

# 苹果渣发酵饲料蛋白质含量的影响因素研究\*

贺克勇<sup>1</sup>, 薛泉宏<sup>2</sup>, 司美茹<sup>2</sup>, 来航线<sup>2</sup>, 岳田利<sup>3</sup>

(1 西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨凌 712100;

2 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

3 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100)

**[摘要]** 研究了接种微生物、加入无机氮素和混菌发酵对苹果渣发酵产物蛋白质含量和得率的影响。结果表明: 向苹果渣中接入微生物进行固态发酵, 可显著提高发酵产物的蛋白质含量。单菌 Y<sub>12</sub> (无 N 处理) 和单菌 Y<sub>6</sub> (加 N 处理) 发酵产物蛋白质含量较无菌对照分别提高 71.6% 和 143.9%; 加入无机氮素可显著提高发酵产物的蛋白质含量, 加 N 处理纯蛋白质含量较无氮对照提高 2.7% ~ 161.8%; 采用混菌发酵 (酵母菌与霉菌) 可显著提高发酵产物的蛋白质含量, 无 N 处理 Y<sub>12</sub>+UA8, Y<sub>8</sub>+UA8 和加 N 处理 Y<sub>12</sub>+UA8, Y<sub>2</sub>+UA8 的蛋白质含量, 较相应酵母菌单菌发酵分别提高 8.8%, 4.8% 和 67.4%, 28.9%; 加入无机氮可显著提高发酵产物的得率; 加入无机氮可使单菌 Y<sub>12</sub> 和 Y<sub>2</sub> 发酵产物得率分别提高 49.0% 和 22.3%, 使 Y<sub>12</sub>+UA8 和 Y<sub>2</sub>+UA8 处理的发酵产物得率分别提高 31.6% 和 22.4%。

**[关键词]** 苹果渣; 发酵饲料; 蛋白质含量; 产品得率

**[中图分类号]** S661.109.9; S816.60 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2004)04-0083-05

我国年产苹果约 2 000 万 t, 苹果加工每年排出苹果渣约 100 万 t。目前, 除少量果渣被用作饲料外, 绝大部分被遗弃。苹果渣含水量高 (70% ~ 82%) 且存在丰富的可溶性营养物质, 为微生物滋生提供了有利条件, 故苹果渣废弃时极易腐烂发臭, 严重污染环境且造成资源浪费。以苹果渣为原料, 利用微生物发酵生产蛋白饲料, 对解决我国蛋白饲料资源短缺、提高水果种植及加工效益、减少环境污染均有重要的意义。苹果渣的主要成分是不溶性碳水化合物 (纤维素、半纤维素、果胶等), 向苹果渣中添加适量无机氮, 经微生物发酵可将其转化为单细胞蛋白质, 使苹果渣的营养价值得到提高。近年来, 杨福有、祁周约等<sup>[1-2]</sup>对苹果渣的化学成分、喂养效果进行了初步研究, 籍保平、徐抗震等<sup>[3-6]</sup>对苹果渣发酵菌种选育、发酵培养基和发酵工艺进行了探讨, 但对混菌发酵及加入无机氮对苹果渣发酵产物纯蛋白质含量及发酵产品得率的研究较少。本研究重点分析了接种微生物、加入无机氮和混菌发酵对苹果渣发酵产物纯蛋白质含量和产品得率的影响, 旨在为苹果渣发

酵饲料的生产提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

菌种 UA8 和 UF2 为本课题组用黑曲霉和烟曲霉, 通过紫外线诱变选育出的纤维素酶高产突变株, Y<sub>2</sub> 为热带假丝酵母, Y<sub>6</sub>, Y<sub>8</sub> 及 Y<sub>9</sub> 为酒精酵母, Y<sub>12</sub>, Y<sub>13</sub>, Y<sub>17</sub> 及 Y<sub>19</sub> 为饲料酵母菌。这些菌种均由西北农林科技大学资源环境学院微生物教研室保存。

培养基 UA8 和 UF2 活化及孢子制备培养基为 PDA 固体培养基<sup>[7]</sup>; 酵母菌液体菌种培养基为 PDA 液体培养基<sup>[8]</sup>; 苹果渣固态发酵培养基为干苹果渣, 由乾县海升果业发展股份有限公司提供, 在自然条件下风干, 粉碎过 0.4 mm 筛 (40 目) 备用; 液体培养基为 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 10 g/L, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50 g/L 和自来水。

### 1.2 方法

1.2.1 UA8 和 UF2 孢子悬液的制备 将 28 培养好的 UA8 和 UF2 斜面菌种用无菌水制成菌悬

\* [收稿日期] 2003-03-26

[基金项目] 国家科技攻关项目“陕西特色果品深加工技术与开发”(2001BA901A 19)

[作者简介] 贺克勇 (1972-), 男, 陕西渭南人, 助理研究员, 在职硕士, 主要从事农业微生物研究。

[通信作者] 薛泉宏 (1957-), 男, 陕西白水人, 教授, 主要从事放线菌资源研究。E-mail: xueqhong2004@126.com

液,接入装有 50 mL PDA 固体培养基的三角瓶中,培养 3 d。向三角瓶中加入 100 mL 无菌水(其中含 0.5 g/L 吐温与数粒玻璃珠),摇动制成孢子悬液,UA 8 悬液的孢子浓度为  $4.5 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ 。

1.2.2 酵母菌液体菌种的制备 按无菌操作法向 100 mL 灭菌 PDA 液体培养基中接入少量酵母菌,28℃ 培养 3 d。 $Y_2$ 、 $Y_8$ 、 $Y_9$  和  $Y_{12}$  的细胞悬液浓度分别为  $4.0 \times 10^9$ 、 $1.38 \times 10^9$ 、 $2.3 \times 10^9$  和  $6.64 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$ 。

1.2.3 苹果渣发酵适用酵母菌和霉菌的筛选 设无 N 和加 N 两个处理。无 N 处理为 150 mL 小三角瓶中放 5 g 干苹果渣,按干料与水 1:2 的质量比加入 10 mL 水;加 N 处理为 150 mL 小三角瓶中放 5 g 干苹果渣,按干料与营养液 1:2 的质量比加入 10 mL 50 g/L  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  溶液,湿热灭菌后,接入 1 mL 活化酵母菌悬液或 UA 8、UF 2 孢子悬液,充分混匀,28℃ 条件下培养 3 d,80℃ 烘干备用。

1.2.4 发酵产物得率测定 将发酵产物在 80℃ 烘干,称重,按“产物得率=发酵产物干重/原料干重”计算发酵产物得率。

1.2.5 纯蛋白质测定 称取样品 0.500 0 g 于小三角瓶中,加蒸馏水 10 mL,在电炉上加热至微沸,维持 15 min;加饱和  $\text{CaCl}_2$  1 mL,100 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  2 mL,待出现白色絮凝物后,充分摇匀过滤,再用 10 mL 蒸馏水洗涤滤纸上的样品,直至洗出液无  $\text{NH}_4^+$  (用钠氏试剂检验)。将滤纸连同过滤物放入大试管中,100℃ 下烘干,加 13 mL 浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  和 3.0 g 的混合催化剂( $\text{K}_2\text{SO}_4$  :  $\text{CuSO}_4$  = 10:1(质量比)),120℃ 碳化 12 h,消煮,定容至 100 mL,吸取 25 mL 用凯氏半微量法定氮<sup>[8]</sup>,再乘以系数 6.25 换算为纯蛋白质。

1.2.6 粗蛋白全氮测定 称取样品 0.500 0 g 于小三角瓶中,常规凯氏法消煮,半微量法定氮<sup>[8]</sup>,再乘以系数 6.25 换算为纯蛋白质。

1.2.7 加入无机氮对发酵产物蛋白质的影响 设 5 个处理,每个处理称取 15 g 苹果渣干料装入罐头瓶中,依次分别加入 0.533、106.6、213.2 及 426.4 g/kg  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,再分别加入 40 mL 10 g/L 的  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  溶液,湿热灭菌并冷却,分别接入活化的酵母菌悬液  $Y_9$  5 mL,每个样品重复 2 次,28℃ 培养 4 d,80℃ 下烘干,按 1.2.5 方法测定发酵产物的纯蛋白质含量。

1.2.8 酵母菌固态发酵 向罐头瓶中装入 15 g 苹果渣干料,分别加入 40 mL 营养液(无 N 处理时加入的营养液浓度为 10 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;加 N 处理时加入的营养液浓度为 10 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  和 50 g/L  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ),120℃ 湿热灭菌 30 min,冷却后,单菌发酵接入 5 mL 酵母菌悬液(或霉菌孢子液),混菌发酵接入 2.5 mL 酵母菌悬液和 2.5 mL UA 8 孢子悬液,每处理重复 3 次,28℃ 培养 4 d,80℃ 下烘干,测定蛋白质含量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同供试菌株发酵产物的蛋白质含量

从表 1 可以看出,向苹果渣中接种酵母菌和供试霉菌能显著提高发酵产物的蛋白质含量。无 N 处理中,接菌处理的粗蛋白和纯蛋白含量分别为 50.0~65.0 g/kg 和 33.5~54.4 g/kg,较对照(未接菌)分别提高了 15.2%~49.8% 和 5.7%~71.6%。其中  $Y_{12}$ 、UA 8、 $Y_8$  和  $Y_6$  的粗蛋白增幅分别为 49.8%、45.4%、44.7% 和 40.3%, $Y_{12}$ 、 $Y_2$ 、 $Y_6$ 、 $Y_9$  的纯蛋白增幅分别为 71.6%、58.4%、46.4% 和 39.7%;加 N 处理中,接菌发酵产物中纯蛋白含量为 41.2~98.7 g/kg,较无菌对照提高了 17.4%~181.2%,其中 UA 8、 $Y_6$ 、 $Y_9$ 、 $Y_9$  和  $Y_2$  处理的纯蛋白增幅分别为 181.2%、143.9%、97.7%、79.6% 和 76.9%。UA 8 加 N 处理时发酵产物的纯蛋白质含量明显高于 UF 2。故 UA 8、 $Y_2$ 、 $Y_6$ 、 $Y_8$ 、 $Y_9$  及  $Y_{12}$  可用作苹果渣发酵饲料蛋白的生产菌种。

### 2.2 单菌及混菌处理发酵产物的纯蛋白质含量

2.2.1 单菌发酵 从表 2 可以看出,4 株酵母菌在加 N 和无 N 条件下,单菌发酵产物中蛋白质含量和蛋白质增率不同。无 N 处理中, $Y_{12}$ 、 $Y_8$  及  $Y_2$  的纯蛋白质含量较无菌对照分别增加 50.1%、44.0% 及 30.8%;加 N 处理中,UA 8、 $Y_2$  及  $Y_8$  的纯蛋白质含量较无菌对照分别提高了 118.9%、87.0% 及 80.6%,以上结果进一步说明,UA 8、 $Y_{12}$ 、 $Y_2$  及  $Y_8$  4 株菌可用作苹果渣发酵饲料的生产用菌。

2.2.2 混菌发酵 从表 2 还可以看出,酵母菌与霉菌 UA 8 混合发酵能大幅度提高发酵产物的蛋白质含量。在加 N 处理中,酵母菌单菌与混菌发酵蛋白质增率分别为 72.8%~118.9% 和 127.7%~193.0%,混菌较单菌发酵蛋白质含量增加 28.9%~67.4%;在无 N 处理中,混菌  $Y_{12}$ +UA 8 和  $Y_8$ +UA 8 的纯蛋白质含量较单菌分别提高了 118.9% 和 127.7%。

UA 8 处理的蛋白质含量分别为 60.9 和 56.3 g/kg, 较单菌 Y<sub>8</sub> 和 Y<sub>12</sub> 发酵产物的蛋白质含量分别提高 8.8% 和 4.8%, 较对照提高 63.3% 和 50.9%。在加 N 处理中, 混菌 Y<sub>12</sub>+ UA 8 和 Y<sub>2</sub>+ UA 8 处理的蛋白质含量分别为 117.5 和 102.5 g/kg, 较 Y<sub>12</sub> 和 Y<sub>2</sub> 单

菌发酵产物的蛋白质含量提高 67.4% 和 28.9%, 较无菌对照提高 193.0% 和 155.6%。由此可见, 混菌发酵是提高苹果渣发酵饲料蛋白质含量的一种有效途径。

表 1 供试菌发酵产物的蛋白质含量

Table 1 Protein content of fermentation product of strains

菌株 Strains	粗蛋白(A) Impure protein 无N 处理 No nitrogen		纯蛋白(B) Pure protein					
			无N 处理(B <sub>1</sub> ) No nitrogen		加N 处理(B <sub>2</sub> ) N nitrogen		B <sub>2</sub> - B <sub>1</sub>	
	含量/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Content	接菌增率/% Inoculation increase rate	含量/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Content	接菌增率/% Inoculation increase rate	含量/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Content	接菌增率/% Inoculation increase rate	含量/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Content	接菌增率/% Inoculation increase rate
CK	43.4	-	31.7	-	35.1	-	3.4	10.7
UA 8	63.1	45.4	37.7	18.9	98.7	181.2	61.0	161.8
UF2	51.9	19.6	36.0	13.6	52.8	50.4	16.8	46.7
Y <sub>2</sub>	56.6	30.4	50.2	58.4	62.1	76.9	11.9	23.7
Y <sub>6</sub>	59.1	36.2	40.1	26.5	41.2	17.4	1.1	2.7
Y <sub>6</sub> *	60.9	40.3	46.4	46.4	85.6	143.9	39.2	84.5
Y <sub>8</sub>	62.8	44.7	39.1	23.4	58.8	67.5	19.7	50.4
Y <sub>9</sub>	51.9	19.6	41.5	18.2	63.1	79.6	21.6	52.0
Y <sub>9</sub> *	56.6	30.4	44.3	39.7	69.4	97.7	25.1	56.7
Y <sub>12</sub>	65.0	49.8	54.4	71.6	-	-	-	-
Y <sub>13</sub>	50.0	15.2	34.5	8.8	43.3	23.4	8.8	25.5
Y <sub>13</sub> *	51.0	17.5	43.3	36.6	45.4	29.3	2.1	4.9
Y <sub>17</sub>	53.8	24.0	43.4	36.6	50.6	44.2	7.2	16.6
Y <sub>19</sub>	60.3	38.9	33.5	5.7	51.0	45.3	1.8	52.2
平均 Average	57.2	31.7	41.9	30.1	60.2	71.4	18.0	48.1

注: (1) \* 表示苹果渣 营养液= 1:3(质量比), 其余处理为苹果渣 营养液= 1:2(质量比); (2) 接菌增率= (接菌处理蛋白质含量- 不接菌处理蛋白质含量)/不接菌处理蛋白质含量; (3) 加N 增率= (接菌加N 处理蛋白质含量- 接菌无N 处理蛋白质含量)/接菌无N 处理蛋白质含量。

Note: (1) \* denoting pomace nutritious liquid = 1:3(m/m), the rest is pomace nutritious liquid = 1:2(m/m); (2) Inoculation increase rate= (Inoculation treated protein- No inoculation treat protein)/No inoculation treated protein; (3) Increase rate with nitrogen= (Inoculation treated protein with nitrogen- Inoculation treated protein w without nitrogen)/Inoculation treated protein w without nitrogen

表 2 不同处理发酵产物的纯蛋白质含量

Table 2 Protein content of fermentation product in different treatments

菌株 Strains	无N 处理(A) No nitrogen				加N 处理(B) N nitrogen				B- A	
	单菌 Single strain		混菌(Y+ UA 8) M ixed strains		单菌 Single strain		混菌(Y+ UA 8) M ixed strains		单菌 Single strain	混菌(Y+ UA 8) M ixed strains
	含量 Content	接菌 增率/% Inocula- tion in- crease rate	含量 Content	接菌 增率/% Inocula- tion in- crease rate	含量 Content	接菌 增率/% Inocula- tion in- crease rate	含量 Content	接菌 增率/% Inocula- tion in- crease rate	含量 Content	加N 增率/% Increase rate w ith nitrogen
CK	37.3	-	-	-	40.1	-	-	-	2.8	7.5
UA 8	40.1	7.5	-	-	87.8	118.9	-	-	47.7	119.0
Y <sub>2</sub>	48.8	30.8	51.5	38.1	5.5	79.5	87.0	102.5	155.6	28.9
Y <sub>8</sub>	53.7	44.0	56.3	50.9	4.8	72.4	80.6	101.5	153.1	40.2
Y <sub>9</sub>	40.1	7.5	41.6	11.5	3.7	69.3	72.8	91.3	127.7	31.8
Y <sub>12</sub>	56.0	50.1	60.9	63.9	8.8	70.2	75.1	117.5	193.0	67.4

注: (1) 接菌增率= (接菌处理蛋白质含量- 未接菌处理蛋白质含量)/未接菌处理蛋白质含量; (2) 混菌增率= (混菌发酵蛋白质含量- 单菌发酵蛋白质含量)/单菌发酵蛋白质含量; (3) 加N 增率= (接菌加N 处理蛋白质含量- 接菌无N 处理蛋白质含量)/接菌无N 处理蛋白质含量。

Note: (1) Inoculation increase rate= (Inoculation treated protein- No inoculation treated protein)/No inoculation treated protein; (2) M ixed increase rate= (M ixed strains treated protein- Single strain treated protein)/Single strain treated protein; (3) Increase rate w ith nitrogen= (Inoculation treating protein w ith nitrogen- Inoculation treating protein w without nitrogen)/Inoculation treating protein w without nitrogen

## 2.3 加N 处理时发酵产物的蛋白质含量

2.3.1 加入无机N 对蛋白质含量的影响 从表 3 可知,用苹果渣发酵生产饲料蛋白时,加入无机N 可增加发酵产物的蛋白质含量,随着发酵原料中

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  加入量由 53.3 增至 426.4 g/kg,产物中蛋白质含量也由 48.5 增至 133.3 g/kg,分别较对照增加 28.0%~251.7%。

表 3 不同加N 处理时发酵产物的蛋白质含量和发酵产物得率

Table 3 Protein content and recovery percent of fermentation product in different treatment with nitrogen

处理 Treatment	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 用量/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	蛋白质含量/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) Protein	加N 增率/% Increase rate with nitrogen	发酵产物得率/% Recovery percent
1	0	37.9	—	84.5
2	53.3	48.5	28.0	92.3
3	106.6	61.5	63.8	96.8
4	213.2	89.3	135.6	99.4
5	426.4	133.3	251.7	99.5

注:加N 增率= (加N 处理蛋白质含量- 无N 处理蛋白质含量)/无N 处理蛋白质含量。

Note: Increase rate with nitrogen= (Nitrogen treated protein- No nitrogen treated protein)/No nitrogen treated protein.

另外,从表 1 也可以看出,在加N 条件下,单菌发酵产物的蛋白质含量均高于无N 处理。加N 较无N 处理的纯蛋白质含量增幅为 2.7%~161.8%,UA8 和  $Y_6$  单菌加N 发酵产物纯蛋白含量较无N 处理时分别高 161.8% 和 84.5%,其中  $Y_6$  单菌的发酵产物蛋白质含量为 85.6 g/kg,较无菌对照提高 143.9%;表 2 也反映出同样的趋势。由此可知,在用苹果渣发酵生产饲料蛋白时,向发酵原料中加入一定量无机N,可显著提高发酵产物中的蛋白质含量。

2.3.2 N 对发酵产物得率的影响 从表 4 可以看出,加N 处理的发酵产物得率均高于无N 处理。单菌发酵中,无N 和加N 处理时发酵产物的得率分别为 66.9%~95.4% 和 88.5%~99.8%,加入N 使

$Y_{12}$  和  $Y_2$  的发酵产物得率分别提高了 49.0% 和 22.3%;混菌发酵中,加入N 使混菌  $Y_{12}+UA8$  和  $Y_2+UA8$  处理的发酵产物得率分别提高了 31.6% 和 22.4%。加N 处理之所以能提高单菌发酵产品得率,是因为固态发酵得率的降低是由于微生物生长需消耗一定量的碳源和能源所致。原料中 C/N 适度时,C/N 按微生物的生理需求比例同步同化,未造成碳源的无效浪费,产品得率较高;C/N 过大易造成碳源的无效浪费,导致发酵产品得率降低。加入无机N 调整了 C/N,从而减少了碳的无效损失,使发酵产物得率提高。此外,从表 3 也可以看出,随加入 N 量的增加,发酵产物的得率从 84.5% 提高到 99.5%。

表 4 不同处理发酵产物的得率

Table 4 Recovery percent of fermentation product in different treatments

菌株 Strains	单菌 Single strain			混菌 ( $Y+UA8$ ) Mixed strains		
	加N Nitrogen	无N No nitrogen	加N 增率 Increase rate with nitrogen	加N Nitrogen	无N No nitrogen	加N 增率 Increase rate with nitrogen
CK	100	96.9	3.2	-	-	-
UA8	88.5	83.8	5.6	-	-	-
$Y_2$	89.9	73.5	22.3	77.1	63.0	22.4
$Y_8$	83.2	69.2	20.2	76.6	63.5	20.6
$Y_9$	99.8	95.4	4.6	88.4	81.4	9.1
$Y_{12}$	99.7	66.9	49.0	84.1	63.9	31.6

注:加N 增率= (加N 处理得率- 无N 处理得率)/无N 处理得率。

Note: Increase rate with nitrogen= (percent with N treatment- percent without N treatment)/percent without N treatment.

从表 4 还可以看出,混菌发酵产物得率均低于单菌发酵,这是因为混菌发酵时多菌体系中微生物生长状况优于单菌发酵体系,微生物生长繁殖快,使发酵产物中的菌体数目增多,消耗的碳源、能源物质相应增加,故发酵产物的得率降低。

## 3 结 论

1) 发酵产物的纯蛋白和粗蛋白含量明显高于未发酵对照,黑曲霉 UA8 的效果明显高于烟曲霉 UF2,供试菌  $Y_2$ 、 $Y_9$ 、 $Y_{12}$  及 UA8 可用于苹果渣发酵

饲料的生产。

2) 加入无机N 处理, 发酵产物中蛋白质含量和发酵产物得率明显高于无N 处理。即向发酵原料中添加无机N 是提高发酵产物蛋白质含量和发酵产物得率的一种有效措施, 可减少发酵原料中碳能源物质的无效消耗。

3) 霉菌UA 8 与酵母菌混菌发酵产物蛋白质含量高于单一酵母菌发酵, 混菌发酵是提高苹果渣发酵饲料蛋白质含量的一种有效方法; 利用苹果渣发酵生产饲料蛋白的较好菌种搭配是Y<sub>12</sub>+ UA 8 混菌发酵。

### [参考文献]

- [1] 杨福有, 祁周约, 李彩凤, 等. 苹果渣营养成分分析及饲用价值评估[J]. 甘肃农业大学学报, 2000, 35(3): 340- 344
- [2] 杨福有, 祁周约, 李彩凤, 等. 苹果渣代替麸皮饲喂猪实验[J]. 西北农业学报, 2000, 9(2): 25- 27.
- [3] 籍保平, 尤希风, 张博润. 苹果渣发酵生产饲料蛋白培养基[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(6): 53- 56
- [4] 籍保平, 尤希风, 张博润. 苹果渣发酵生产饲料蛋白的菌种筛选[J]. 微生物学通报, 1999, 26(6): 390- 393
- [5] 籍保平, 尤希风, 张博润. 苹果渣发酵生产饲料蛋白的工艺条件[J]. 生物工程进展, 1999, 19(5): 30- 33
- [6] 徐抗震, 宋纪容, 黄 洁, 等. 激光选育混合菌发酵苹果渣生产饲料蛋白[J]. 粮食与饲料工业, 2002, (12): 17- 19
- [7] 程丽娟, 薛泉宏. 微生物学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 1988
- [8] 南京农业大学主编. 土壤农化分析[M]. 第2版. 北京: 农业出版社, 1986

## Research into influential factors on protein content of fermented feed with pomace

HE Ke-yong<sup>1</sup>, XUE Quan-hong<sup>2</sup>, SIM ei-ru<sup>2</sup>, LA I Hang-xian<sup>2</sup>, YUE Tian-li<sup>3</sup>

(1 College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Resources and Environmental Science, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3 College of Food Science and Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The paper studied the influence of inoculation, adding inorganic nitrogen and diverse ways of fermentation on protein content and recovery percent of fermented feed with pomace. The results showed:

The protein content of fermentation product was increased remarkably by solid fermentation when microbe was inoculated in pomace. The protein content of fermentation product of single yeast Y<sub>12</sub> (no nitrogen) and Y<sub>6</sub> (nitrogen) was increased by 71.6% and 143.9% respectively compared with no inoculation; The protein content of fermentation product was increased obviously by adding nitrogen. The pure protein content of nitrogen treatment was increased by 2.7% - 162% compared with no nitrogen treatment; The protein content of fermentation product was raised remarkably by mixed fermentation (yeast and mold). The protein content of Y<sub>12</sub>+ UA 8 and Y<sub>8</sub>+ UA 8 of no nitrogen treatment, Y<sub>12</sub>+ UA 8 and Y<sub>2</sub>+ UA 8 of nitrogen treatment was increased by 8.8% and 4.8%, 67.4% and 28.9% respectively compared with single yeast fermentation; Recovery percent of fermentation product was increased remarkably by adding inorganic nitrogen. The recovery percent of fermentation product of single yeast fermentation of Y<sub>12</sub> and Y<sub>2</sub> and mixed fermentation of Y<sub>12</sub>+ UA 8 and Y<sub>2</sub>+ UA 8 was increased by 49.0%, 22.3%, 31.6% and 22.4% respectively.

**Key words:** pomace; fermented feed; protein content; influential factors