第13卷 无锡轻工业学院学报 Vol. 13
第4期 JOURNAL OF THE WUXI INSTITUTE OF LIGHT INDUSTRY 1994 No. 4

腐乳生产菌种的选育

赵玉莲 李宏梁 郑学翔

（食品资源科学与工程系） （生物工程系）

摘要 从毛霉 Mucor Z318 出发，选育出 M. Z328 变异株。研究了 M. Z328 变异株的前酵条件：$T=30\pm1℃$，相对湿度 95%. 采用新工艺进行生产实验，前酵时间仅需 22h. 首次发现毛霉菌丝能渗透到豆腐坯的最深层。用正交试验确定后酵条件。优化结果表明，采用低盐控温后酵新工艺，能将后酵时间缩短到 10～12d，即可生产出氨基酸态氮高达 1.75g/100g 干腐乳以上的白腐乳。其质构、颜色等均能达到质量要求。研究了腐乳发酵过程的流变特性，微细结构及 DSC 图谱的变化情况。

关键词 毛霉；豆腐坯；腐乳；发酵

0 前 言

腐乳生产工序，从总体来分，可分为白坯制作与发酵两大工序。白坯要求洁白而有弹性，块形整齐，厚薄均匀，表面平整，切口光滑无蜂窝状，水分含量适当。其结构组织与含水量是反映白坯质量的关键。发酵又分前酵（培菌）与后酵。前酵目的是使腐乳生产霉菌在白坯上生长代谢，分泌酶类，而菌丝体使腐乳包裹成形；后酵则是大分子物质分解与酯化成香。

腐乳生产存在的急需解决而又难以攻克的问题是：生产周期冗长；腐乳盐分高；生产季节性较强等。这些都与其生产用菌种及相应工艺有关。为了得到细腻绵柔，味美色佳的块形成品腐乳，其生产用菌种不仅要求无毒，生长快，耐高温，稳定性好；而且菌丝体致密程度与长短，对腐乳白坯的渗透程度；酶系的多样化与酶活的高低，成为生产用菌种的主要筛选目标。

1 材料与方法

1.1 菌种

毛霉菌 Z318，无锡轻工业学院粮油科学与工程系提供。

收稿日期：1994-01-14

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2 培养基

1.2.1 察氏琼脂培养基 见微生物实验手册。

1.2.2 豆芽汁琼脂培养基 称取黄豆芽100g,加水500ml,煮沸0.5h后过滤。加入葡萄糖1%,琼脂2%,pH自然,灭菌(0.1MPa,15min).

1.2.3 麸皮培养基 称取麸皮100g,加水90～100ml,拌匀分装试管(21×180mm)或三角瓶,灭菌(0.1MPa,60min),凉后摇匀接种。

1.3 诱变方法

1.3.1 单孢子悬浮液的制备 用10ml无菌生理盐水洗下培养成熟的斜面孢子。置于预先灭菌的具玻璃珠和50ml生理盐水的300ml三角瓶中,于摇床上振荡20～60min至镜检为分散的单孢子。用血球计数法计数并用无菌水调节孢子浓度至1×10^6个/ml,即为单孢子悬浮液。

1.3.2 Co^{60}-γ射线诱变 取单孢子悬浮液5ml置于无菌带塞试管(15×150mm)中,进行不同剂量Co^{60}-γ射线照射,经照射处理的孢子悬浮液稀释至10^{-5}～10^{-6}后涂布平板。

1.3.3 硫酸二乙酯(DES)诱变 吸取50%的DES乙醇溶液0.2ml,置于100ml三角瓶中,加入0.2mol/L、pH7.2的磷酸缓冲液5ml,单孢子悬液5ml. 于32℃,摇床200r/min振荡培养60min,加入25%的硫代硫酸钠溶液1ml中止反应。处理液稀释10^{-5}～10^{-6}后涂布平板。

1.3.4 高温处理 吸取孢子悬浮液和生理盐水各5ml分别置于两支试管(15×15mm)中,两支试管同时放入预先恒温的72℃水浴锅中,待试管内生理盐水温度上升至72℃时开始计时。75℃保温12min后取出立即置于冰浴中迅速冷却,处理液稀释10^{-5}～10^{-6}后涂布平板。

1.3.5 复合处理 Co^{60}-γ射线和DES复合处理。Co^{60}-γ射线,剂量为5×10^4rad,DES处理30min;Co^{60}-γ射线和高温复合处理。Co^{60}-γ射线,剂量为5×10^4rad;高温处理,72℃8min;DES和高温复合处理,DES处理30min,高温处理,72℃,8min.

1.4 筛选方法

1.4.1 斜面挑取 将经诱变处理的孢子悬浮液经适当稀释后涂布于豆芽汁琼脂平板,于35℃培养3～5d,挑取菌丝致密而长或色泽突变的大、小菌落划接察氏培养基斜面,32±1℃培养5～7d待孢子成熟后作麸曲培养,32±1℃培养2d测定酶活力;麸皮培养基经酶活测定进入第三代后作发酵试验。

1.4.2 发酵试验 前酵试验用豆腐白坯作为培养基质,30±1℃培养不同时间得到毛坯测定色泽、菌丝渗入白坯深度以及蛋白酶活力;后酵试验按白腐乳要求配制汤料,保温后酵,测定腐乳的流变特性等。

1.5 测定方法

1.5.1 蛋白酶活性测定

1) 粗酶液提取 麸曲酶液:以麸皮为基数,按加水比1∶5～10(温水)搅拌后于40℃浸泡1h,用4层纱布过滤即得粗酶液;毛坯粗酶液:从每笼屉四边和中央各取数块毛坯,切下外表菌丝,与0.3mol/L NaCl溶液混合,置于捣碎器中搅拌10min,定容。将定容液离心分离(4000r/min,10min),上清液即为粗酶液。

2) 测定方法 QB547-80.

主要过程:粗酶液以缓冲液适当稀释后,在40℃下与酪蛋白反应10min,用三氯醋酸终止反应,取出静置10min后过滤,滤液1ml中加碳酸钠(0.44mol/L,5.0ml),福林试剂(1/3

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

浓度1.0ml)，摇匀后放在40℃水浴中显色20min，用721型分光光度计在680nm下测定光密度(OD)值。蛋白酶的酶活力单位定义为：在一定温度和pH条件下，每分钟水解酪蛋白产生1mg酪氨酸的酶量为一个酶活力单位。

1.5.2 *色泽* 白坯制作：大豆除杂清洗，加水浸泡，一般室温浸泡5～10h. 然后用砂轮磨浆机进行渣浆分离。所得豆浆用蒸汽加热到95～100℃，保持5～15min，冷却至75～85℃点浆，静置10～30min，压榨成型，切块即为白坯。采用TC-PIIG型全自动测色色差计，测定白度值(L)，黄色(B)，红色(A).

1.5.3 *菌丝体深入白坯程度* 采用SX-40型扫描电子显微镜测定。

1.5.4 *流变特性* 采用L1000S型材料试验机测定。方法为：样品大小为2.5×2.5×1.5cm³，探头选用直径8mm. 测定时探头向下的速度为30mm/min，尺寸大小选12.0mm，最大力由样品的硬度而定。若样品的硬度和设定的最大力相差越小，则测定结果越清晰。测定的参数有胶聚应力a(Pa)，屈服时的变形尺寸b(cm)，咀嚼值α. 样品软硬程度与测定参数的关系a/b(g/cm³).

其中：
$$a = \frac{10^4}{0.4^2\pi}F_{max} \quad (Pa)$$
$$\alpha = \mathrm{tg}^{-1}\left[\frac{F_{max} - F'}{b' - b}\right]$$

式中F_{max}为最大应力(Pa)；F'为应力(Pa)；b'为变形后尺寸(cm)

一般讲，a越大，说明样品能承受的应力越大；a/b越大，说明样品的相对硬度越大；a越小，说明样品越糯软，脆度越小(见图1).

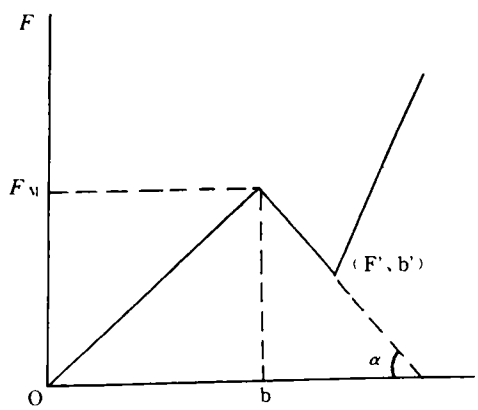


图1 压缩实验示意图

1.5.5 *热变性测定* 采用DSC 7型差热扫描量热仪测量热变性，扫描升温速度为20℃/min，以空盒作为参比，热变性过程中的变性温度为T_{de}，作DSC(Differential Scanning Calormetry)图谱分析。

1.5.6 *水分测定* 烘箱恒重法。

1.5.7 *粗蛋白质测定* 凯氏定氮法。

1.5.8 *氨基酸态氮测定* ZB×66014-87(甲醛滴定法)。

2 结果与讨论

2.1 M.Z328变异株的筛选

利用NaCl、蛋白胨在察氏培养基的一定组分，可以提高筛选高酶活变株的几率，如图2所示。

由图2可见，以提高20%酶活性变株为例，察氏培养基分离，加入NaCl或蛋白胨，分别直接挑选几率的7和8.5倍，高酶活正突变株被浓缩。本试验结果获得一些高产变异株如X328，Z321等。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

从 M. Z318 到 M. Z328 的选育系谱如下:

Mucor Z318 (18.0 u/ml)
↓ 自然分离
Z318-1 (25.0 u/ml)
↓ Co^{60}-γ 射线
Z318-2 (48.0 u/ml)
↓ DES 处理
Z318-12 (57.0 u/ml)
↓ 热处理
Z318-502 (60.0 u/ml)
↓ 复合处理 (两因子交叉)
Z328 (82.2 u/ml)

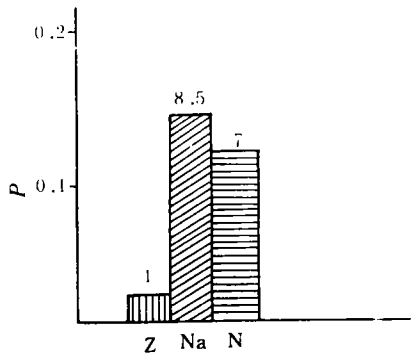


图 2 提高 20%以上变异株的方法比较
Z 直接挑选 Na 用 NaCl 培养基挑选 N 用蛋白胨培养基挑选 P 提高 20%以上的变异株几率

2.2 M. Z328 变异株培养基选择

2.2.1 *培养基对变异株生长的影响* 将 M. Z328 移接在不同培养基上,在相同的条件下观察其生长情况,结果如表 1.

表 1 说明,MZ328 变异株在完全培养基上生长良好,菌丝长而致密,色白。

2.2.2 *NaCl 浓度对 M. Z328 生长的影响* 结合生产实际,以豆浆作为培养基质添加不同量 NaCl,在相同条件下,观察其生长情况,结果如表 2.

表 1 培养基对 M. Z328 变异株生长的影响

培养基	生长	备注
豆芽汁	++	
豆浆	+++	± 略长
察氏	±	+ 生长
麸曲	+++	++ 生长较好
酵母膏	+++	+++ 生长良好
麦芽汁	+++	

表 2 培养基中不同 M. Z328 浓度对 M. Z328 变异株生长的影响

NaCl(%)	生 长	备 注
0	+++ 白色	
1	+++ 白色	− 不生长
2	+++ 灰白色	± 略长
4	++ 浅黄色	+ 生长
6	+ 黄色	+++ 生长良好
8	±	
10	−	

表 2 说明,NaCl 对 M. Z328 生长有较显著的影响。当豆浆培养基中 NaCl 含量达 4%时,菌丛呈致密的团状且不整齐,呈黄色。传统生产工艺过程中,腌坯工序致使毛坯食盐含量达 12%以上,从而使生产周期冗长,因此,食盐浓度是一个关键的质量控制点。

2.2.3 *pH 对 M. Z328 变异株生长的影响* 调节豆浆培养基 pH 值,在相同条件下观察生长情况,结果如表 3.

表 3 说明 M. Z328 生长的最适 pH 为 5～6.

2.2.4 *温度对 M. Z328 变异株生长的影响* 就最适温度而言,M. Z328 变异株较母株 M. Z318 的 25℃提高到 28～30℃. 当培养基温度超过 32℃时,菌种早衰,色变褐黑,这是白腐乳所忌。由此可见,生长温度是腐乳生产前酵的一个质量控制要素。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表3 培养基中不同pH对M. Z328生长的影响

pH	生长情况
3	—
4	±
5	### 大量菌丝，色白，有孢子
6	### 大量菌丝，色白，有孢子
7	++ 菌丝细、色白
8	+ 菌丝卷曲
9	±
12	—

表4 温度对生长的影响

温度（℃）	生长情况
25±1	菌丝直立单生，长10～15mm致密色白，呈白兔毛状
27±1	菌丝直立单生，长10～15mm致密色白，呈白兔毛状
29±1	菌丝直立单生，长10～15mm致密色白，呈白兔毛状
31±1	菌丝直立单生，长10～15mm致密色白，呈白兔毛状
33±1	菌丝稀疏不整齐，灰白色，大量孢子
35±1	菌落表面分散着大量灰黑色孢子

2.3 M. Z328变异株的基本性状

2.3.1 个体形态 为了观察M. Z328变异株的个体形态，采用载玻片培养技术，跟踪观察，摄影。结果表明，M. Z328菌丝体白色，直径15～25μm，有不发达的假根，菌丝体无隔膜；孢囊梗较光滑，分枝多集中在菌丝体端部；孢子囊呈球形，直径50～70μm，成熟后孢囊壁消解或裂开释放出孢囊孢子。孢囊孢子呈圆形，直径为1.25～20μm. 厚膜孢子呈圆柱形，两端钝圆，直径为15～20μm. 囊轴呈卵圆形。

2.3.2 毒性 真菌毒素的不断发现，日益受到科技工作者的关注。因腐乳为直接食用的食品，为慎重起见，采用薄层层析进行测定，结果说明黄曲霉毒素B_1含量小于5ppb，符合食品卫生规定。

2.3.3 稳定性 M. Z328变异株经过数年来的使用仍然保持着其良好的性状，说明变异株性能稳定。

2.4 M. Z328变异株用于腐乳生产

2.4.1 前酵（培菌）试验

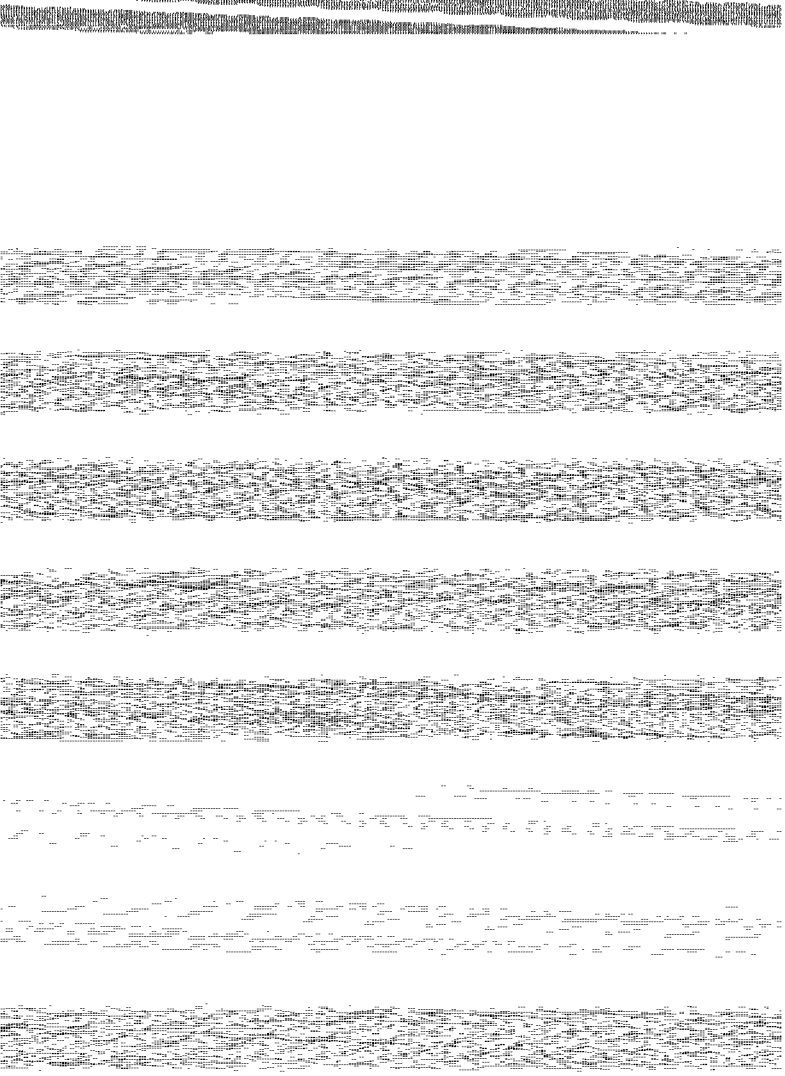
1） 温湿度对M. Z328生长的影响 将接种后的白坯置于不同的温湿度条件下培养，观察M. Z328的生长情况，结果如表5.

表5 温度和相对湿度对生长的影响

温度（℃）	相对湿度（%）	培养时间（h） 18	20	22	24	26	30	34	38	48
30	95	++	###	###	###	###	###	###	###	###
	90	+	++	###	###	###	###	###	###	###
	80	±	++	++	###	###	###	###	###	###
	70	—	±	±	+	++	###	###	###	###
	60	—	—	—	—	—	+	++	++	###
	50	—	—	—	—	—	±	+	*	*
32	95	—	—	±	+	+	++	*	*	*
24	95	—	—	±	+	+	++	###	###	###
20	95	—	—	—	—	—	+	++	++	###

注：— 不生长 ± 开始生长 + 可见生长 ++ 菌丝较多 ### 菌丝覆盖了白坯表面 ### 菌丝覆盖了整个笼框，菌丝长度＞10mm * 菌丝纤细，长势不整齐

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表6 因子水平对照

水 平	A 助剂 I (%)	B 食 盐 (%)	C 酒精度 (%)	D 助剂 II (%)	E 后酵时间 (d)
1	0.2	9.2	13	0	6
2	0.6	6.7	9	1	9
3	1.0	4.2	5	2	12

表7 腐乳生产后酵的正交试验

样品编号	试验号	因素A 1	因素B 2	因素C 3	因素D 4	因素E 5	空列号 6	 7	 8	 9	 10	 11	 12	 13	指标 氨基酸态氮 (g/100g 干基)
	1	1	1	1	1	1									0.288
①	2	1	1	1	1	2									0.339
	3	1	1	1	1	3									0.397
	4	1	2	2	2	1									0.593
②	5	1	2	2	2	2									0.717
	6	1	2	2	2	3									0.889
	7	1	3	3	3	1									1.184
③	8	1	3	3	3	2									1.424
	9	1	3	3	3	3									1.749

2) 正交试验结果的计算分析 根据表7计算各因素的显著程度及经验定量关系式。极差分析见表8.

表8 正交试验极差分析表

试验号	因素A 1	因素B 2	因素C 3	因素D 4	因素E 5	空列号 6～13	氨基酸态氮 (g/100g 干基)
1～27	…	…	…	…	…	…	…
K_1	7.580	5.535	6.494	6.999	6.231		
K_2	7.656	7.411	7.279	7.840	7.698		$T = 23.536$
K_3	8.300	10.590	9.762	8.675	9.607		
K_1	0.842	0.615	0.722	0.778	0.692		
K_2	0.851	0.823	0.809	0.871	0.855		
K_3	0.922	1.177	1.085	0.964	1.067		
极差 R	0.080	0.562	0.363	0.186	0.375		

从表8可得各因子的主次关系为：

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

主——————→次

因子: B, E, C, D, A

方差分析见表 9.

表 9 正交试验方差分析表

方差来源	平方和	自由度	均方和	F 值	显著性	临界值(F 分布)
因素 A	0.03519	2	1.76×10^{-2}	1.73		F 0.05(2,16)=3.63
因素 B	1.4515	2	7.26×10^{-1}	71.50	* *	
因素 C	0.6454	2	3.23×10^{-1}	31.80	* *	
因素 D	0.11814	2	5.91×10^{-2}	5.82	*	F 0.01(2,16)=6.23
因素 E	0.6372	2	3.19×10^{-1}	31.40	* *	
误差(空列和)	0.16257	16	1.016×10^{-2}			
总 和	3.05	26				

平方和:

$$Q_{列}=\frac{1}{9}(K_1^2+K_2^2+K_3^2)-\frac{T'^2}{27}$$

$$Q_{总}=\sum_{j=1}^{27}Y_i^2-\frac{T'^2}{27}=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_{误差}$$

正交多项式回归分析:各因子的效应函数为

A	$a_1=0.040$	$a_2=0.032$	$S_{a_1}=0.0288$	$S_{a_2}=0.0060$
B	$b_1=0.281$	$b_2=0.0724$	$S_{b_1}=1.42$	$S_{b_2}=0.0314$
C	$c_1=0.182$	$c_2=0.0943$	$S_{c_1}=0.593$	$S_{c_2}=0.0534$
D	$d_1=0.0931$	$d_2=-0.00033$	$S_{d_1}=1.56\times10^{-4}$	$S_{d_2}=6.6\times10^{-10}$
E	$e_1=0.188$	$e_2=0.0246$	$S_{e_1}=0.633$	$S_{e_2}=0.00362$

为了检验效应函数各项的显著性,由空列计算出误差变动为$Q_{误}=S_{误}=0.16257$. 其平均变动为$S_{误}/f_{误}=1.016\times10^{-2}$.

比较因子效应函数各系数的变动与$S_{误}/f_{误}$的大小,发现S_{a_2},S_{d_2},S_{e_2}均比较小,将这些项都并入误差变动,最后得

$$S_{误}=S_{误}+S_{a_2}+S_{d_2}+S_{e_2}=0.17219 \qquad f'_{误}=19$$

用这个误差检验其它各系数的显著性,结果得表 10.

表 10 正交多项式回归分析方差表

方差来源	变动	自由度	平均变动	F 值	显著性	F 分布临界值
a_1	0.0288	1	0.0288	3.18		
b_1	1.42	1	1.42	157.00	* *	$F\ 0.05(1,19)=4.38$
b_2	0.0314	1	0.0314	3.50		

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 10

方差来源	变动	自由度	平均变动	F 值	显著性	F 分布临界值
c_1	0.593	1	0.593	65.40	* *	
c_2	0.0534	1	0.0534	5.90	*	$F\,0.01(1,19)=8.18$
d_1	0.156	1	0.156	17.20	* *	
e_1	0.633	1	0.633	69.80	* *	
误差	0.17219	19	9.063×10^{-3}			

最终求得 B,C,D,E 的效应函数分别为

$$\Phi(\mathrm{B})=0.281\left(\frac{11.7-B}{2.5}-2\right)$$

$$\Phi(\mathrm{C})=0.182\left(\frac{17-C}{4}-2\right)+0.0943\left[\left(\frac{17-C}{4}-2\right)^2-\frac{2}{3}\right]$$

$$\Phi(\mathrm{D})=0.0931(D+1-2)$$

$$\Phi(\mathrm{E})=0.188\left(\frac{E-3}{3}-2\right)$$

A 的效应函数可近似地看作 0

故,可得腐乳后酵中产氨基酸态氮的经验定量公式

$$\begin{aligned}Y&=Y'+\Phi(\mathrm{A})+\Phi(\mathrm{B})+\Phi(\mathrm{C})+\Phi(\mathrm{D})+\Phi(\mathrm{E})\\&=1.3143-0.1124\mathrm{B}-0.0455\mathrm{C}+0.0931\mathrm{D}+0.0627\mathrm{E}\\&\quad+0.00589(\mathrm{C}-9)^2\end{aligned}$$

其误差为 $S_Y=\left(\dfrac{0.17219+0.0288+0.0314}{21}\right)^{1/2}=0.105$ 的二倍， 即 Y 的误差为±0.210.

2.4.3 腐乳(坯)特性

1) M.Z328 变异株生产的腐乳的主要理化指标见表 11.

表 11 主要理化指标

样品	指标 水分 (%)	总酸 (%)	AN (%)	NaCl
M.Z328 产品	67.68	0.63	1.85～2.13	8.5
广东香化腐乳	66～67	0.71	1.46～1.702	9.41

表 11 说明,产品符合部颁标准 SB-76-80.

2) M.Z328 变异株生产腐乳的流变特性与色泽见表 12.

表 12 腐乳生产过程中坯的流变特性与色泽

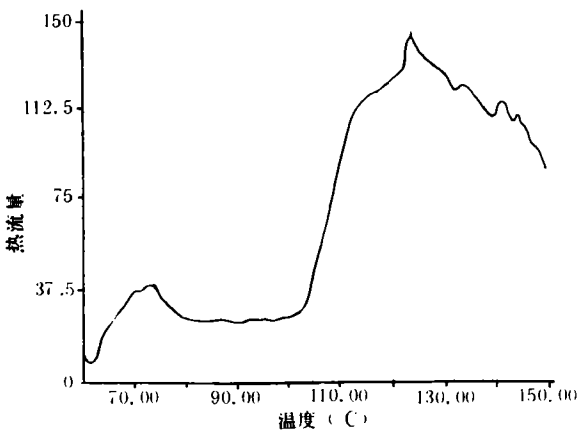
样品	水分 (%)	流变特性 胶聚力 (×98Pa)	软硬度 (×98Pa)	咀嚼值 (())	色泽 L	A	B
M.Z328 白坯	76	6.35～10.51	9.49～15.30	59～64	57.15	1.36	11.92
M.Z328 毛坯	61.18	17.10	25.20	63	42.91	5.15	10.05

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

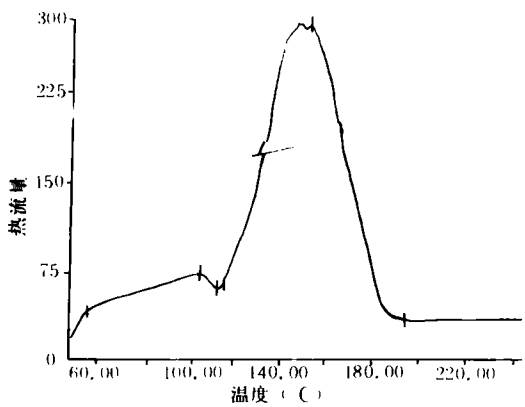
续表 12

样品	水分(%)	流变特性 胶聚力(×98Pa)	流变特性 软硬度(×98Pa)	流变特性 咀嚼值(O)	色泽 L	色泽 A	色泽 B
M.Z328 腐乳	67～68	2.23～4.13	6.41～8.99	3.6～7.4	53.42	1.80	10.27
广东香化腐乳	66.5	1.0～3.52	7.06～13.8	4.4～8.1	45.13	9.98	8.62

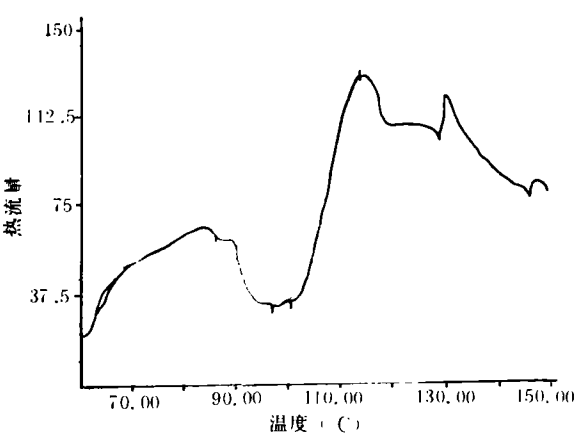
由表 12 可以看出,腐乳生产过程中,由于水分的增减酶的作用等会导致流变特性的变化,其中,后酵是使腐乳绵柔的主要影响因子,当然,这与前酵条件密切相关。从色泽上看,变化不大,呈浅乳黄色。



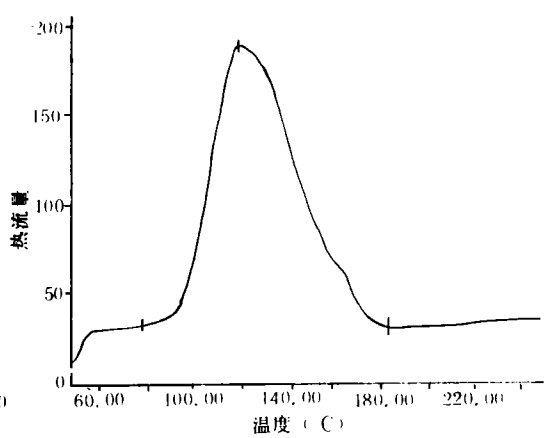
(a) 豆腐白坯(含水分 76.08%)
变性温度是:73.3℃, 123.3℃,
132.6℃, 140.5℃, 145℃



b 参照样:广东香化腐乳
AN=1.573g/100g 干基



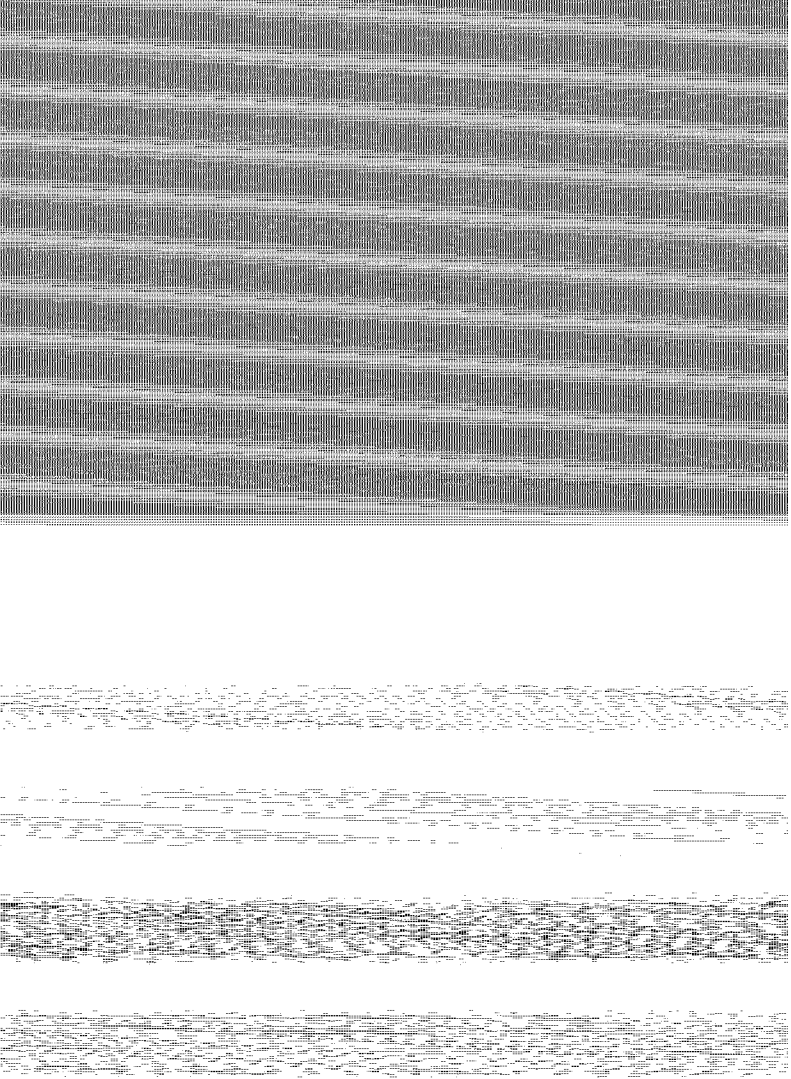
(c) 前发酵后的毛坯(含水分 61.18%)
变性温度是:84.1℃, 114.5℃,
130.4℃, 146.8℃



(d) 成品腐乳:含水分 70.4%
变性温度是:120.9℃
AN=1.749g/100g 干基

图 5 DSC 图谱分析

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

5) M. Z328 变异株生产的腐乳氨基酸成分见表 13.

表 13 M. Z328 后酵 12d 的腐乳与广东香化腐乳的氨基酸成分

样品	水分含量 (%)	氨基酸态氮 (%)	天门冬氨酸 (mg)	苏氨酸 (mg)	丝氨酸 (mg)	谷氨酸 (mg)	甘氨酸 (mg)	丙氨酸 (mg)	缬氨酸 (mg)	蛋氨酸 (mg)	异亮氨酸 (mg)	亮氨酸 (mg)	酪氨酸 (mg)	苯丙氨酸 (mg)	赖氨酸 (mg)	组氨酸 (mg)	精氨酸 (mg)
M. Z328 产品	70.6	1.749	867	704	602	2765	398	1398	1276	602	1255	2398	847	1500	929	194	224
广东香化	66.5	1.703	904	672	528	3376	591	1039	1003	331	940	1406	564	949	1075	296	61

3 结 论

1) 采用诱变育种获得的变异菌株 M. Z328,在温度为 30 C,相对湿度为 95%情况下,前酵时间 22～24h,毛坯上菌丝体致密,直立,长度达 8～10mm,蛋白酶活达 70u/g. 生产实践证明,M. Z328 是腐乳生产用的优良菌种。

2) M. Z328 变异株在毛坯中生长情况的电子扫描影像,揭示了菌丝体对毛坯的机械切割作用与增强了腐乳组织的绞连强度的工艺实质。由于 M. Z328 变异株在白坯内生长繁殖,并相应地分泌了各种酶类,从而为保证腐乳质量,缩短后酵周期的可能性提供了实物依据。

3) 采用正交试验求取了后酵的最佳工艺参数。通过正交多项式回归分析,得到了腐乳发酵程度的经验定量公式。

4) 采用电子扫描、流变特性测定及 DSC 图谱分析,窥视了腐乳生产过程中的内在变化,并有可能用于判断产品质量与发酵进程。例如根据 DSC 图谱分析,成熟的腐乳仅表现出单一的吸热峰,并且吸热峰还将随着腐乳中游离氨基酸含量的增多,其热变性温度向稍低方向移动。

参 考 文 献

1 Wang H L, Hesseltine C W. Sufu and Lao-chao J. Agric Food Chem, 1970, 18(4)

2 安田正昭. 豆腐制造的研究. 日食工志. 1990, 37(5)

3 赵玉莲, 郑学翔. 调味品生产技术问答. 农业出版社, 1990

4 Wai N S. A New Species of Mono-mucor, mvcor sufu on Chinese Soybean. Science, 1929, 70: 307～308

5 Wai N S. Lnvestigation of the various processes used in soybean curd with Mucor and other fungi(1968), USDA, Final tech Rept, Public Law 480, project URA 6-(40)-1

6 Wang H L. Release of protease from mycelium of Mucor hiemalis. J. Bacterial, 1967, 93: 1794～1799

7 Chou C C. F M Ho, C S Tsai. Effects of temperature and ralative hamidity on the growth of and enzyme production by Aotinomucor taiwanensis during sutu pehtze preparation Appl. Environ Microbiol, 1988, 54: 688～692

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

8 Wang H L, Vespa J B, Hesseltine C W. Acid protease production by fungi used in soybean food fermentation Appl Microbiol, 1974, 27: 906～911
9 王九华. 中国调味品, 1991, (7)
10 丁霄霖, 杨方琪. 豆制品加工的现状及发展. 无锡轻工业学院学报, 1990, (2)
11 郑建岛. 一株桂林腐乳毛霉的分离鉴定及其蛋白酶性质的研究:[硕士论文]. 天津轻工业学院, 1988
12 黄三龙. 豆腐——组织与微细结构之间的关系. 食品工业, 1990, 22(11)

Breeding of Sufu Producing Strains

Zhao Yulian Li Hongliang Zheng Xuexiang
(Dept. of Food Resources Sci. and Eng.) (Dept. of Bioengineering)

Abstract The Sufu producing strain Mucor Z328 was bred from Mucor Z318. The prefermentation condition was optimized as: tempareture 30±1 C; relative humidity 95%, only 22 hrs are needed for prefrementation under above conditions. The post-fermentation conditions were also established through the orthogonalizing process. The resilt showed under low salt and controlled tempareture the post-fermentation period could be reduced to 10～12 days, while the amount of aminonitrogen of sufu reached 1.75g/100g dry sufu, its texture and color etc, met the quality standard. The changes of the rheological properties, the microstructure and the DSC diagram during sufu fermentation were also studied.

Key-words Mucor; Tofu pehtze; Sufu; Fermentation

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net