHB-B95 真空泵(河南郑州长城科工贸有限公司)、电热恒温水浴锅(北京光明医疗仪器厂)。

1.2 试验方法

1.2.1 花色苷含量的测定 花色苷含量的测定采用 pH 值示差法,其具体步骤为:参照文献[12],配制不同 pH 值的缓冲液;吸取适量体积花色苷溶液于 100 mL 烧杯中(吸取体积以稀释后 $D_{521\text{nm}}$ 在 0.2~0.8 为宜),用柠檬酸-柠檬酸钠缓冲液调 pH 值至 3.0,转移至 100 mL 容量瓶中,用 pH 值为 3.0 的缓冲液定容,得样品待测液;分别取 1 mL 待测液于 2 个 10 mL 比色管中,各加入 9 mL pH 值为 1.0、4.5 的缓冲液,40 ℃ 水浴 20 min,使其显色稳定,采用光程为 1 cm 的比色皿在 521、700 nm 下测定吸光度,根据下式计算提取液中花色苷含量:

花色苷含量(mg/L) = $[\Delta D \times M_w / (\varepsilon \times l)] \times N \times 1000 \times 100\%$ 。
式中: $\Delta D = (D_{521\text{nm}} - D_{700\text{nm}})_{\text{pH}=1.0} - (D_{521\text{nm}} - D_{700\text{nm}})_{\text{pH}=4.5}$; M_w 、 ε 分别为葡萄中常见花色苷锦葵色素-3-葡萄糖苷的相对分子质量和摩尔消光系数,其值均参照文献[13], $M_w = 493.2 \text{ g/mol}$, $\varepsilon = 28\,000 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{cm})$; l 为比色皿光程,其值为 1 cm; N 为样品稀释倍数。

1.2.2 葡萄皮渣花色苷提取率的计算 将葡萄皮渣在鼓风干燥箱中 60 ℃ 下干燥至足干,用粉碎机将其粉碎,并过 40 目

[12] 邓功成, 洪,高礼安,等. 灰树花菌丝体液体发酵条件优化[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):216-218.

[13] 李春喜,邵 云,姜丽娜. 生物统计学[M]. 4 版. 北京:科学出版社,2008.

[14] GB 19302—2010 食品安全国家标准 发酵乳[S]. 北京:中国标准出版社,2010.

[15] 范秀容,沈 萍. 微生物学实验[M]. 北京:人民教育出版社,1980.