

テンペ発酵の温湿度条件

誌名	新潟県食品研究所研究報告 = Report of the Niigata Food Research Institute
ISSN	03695719
著者	松本, 伊左尾 今井, 誠一
巻/号	25号
掲載ページ	p. 1-3
発行年月	1990年3月

テンペ発酵の温湿度条件

松本 伊左尾・今井 誠一

テンペは、インドネシアの代表的な伝統的無塩大豆発酵食品である。現地インドネシアにおけるテンペの発酵は、スターターを混合した蒸熟大豆をバナナの葉に包んだり、有孔ポリ袋に入れたのち、自然の環境下で行っている。しかし、我が国はインドネシアと環境が異なるため、清酒・味噌・醤油の製麹あるいは納豆の発酵と同じように、テンペも温湿度をコントロールして発酵させる必要がある。

著者らは、安全に工業生産が可能なテンペの製造法を確立するため、これまでにテンペ菌である *Rhizopus oligosporus* NRRL 2710株¹⁾の生理的・培養的性質を明らかにし²⁾、種菌（スターター）の効率的な製造方法を開発³⁾するとともに、大豆処理方法について一連の条件設定⁴⁾を行った。本報告では、テンペの発酵に最適な温湿度条件を検討したので報告する。

実験方法

1. 大豆及び大豆処理

著者ら⁴⁾の方法で行った。すなわち、脱皮欠減率19%まで脱皮した新潟県産のエンレイを、4倍量の0.2%酢酸水溶液で4時間浸漬し、浸漬液を水切り後に0.8kg/cm²で7分間蒸熟した。

2. 種菌（スターター）の接種

著者ら³⁾の方法で製造した *R. oligosporus* NRRL 2710株¹⁾の種菌（孢子：スターター）を、冷却した蒸熟大豆に対し5,000分の1（計算上、蒸熟大豆1gに7~10×10⁵の孢子）になるよう接種した。

3. テンペの発酵

(1) 微生物熱量計内での発酵

微生物熱量計（株式会社医化器機製作所 TMC 8307）を使用し、著者ら⁵⁾の方法すなわち種菌を接種した蒸熟大豆5gを試料セルに入れ、セルの蓋を開放にしたままで発酵させた。

(2) 有孔ポリ袋での発酵

20cm×28cmの有孔ポリエチレンフィルムの袋（約0.1の孔を1cm²に2~4個あけたもの）に、種菌を接種した蒸熟大豆300gを入れ、恒温器の中で発酵させた。

(3) デシケーター内での発酵

各種塩類の飽和水溶液（相対湿度が既知のもの）を入れた皿12cmのデシケーター（内容積は約1.3ℓ）に、種菌を接種した蒸熟大豆10gを入れ、25℃で発酵させた。なお、デシケーター中に酸素を補給するため、1Hに1回蓋をわずかに開放した。

4. *P. oligosporus* の増殖サーモグラム及び増殖速度定数

微生物熱量計（株式会社医化器機製作所 TMC 8307）を使用し、*R. oligosporus* の増殖サーモグラム及び増殖速度定数を測定した。微生物熱量計の操作条件は、著者ら⁵⁾の方法によった。

5. テンペの一般細菌数

標準寒天培地による稀釈平板培養法で計測した。

6. *R. oligosporus* の菌体量及び孢子数

R. oligosporus の菌体量は大内ら⁶⁾の核酸法で測定し、テンペ乾物1g当たりのmg数で示した。*R. oligosporus* の孢子数は菅野ら⁷⁾の方法で測定し、テンペ1g当たりの数で示した。

7. テンペ発酵に伴う重量減少率

テンペ発酵に伴う重量減少率は次式より求めた。

$$\text{重量減少率} = \frac{\text{発酵0時間の重量} - \text{発酵40時間の重量}}{\text{発酵0時間の重量}} \times 100$$

実験結果及び考察

1. テンペ発酵の温度条件

まず、微生物熱量計を使用し、20、25、30、35、40℃でそれぞれテンペを発酵させた。*R. oligosporus* の増殖サーモグラムを図1、*R. oligosporus* の増殖速度定数を表1に示した。

増殖サーモグラムより、*R. oligosporus* の発熱量は20<25<40<35<30℃の順に多いことが認められた。また、増殖速度定数より、*R. oligosporus* の増殖は20<25<40<30<35℃の順に速いことが分った。すなわち、蒸熟大豆における *R. oligosporus* の生育は30~35℃で最も旺盛であった。

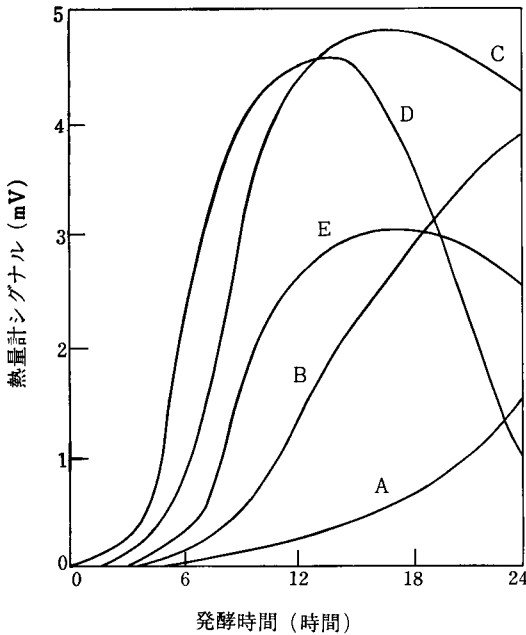


図1 発酵温度と *R. oligosporus* の増殖サーモグラム

発酵温度：A・20℃，B・25℃，C・30℃，
D・35℃，E・40℃
熱量計操作条件：試料・種付け 熟大豆 5g，セルの蓋・開放，レコーダーのレンジ・5 mV

表1 発酵温度と増殖速度定数

発酵温度	増殖速度定数
20℃	0.120
25	0.251
30	0.324
35	0.353
40	0.250

熱量計操作条件：図1参照

次に、種菌を接種した蒸熟大豆を有孔ポリ袋に入れ、20、25、30、35、40℃の恒温器の中で発酵させた。なお、この方法では発酵に伴い発生する呼吸熱が袋の外に

除去されにくく、発熱中のテンペの品温はコントロールできなかった。発酵20時間のテンペの一般細菌数と外貌観察の結果を表2に示した。

恒温器の温度が20℃及び40℃ではテンペにならなかった。恒温器の温度が25、30、35℃では、温度が高いほど *R. oligosporus* の生育は速いが、アンモニアと推定される異臭が付与された。また、一般細菌数は恒温器の温度が高くなるにしたがい多くなる傾向を示した。

R. oligosporus の生育温度については、著者ら¹⁾は液体培地における最適条件が(25)~30~35℃であることを認めている。また、MARTINELLI ら²⁾は25~37℃の範囲でテンペの製造が可能であり、この温度帯では温度の高いほど発酵時間が短縮されることを認めている。さらに、WANG ら³⁾は小麦、大麦、ふすまなどの固体培地における *R. oligosporus* の最適増殖温度が32℃であると報告している。本報告の結果は、これらの結果とはほぼ一致するものである。

しかしながら、有孔ポリ袋内でテンペを発酵させた場合、袋内の品温をコントロールすることができないため、環境温度が *R. oligosporus* の生育適温でも袋内の温度はそれを超えてしまう。また、同時にテンペの一般細菌数が多くなる可能性が高いと思われる。これらのことから、実際にテンペを製造する場合は、*R. oligosporus* の生育適温よりもわずかに低い25~30℃の環境下で発酵させ、発酵初期において *Bacillus* 属細菌などのいわゆる雑菌の生育抑制を図るべきものと思われた。

2. テンペ発酵の湿度条件

テンペを有孔ポリ袋に入れて発酵させる場合には、袋内の相対湿度 (RH) が常に90%以上に保たれているので、特別な湿度管理は必要としない。しかし、大量のテンペを製造するためには、製麹のような開放状態での発酵を想定しなければならない。そこで、RHが既知の各種塩類の飽和水溶液を入れたデシケーター内でテンペを発酵させ、テンペ発酵のための湿度条件を検討した。培養40時間のテンペの重量減少率、*R. oligosporus* の菌体量及び培養7日の *R. oligosporus* の孢子数を図2に示した。

表2 テンペの一般細菌数と外貌

恒温器の温度 (℃)	一般細菌数 (/g)	外 貌
20	<10 ³	<i>R. oligosporus</i> の菌糸ごくわずか
25	2.3×10 ⁴	菌糸のまわりやや不足のみ
30	6.8×10 ⁴	菌糸のまわり十分、アンモニア臭(推定)わずかにあり
35	4.4×10 ⁵	菌糸のまわり十分、アンモニア臭(推定)あり
40	1.2×10 ⁶	菌糸ごくわずか、異臭・強い

発酵：有孔ポリ袋内20時間

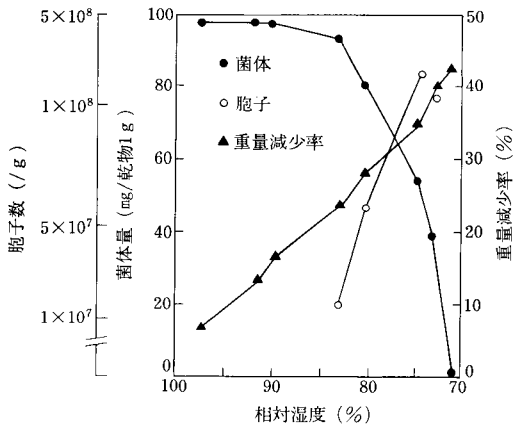


図2 環境の相対湿度とテンペの重量減少率、*R. oligosporus*の菌体量及び孢子数

発酵温度：25℃

発酵時間：重量減少率、菌体量・40時間、孢子数・7日

重量減少率：
$$\frac{\text{発酵0時間の重量} - \text{発酵40時間の重量}}{\text{発酵0時間の重量}} \times 100$$

テンペの重量減少率はRHの低下に伴いほぼ直線的に増加した。また、*R. oligosporus*の菌体量より、*R. oligosporus*はRH85%前後まではほぼ同様によく生育し、それ以下のRHになると生育は急激に劣化した。*R. oligosporus*の生育限界はRH72~70%とみなした。一方、*R. oligosporus*の孢子は、*R. oligosporus*の生育の劣化がわずかにみられるRH85%より着生が観察され、RHの低下に伴い孢子数は増大する傾向が認められた。すなわち、テンペを発酵させるためのRHの下限は85%であり、望ましくは90%前後にすべきと考えられた。

以上の結果より、我が国でテンペを工業生産するための温湿度条件は、25~30℃、RH90%前後とみなした。とりわけ、製麴のように開放状態でテンペを製造する場合は、通風と加湿によってこの条件を保持すべきであると推察された。

要 約

工業規模でテンペを製造するための温湿度条件を検討

し、次の結果を得た。

1. *R. oligosporus*の生育適温は、30~35℃であった。しかし、発酵温度が20~40℃の範囲では、温度が高くなるにしたがいテンペの一般細菌数は多くなった。

2. テンペにおける*R. oligosporus*の生育は、相対湿度(RH)85%前後まではほぼ同様によく生育し、それ以下のRHになると急激に劣化した。*R. oligosporus*の生育限界はRH72~70%であった。また、*R. oligosporus*の孢子はRH85%より着生し、これ以下のRHで孢子の着生は増大した。

3. 以上のことより、工業規模で安全にテンペを製造するための温湿度条件は、*R. oligosporus*の生育適温よりやや低い25~30℃、RH90%前後とみなした。

終りに、本研究を行うにあたりご指導、ご助言を賜った(社)中央味噌研究所長海老根英雄氏ならびに東京農業大学教授伊藤 寛氏に深謝いたします。

文 献

- 1) STEINKRAUS, K. H.: Handbook of Indigenous Fermented Foods, Microbiology series, vol. 9, p1~94 (1983)
- 2) 松本伊左尾・今井誠一:新潟食品研報, 24, 1 (1989)
- 3) 松本伊左尾・今井誠一:新潟食品研報, 24, 5 (1989)
- 4) 松本伊左尾・今井誠一:日食工誌, 投稿中
- 5) 松本伊左尾・今井誠一:新潟食品研報, 24, 9 (1989)
- 6) 大内弘造・石戸輝雄・菅間誠之助・野白喜久雄:醸協, 62, 1029 (1967)
- 7) 菅野信男・藤井 均・梅田修治・福田整・佐藤 信:醸協, 77, 333 (1982)
- 8) MARTINELLI, A. and HESSELTINE, C. W.: Food Technol., 18, 167 (1964)
- 9) WANG, H. L., VESPA, J. B. and HESSELTINE, C. W.: Appl. Microbiol., 27 906 (1974)

