

发酵牛肉干生产工艺技术的研究

李 疆, 杨艳彬, 周 红, 李开雄
(石河子大学 食品学院)

摘 要: 通过微生物发酵过程明显改善制品的质地、色泽和风味。实验通过对微生物发酵处理(不同时间、不同温度)后的牛肉干样品在烘干后的感官评定、pH 值、蛋白质水解、氨基酸、亚硝酸盐含量等指标进行研究。通过正交试验确定发酵牛肉干的最佳发酵生产工艺: 肉的预煮处理 10 min、发酵时间 3 天、发酵温度 30℃。

关键词: 微生物发酵; 加工工艺; 风味

Study on Processing Technology of Fermented Beef Jerky

LI Jiang, YANG Yanbin, ZHOU Hong, LI Kaixiong
(College of Food, Shihezi University, Xinjiang Shihezi 832000, China)

Abstract: Through microorganism fermentation process for improving the texture, color and flavor of the products distinctly, the microorganism fermentation processing (in the conditions of different time and temperature) of beef jerky samples which were dried was studied in sense evaluation, pH, hydrolyzed proteins, amino acids, nitrite content and other indexes. The optimal production process of fermented beef jerky is determined by Orthogonal Test, which is the blanching time is 10 min; fermentation time is 3 days; fermentation temperature is 30℃.

Key words: fermented beef jerky; processing; technology; flavor

中图分类号: TS251.5+2 文献标识码: B 文章编号: 1001-8123(2009)05-0032-07

0 引言

牛肉是中国人的第二大肉类食品, 仅次于猪肉, 牛肉蛋白质含量高, 而脂肪含量低, 所以味道鲜美, 受人喜爱, 享有“肉中骄子”的美称。牛肉干是我国的传统食品, 它味道鲜美、便于携带, 是餐桌上的一道佳肴, 也是旅游休闲时必备的食物, 长期以来其加工一直沿用传统的工艺, 产品口感坚韧、硬度大、色泽灰暗, 而且大多数是作坊式生产, 工艺落后, 出品率低、耗能高, 已经不适用于现代社会的需求。以微生物发酵为条件, 发酵肉制品已成为一个新兴产业, 我们利用微生物发酵

的方法, 借助微生物发酵过程中产生的代谢产物的综合作用, 使制品的质地、色泽、风味明显改善, 稳定性和安全性提高。

2 试验材料、仪器及试验设计

2.1 试验材料

2.1.1 牛肉

选用健康检验合格的地产市售精牛肉, 剔除骨、筋膜、脂肪后, 切块待用。

2.1.2 营养肉汤培养基

牛肉膏 20g、蛋白胨 20g、葡萄糖 10g、NaCl

收稿日期: 2009-03-23

作者简介: 李疆(1966-), 男, 高级实验师, 硕士, 主要从事农产品加工与贮藏的教学科研工作。

通讯作者: 李开雄, 男, 硕士, 教授。主要从事农产品加工与贮藏的教学科研工作。

30g、 Na_2NO_2 0.15g、pH 6.5, 115, 灭菌 20min。

2.1.3 微生物菌种及发酵液制备^[1]

(1) 将德氏乳杆菌、肉糖葡萄球菌纯菌检验后, 按比例 1 : 1, 接种量 5%, 接种在由按上述配方制备的肉汤培养液中, 30℃ 左右培养 2d 后, 即得发酵制备液, 供牛肉发酵试验使用。

(2) 将德氏乳杆菌、肉糖葡萄球菌纯菌检验后, 按比例 2 : 1, 接种量 5%, 接种在由按上述配方制备的肉汤培养液中, 30℃ 左右培养 2d 后, 即得发酵制备液, 供牛肉发酵试验使用。

(3) 将德氏乳杆菌、肉糖葡萄球菌纯菌检验后, 按比例 3 : 1, 接种量 5%, 接种在由按上述配方制备的肉汤培养液中, 30℃ 左右培养 2d 后, 即得发酵制备液, 供牛肉发酵试验使用。

(4) 将德氏乳杆菌、肉糖葡萄球菌纯菌检验后, 按比例 1 : 2, 接种量 5%, 接种在由按上述配方制备的肉汤培养液中, 30℃ 左右培养 2d 后, 即得发酵制备液, 供牛肉发酵试验使用。

(5) 将德氏乳杆菌、肉糖葡萄球菌纯菌检验后, 按比例 1 : 3, 接种量 5%, 接种在由按上述配方制备的肉汤培养液中, 30℃ 左右培养 2d 后, 即得发酵制备液, 供牛肉发酵试验使用。

2.1.4 辅料配方

精瘦牛肉 1kg, 食盐 18g, 酱油 40g, 姜 10g, 白糖 20g, 料酒 5g, 白胡椒 2g, 味精 1g, 花椒 8g, 辣椒 15g。

2.2 试剂

pH4.6 醋酸盐缓冲溶液、0.1mol/L 氢氧化钠溶液、硫酸铜、硫酸钾、浓硫酸、4% 硼酸、0.01mol/L 盐酸溶液、2% 茚三酮溶液、pH8.04 磷酸缓冲溶液等, 所用试剂均为国产分析试剂。

2.3 试验仪器

电磁炉 CR - 168 广东容声电器股份有限公司

燃气灶 JZ20YZ - 2000 北海超人燃气具实业有限公司

电子天平 BS2000S 北京赛多利斯天平有限公司

冰箱 BCD - 265F 合肥荣事达电冰箱有限公司

真空包装机 DZ - 400 / 2C 上海青浦食品包装机械厂

酸度计 PHS - 10B 上海精科雷磁

快速恒温数显水箱 : HH - 42 常州国华电器有限公司

紫外可见分光光度计 UVmini - 1240 上海电子光学技术研究所

高速冷冻离心机 : GL - 20G - 上海安亭科学仪器厂

液体移液枪 上海金花

高压灭菌锅 YXQ · SG41 · 280A 上海医用核子仪器厂

自动凯氏定氮仪 KDN - 04 型

2.4 发酵牛肉干的技术路线

2.4.1 发酵牛肉干工艺流程

发酵液

↓

原料肉验收 → 漂烫 → 装罐 → 发酵 → 出罐 → 配料 → 熟化 → 烘烤 → 冷却 → 包装 → 杀菌 → 检验 → 成品。

2.4.2 工艺操作要点

(1) 原料选择 :

选用健康检验合格的地产市售精牛肉, 剔除骨、筋膜、脂肪后, 切块待用。

(2) 预处理 :

剔除软骨、碎骨、筋、膜和淋巴等组织, 然后分割成 500g 左右的小块, 立即浸入准备好的凉水中, 以浸出肉中的残余血液, 视水的情况可适当换水, 大约浸 1h 即可, 然后沥干, 称重备用。

(3) 漂烫 (预煮) :

将食盐放入加层锅中, 加入水进行煮制, 加水以盖过肉为准。大约煮 5 — 15min。注意, 预煮过程中, 应随时撇去汤中的血沫、油花等杂质并视水多少适当补充水, 随时翻动肉块以保证受热均匀, 但预煮时间不可过长。

(4) 切块 :

预煮后, 将肉置于筛子或带孔塑料盆中冷却, 待不烫手后进行切割。要求切成 3.5cm × 2.5cm × 0.5cm 的薄片^[2], 片形应整齐、厚薄均匀, 肉片长度方向应顺着牛肉纤维的方向。

(5) 发酵 :

将肉片放入装有发酵液的小罐中, 然后在恒温箱进行发酵。

(6) 复煮 :

加入配料以及发酵肉片, 煮制。煮沸后宜用小火, 并不断搅拌肉块, 但不可太剧烈, 以免破坏肉块结构。出锅时最好肉汤基本耗尽。

(7) 烘烤 :

复煮结束后, 将肉片均匀摊在烘筛上, 冷却。事先将烘房温度调好, 待肉片晾干后立即送入烘房进行烘烤。烘烤条件为 : 55 ~ 60℃, 3 ~ 4h, 其

间应定时调动烘筛位置,以保证烘烤均匀。待肉干干燥后应立即取出,置于干净卫生的冷却间晾凉后即成为成品。

(8) 包装、成品:

待肉片冷却后用塑料袋进行真空包装,经杀菌检验合格后即为成品。

3 试验方法

3.1 单因素试验

单因素试验分两部分,第一部分是在德氏乳杆菌与肉糖葡萄球菌的混合发酵液中进行(德氏乳杆菌:肉糖葡萄球菌=1:1),在不同的肉的预处理时间、发酵温度和发酵时间的条件下,初步确定发酵条件;第二部分根据初步确定的发酵条件:肉的预煮时间、发酵温度和发酵时间在德氏乳杆菌与肉糖葡萄球菌配比为2:1、3:1、1:2、1:3的发酵液进行发酵剂的配比试验。

(1) 原料漂烫(预煮)处理

鲜肉直接发酵组、鲜肉漂烫5min、鲜肉漂烫10min、鲜肉漂烫15min

(2) 发酵时间

发酵1天、发酵2天、发酵3天、发酵4天

(3) 发酵温度

20℃发酵、25℃发酵、30℃发酵、35℃发酵

(4) 发酵剂配比试验

根据初步确定发酵条件:肉漂烫(预煮)处理、发酵温度、发酵时间,在德氏乳杆菌、肉糖葡萄球菌配比为2:1、3:1、1:2、1:3的发酵液进行发酵剂的配比试验。

(5) 正交试验

正交试验是在单因素实验的基础上,进一步优化发酵牛肉干的发酵条件,根据单因素试验结果,进行三因素三水平正交试验。

3.2 产品品质测定

3.2.1 感官评定测定

发酵牛肉干的感官质量由感官评定小组进行评定,评定小组由10位有关的专业人士组成,先明确感官评定的指标和注意事项,感官评分为百分制。

发酵牛肉干的产品考核指标主要是通过感官评定进行打分,打分标准如表1。

表1 发酵牛肉干感官评定表

项目	评分标准	分值
风味(60)	1、肉香味浓,有独特的酱香味	60分
	2、肉香味淡,有独特的酱香味	40分
	3、肉香味淡,有酒味酸味	20分
口感(20)	1、咀嚼松软,不粘牙	20分
	2、不易咀嚼,不粘牙	15分
	3、不易咀嚼,轻微粘牙	10分
	4、难咀嚼,粘牙	5分
组织状态(10)	1、肌肉纤维部分断裂,组织松散,成形	10分
	2、肌肉纤维完整,组织致密,成形	6分
	3、肌肉纤维完全断裂,组织松散,不成形	2分
颜色(10)	1、酱红色,均匀一致	10分
	2、黄褐色,色泽均匀	6分
	3、黑褐色,色泽不均匀	2分

3.2.2 发酵牛肉干理化指标的测定

(1) 发酵牛肉干酸度的测定^[3]

准确称取1.00g发酵牛肉干,加入10mL蒸馏水,用研钵研磨成匀浆状,过滤后,用酸度计准确测量滤液的pH值。做两次平行实验。

(2) 总蛋白质含量的测定^[4]

采用凯氏定氮法。

(3) 发酵牛肉干pH4.6可溶性氮(WSN)的测定

准确称取0.75g牛肉干,加入25mL pH值为4.6的醋酸盐缓冲液,研钵中25mL的缓冲液充分冲洗,悬浮液以4000r/min离心20min,取上清液定量地移进行凯氏微量定氮,并以占发酵牛肉干总氮量的百分数表示。

(4) 游离氨基酸总量的测定^[5]

采用茚三酮比色法测定。

试剂配制

2%茚三酮溶液:称取茚三酮1g于盛有35mL热水的烧杯中使其溶解,加入40mg氯化亚锡,搅拌过滤,滤液冷暗处过夜,加水至50mL,摇匀备用。

氨基酸标准溶液:准确称取干燥的异亮氨酸0.2000g于烧杯中,先用少量水溶解后,定量转入100mL容量瓶中,用水稀释至标线后,摇匀。然后准确吸取10mL于100mL容量瓶中,加水至刻度,摇匀备用。此为200μg/mL氨基酸标准溶液。

标准曲线的绘制

准确吸取200μg/mL的氨基酸标准溶液0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0mL(相当于0、100、200、300、400、500、600μg氨基酸),分别置于25mL比色管中,各加水补充至容积为4.0mL,然后加入茚三酮和磷酸缓冲液各1mL,混合均匀,于水浴上

加热 15 分钟，取出迅速冷却至室温，加水至标线，摇匀，静置 15 分钟后，在 570nm 波长下，以试剂空白为参比溶液测定其余各溶液的吸光度。以氨基酸的微克数为横坐标，吸光度为纵坐标，绘制标准曲线。

发酵牛肉干游离氨基酸含量测定

准确称取粉碎干酪样品 5 g，置于烧杯中，加入 50mL 蒸馏水和 5g 左右的活性炭，加热煮沸，过滤，用 30 - 40 mL 热水洗涤活性炭，收集滤液于 100mL 容量瓶中，加水至标线，摇匀备测。

吸取澄清的样品溶液 2 mL，按标准曲线制作步骤，在相同条件下测定吸光度值，用测定的吸光度值在标准曲线上即可查出对应的氨基酸微克数。氨基酸含量用如下公式计算：

$$\text{氨基酸含量 (mg/100)} = \frac{c}{m \times 1000} \times 100g$$

式中 c: 从标准曲线上查得的氨基酸的 ug 数；

m: 测定的样品溶液相当于样品的质量 g。

(5) 氨基酸标准

通过氨基酸试验可以得出氨基酸标准曲线图，氨基酸的浓度 200 μg/mL，氨基酸标准曲线如图 1。

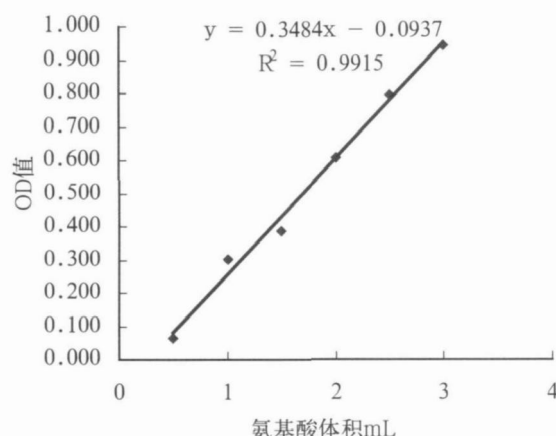


图 1 氨基酸标准曲线

Fig.1 The standard curve of amino acid

式中：y 表示吸光度

x 表示氨基酸的体积

R² 决定系数

4 结果与分析

4.1 单因素试验结果与分析

对德氏乳杆菌:肉糖葡萄球菌 = 1 : 1 的发酵剂进行实验，确定各因素的最佳值。

4.1.1 原料漂烫（预煮）处理的影响

表 2 原料漂烫（预煮）处理的影响

组号	肉的漂烫（预煮）处理（min）	发酵温度（℃）	发酵时间（d）	感官评定结果
1	0	25	3	0
2	5	25	3	82
3	10	25	3	94.9
4	15	25	3	72.2

原料漂烫（预煮）处理的影响单因素试验结果见表 3 - 2，第 1 组样品没有经过预煮处理这一步骤，在发酵过程中，由于杂菌污染造成原料肉的腐败变质，感官评定结果为 0 分。说明肉的预煮处理是工艺生产中的主要关键控制点。原料经漂烫预处理，可减少杂菌污染，增加安全性，同时原料漂烫可使肉蛋白变性有利于酶的降解作用。

原料漂烫（预煮）处理 10 min，发酵温度 25℃，发酵时间 3 d 的试验的感官评定结果是比较好的。

(1) 不同漂烫（预煮）时间对发酵牛肉干 pH 值的影响

将切块好的牛肉设置漂烫时间分别为 5 min、10 min、15 min，测定不同漂烫（预煮）时间对发酵牛肉干 pH 值的影响，结果见图 2。

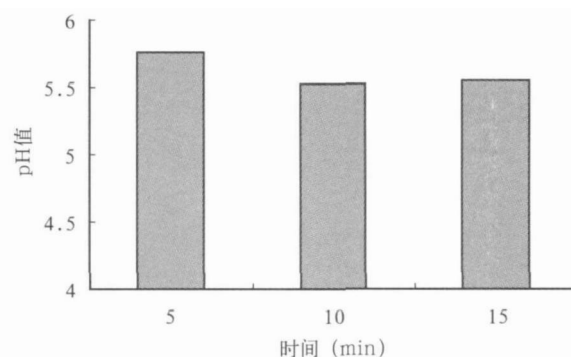


图 2 不同漂烫时间对 pH 值的影响

Fig.2 Influences of different heating time on pH of dried beef

由图 2 可知，漂烫（预煮）时间 5 min 对发酵牛肉干 pH 值最高，10 min、15 min 发酵牛肉干 pH 值没有明显差别。

(2) 不同漂烫（预煮）时间对发酵牛肉干蛋白质分解力的影响

不同漂烫（预煮）时间对发酵牛肉干蛋白质分解力的影响，结果见图 3。

pH 值 4.6 可溶性氮含量反映蛋白质的降解程度，pH 值 4.6 可溶性氮含量越高，说明蛋白质分解的越多。由图 3 可知，随着原料漂烫（预煮）时间的增加，发酵牛肉干的 pH 4.6 可溶性氮含量持续增加，说明原料漂烫（预煮）时间的增加可以提

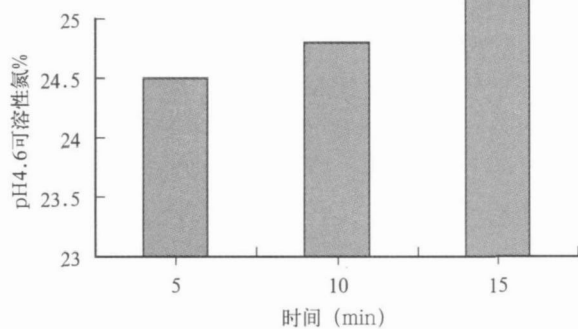


图3 不同漂烫时间对蛋白质分解力的影响

Fig.3 Influences of different of heating time on ability to hydrolyze protein

高蛋白质的分解率。

(3) 不同漂烫(预煮)时间对发酵牛肉干氨基酸含量(mg/100g)的影响

不同漂烫(预煮)时间对发酵牛肉干氨基酸含量(mg/100g)的影响,结果见图4。

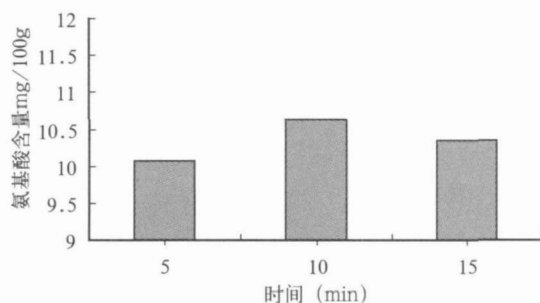


图4 不同漂烫时间对氨基酸含量的影响

Fig.4 Influences of different heating time on the amount of amino acid

由图4可知,漂烫10min处理,牛肉干的氨基酸含量最高,说明经过微生物的作用,蛋白分子降解为多肽,多肽降解为游离氨基酸,这对牛肉干的风味形成非常重要。

4.1.2 发酵温度的影响

表3 发酵温度的影响

组号	肉的漂烫(预煮)处理(min)	发酵温度(℃)	发酵时间(d)	感官评定结果
5	10	20	3	75.7
3	10	25	3	94.9
6	10	30	3	93.8
7	10	35	3	71

发酵温度的影响单因素试验结果见表3,发酵温度25、30的产品的感官评定结果相差不大,说明温度25、30在工艺生产中是都可以采用的发酵温度。

(1) 不同发酵温度对发酵牛肉干pH值的影响
设置发酵温度为20、25、30、35四个温度条件下,进行实验,观察不同发酵温度对发酵牛肉干pH值的影响,结果见图5。

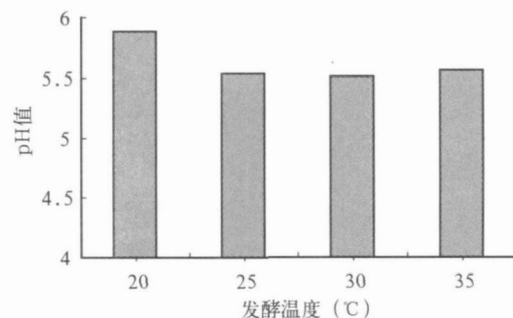


图5 不同发酵温度对pH值的影响

Fig. 5 Influences of different fermentation temperature on pH of dried beef

由图5可知,发酵温度20时pH值最高,25、30、35发酵牛肉干pH值的差别不显著。

(2) 不同发酵温度对发酵牛肉干蛋白质分解力的影响

在20、25、30、35四个温度条件下,发酵温度对发酵牛肉干蛋白质分解力的影响结果,见图6。

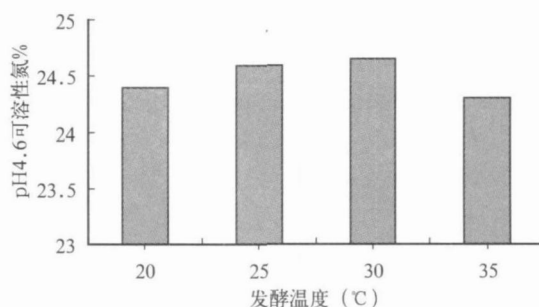


图6 不同发酵温度对蛋白质分解力的影响

Fig.6—6 Influences of different fermentation temperature on the ability to hydrolyze protein

由图6可知,发酵牛肉干发酵温度在25、30时的pH4.6可溶性氮含量,几乎一样,发酵温度在20、35pH4.6可溶性氮含量较低,说明发酵温度25、30的蛋白质的分解率差别不显著。

(3) 不同发酵温度对发酵牛肉干氨基酸含量(mg/100g)的影响

在20、25、30、35四个温度条件下,发酵温度对发酵牛肉干氨基酸含量(mg/100g)的影响,见图7。

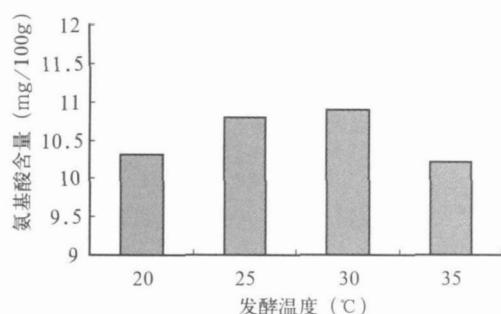


图7 不同发酵温度对氨基酸含量的影响
Fig.7 Influences of different fermentation temperature on the amount of amino acid

由图7可知,随着发酵温度的增加,发酵牛肉干氨基酸含量逐步增加,到发酵温度30℃时开始下降,发酵温度25℃、30℃氨基酸含量没有显著差别。

3.4.1.3 发酵时间的影响

表4 发酵时间的影响

组号	肉的漂烫(预煮)处理(min)	发酵温度(°C)	发酵时间(d)	感官评定结果
8	10	25	1	73.8
9	10	25	2	82.7
3	10	25	3	94.9
10	10	25	4	80.9

发酵时间的影响单因素试验结果见表4,从结果可以看出,发酵时间从1d到3d,产品的感官评定结果的分数是越来越高,在发酵时间到4d时,产品的品质下降,说明在发酵时间3天的产品品质是最好的。这可能由于发酵时间的延长,发酵分解产生更多的酒精及酸,给制品带来不良滋味,影响了产品的口感风味。

(1) 不同发酵时间对牛肉干pH值的影响

设置发酵时间分别为1d、2d、3d、4d四个条件下进行试验,观察发酵时间对牛肉干pH值的影响,结果见图8。

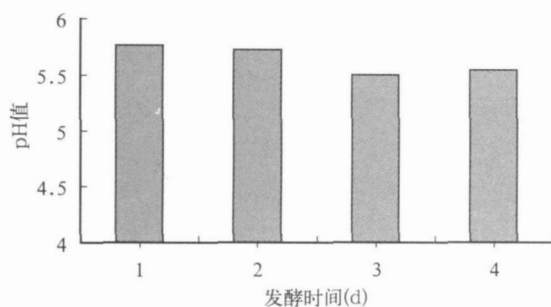


图8 不同发酵时间对pH值的影响
Fig.8 Influences of different fermentation time on pH of dried beef

由图3—8可知,随着发酵时间的延长,对牛肉干pH值的影响不显著。

(2) 不同发酵时间对牛肉干蛋白质分解力的影响

在发酵时间分别为1d、2d、3d、4d四个条件下,发酵时间对牛肉干蛋白质分解力的影响,结果见图9。

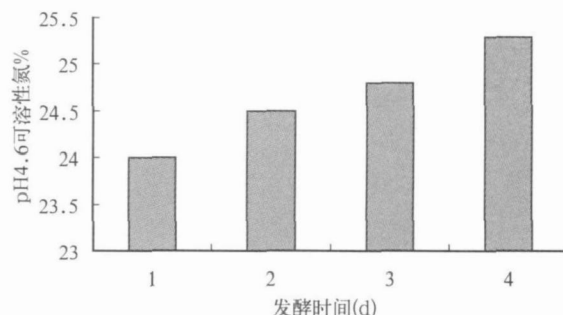


图9 不同发酵时间对蛋白质分解力的影响
Fig.9 Influences of different fermentation time on the ability to hydrolyze protein

由图3—9可知,随着发酵时间的增加,发酵牛肉干的pH4.6可溶性氮含量逐渐升高,说明发酵时间的增加可以提高蛋白质的分解率。

(3) 不同发酵时间对牛肉干氨基酸含量(mg/100g)的影响

在发酵时间分别为1d、2d、3d、4d四个条件下,发酵时间对牛肉干氨基酸含量(mg/100g)的影响,见图10。

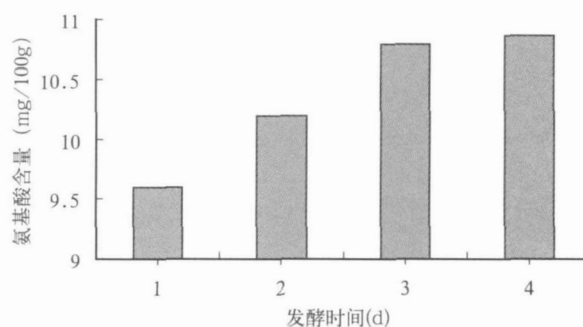


图10 不同发酵时间对氨基酸含量的影响
Fig.10 Influences of different fermentation time on the amount of amino acid

由图10可知,随着发酵天数的增加,牛肉干氨基酸含量逐步增多,发酵3d后氨基酸含量趋于平稳,说明发酵时间3d和4d对氨基酸含量的影响不显著。

根据感官评定和理化指标的测定,初步确定在德氏乳杆菌 肉糖葡萄球菌=1:1时,最佳发酵

条件为：肉预煮处理 10min、发酵温度 25℃、发酵时间 3d。

4.1.4 不同配比发酵剂的影响

根据德氏乳杆菌:肉糖葡萄球菌 = 1 : 1 时确定的发酵条件：肉预煮处理 10min、发酵温度 25℃、发酵时间 3d，在德氏乳杆菌、肉糖葡萄球菌配比 2 : 1、3 : 1、1 : 2、1 : 3 的发酵液进行发酵剂的配比试验，感官评定见表 5。

表 5 不同菌种比对产品感官质量的影响

德氏乳杆菌:肉糖葡萄球菌	2:1	3:1	1:2	1:3	1:1
得分	75.2	71.3	74.3	76.8	94.9

根据表 5 的试验结果可知，德氏乳杆菌 肉糖葡萄球菌 = 1 : 1 感官质量是最好的，表明德氏乳杆菌 肉糖葡萄球菌 = 1 : 1 是适合的配比，发酵效果最好。

4.2 单因素试验结论

(1) 第 1 组样品，由于肉没有经过预煮处理，肉感染上其它杂菌，造成肉腐败变质，说明肉的预煮处理是工艺生产中的主要关键控制点。

(2) 根据试验结果初步确定发酵条件为：肉预煮处理 10min、发酵温度 25℃、发酵时间 3d。

(3) 德氏乳杆菌:肉糖葡萄球菌 = 1 : 1 作为混合发酵剂是适合的配比。

5 正交试验结果分析

5.1 结果

根据单因素试验确定的发酵条件进行正交试验，具体设计见表 6，试验结果见表 7。

表 6 发酵牛肉干正交试验因素水平表

因素	A 肉的漂烫(预煮)	B 发酵温度	C 发酵时间
水平	处理 (min)	(℃)	(d)
1	5	20	2
2	10	25	3
3	15	30	4

(1) 通过感官评定正交试验表 7 可以得出：影响发酵牛肉干的单个因素的先后顺序为 $A_2 > C_2 > B_3$ ，也即肉的漂烫(预煮)处理 > 发酵时间 > 发酵温度。

表 7 发酵牛肉干正交试验表

组号	A 肉的漂烫(预煮)处理 (min)	B 发酵温度 (℃)	C 发酵时间 (d)	综合评分 指标
1	A ₁	B ₁	C ₁	76.3
2	A ₁	B ₂	C ₂	81.8
3	A ₁	B ₃	C ₃	78.1
4	A ₂	B ₁	C ₂	83.4
5	A ₂	B ₂	C ₃	82.3
6	A ₂	B ₃	C ₁	85
7	A ₃	B ₁	C ₃	70.25
8	A ₃	B ₂	C ₁	78.8
9	A ₃	B ₃	C ₂	80.7
总和				717.75
K ₁		78.73	76.65	80.03
K ₂		83.57	80.97	81.97
K ₃		76.58	81.27	76.88
R		6.98	4.62	5.08
主次顺序		A>C>B		

(2) 通过正交试验可以确定发酵牛肉干的最佳发酵条件：肉的漂烫(预煮)处理 10min、发酵时间 3 天、发酵温度 30℃。

5.2 结论

(1) 通过正交试验，影响发酵牛肉干因素的先后顺序为：肉的预处理 > 发酵时间 > 发酵温度。

(2) 发酵牛肉干的最佳发酵条件：肉的(漂烫)预煮处理 10min、发酵时间 3 天、发酵温度 30℃。

参考文献

- [1] 张兰威, 孙俊良等. 食品发酵[M]. 哈尔滨工程大学出版社, 1997, 10, 85~105.
- [2] 鲁晓翔. 新型牛肉干的制备[J]. 肉类研究[J]. 1997 (1):41.
- [3] 张水华. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005.2.79~86.
- [4] 张水华. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005.2.156~160.
- [5] 张水华. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005.2.174~176.