施した場合, 30分では耐久性にかなりの差を生ずるが15分処理では耐久性の差はほとんどみられない。ここで処理Ⅱによる酵母の15分と30分処理による菌体成分では, 炭水化物含量の差が目される。炭水化物含量の減少は既述のようにアミノ態窒素およびそれ以外の窒素化合物の増加を伴うから炭水化物含量のみで耐久性への影響を論ずることは適当でないが, 経験的にパン酵母では30%以上の炭水化物含量の必要性が考えられており, ここにのべたようなデータを集積することによって耐久性に影響する炭水化物含量のある程度の限界を示すことも可能ではなかろうかと推察する。

処理Ⅰのように培地糖量を規制しつつ窒素同化を行わせることによって炭水化物の減少を僅少にとどめ醗酵力を高めることができるが, この処理は比較的長時間行っても不都合はおこらない。140分処理の結果を第5図に示した。このような場合先に指摘したごとく, 出発酵母に比し, 倍以上に増加したアミノ態窒素が耐久性に影響していない。この著しい例として炭水化物37%, アミノ態窒素0.38%の酵母を処理Ⅰで80分窒素吸収させ, 炭水化物31%, アミノ態窒素1.10%となった酵母の90時間後の耐久性が90を示した。一般にパン酵母の耐久性を成分含量から判定する場合, 炭水化物含量と蛋白質含量が考慮されるが, 上述の例で増加したアミノ態窒素0.72%を酵母蛋白質計算法で6.45を乗じて換算すると4.6%となり, これはかなり大きい数値である。したがって耐久性を考える場合, アミノ態窒素含量のみで考えることはもちろん早計であり, また全窒素ないしは蛋白質含量をもとにする場合もその成分構成を考慮して検討する必要がある。

要 約

熟成を経たパン酵母に窒素を吸収させると遊離アミノ酸を再生し, 蔗糖醗酵力が著しく増加するが, アミノ態窒素の再生は培地中の糖量に左右され, ある程度まで糖量の多いほど再生量も多くなる。菌体の炭水化物, 窒素含量, 核酸の分析から培地の糖量を規制することによりこれらの変化をある程度調節することができ, 炭水化物の減少を僅少にとどめて窒素同化を行わせることによって酵母の耐久性についても好結果をえた。また耐久性に対する菌体の窒素含量の影響のうち, アミノ態窒素への考慮が必要であることを論じた。

(1) 林部正也, 松本鉦太郎: 本誌, 32, 594 (1958).	69, 607 (1955).
(2) 林部正也: 本誌, 32, 599 (1958).	(7) パン用酵母試験法: イースト工業会(1956).
(3) 津村信蔵, 佐藤友太郎: 食糧研, 13, 1 (1958).	(8) 林部正也, 野瀬芳夫: 日本化学会第10年会(1957)講演.
(4) H. O. Halvorson, S. Spiegelman: <i>J. Bact.</i> , 65, 498 (1953).	(9) M. Hayashibe, Y. Nose: <i>Bull. Agri. Chem. Soc. Japan</i> , 22, 363 (1958).
(5) W. F. Trevelyan, J. S. Harrison: <i>Biochem. J.</i> , 50, 298 (1952).	(10) H. O. Halvorson, W. Frey, D. Schwemmin: <i>J. Gen. Physiol.</i> , 38, 549 (1955).
(6) B. J. Katchman, W. O. Fetty: <i>J. Bact.</i> ,	

[農化 第35巻, 第10号, p.938~941, 1961]

パン酵母の醗酵力に対する窒素源同化の効果 (第2報)*

マルトース醗酵について

津村信蔵, 佐藤友太郎 (農林省食糧研究所)

昭和36年1月30日受理

前報⁽¹⁾において, パン酵母に短時間窒素源を同化させることによって蔗糖溶液における醗酵力が高まり, 条件を規制すれば耐久性を低下させることなくその効果をあげうることを報告した。

一般に普通パン生地における醗酵では小麦でんぷんから生ずるマルトースの醗酵が, かなりの部分を占めると考えられるので, 前報と同様な短時間の窒素源の同化が酵母のマルトース醗酵力に及ぼす効果について検討した。酵母によるマルトース醗酵の適応酵素生成には, 遊離アミノ酸の関与することが知られている⁽²⁾。市販パン酵母

* Effects of Nitrogen Assimilation on the Fermentation Activity of Baker's Yeast. Part II. On the Maltose Fermentation.

By Nobuzo TSUMURA and Tomotaro SATO (Food Research Institute, Ministry of Agriculture and Forestry)

ではほとんどがマルトース醗酵能をもっているが、その活性のかなり強いものと弱いものがあり、これらの酵母がいわゆる熟成に関連して窒素飢餓的な培養と窒素吸収の処理をうけた場合に、マルトースの醗酵力にあらわれる効果をしらべ、また前報でのべたような高濃度の蔗糖溶液の醗酵力に対する効果と比較して考察した。

実 験 方 法

試料は市販パン酵母およびこれを種として Olson and Johnson⁽³⁾ の培地に 30° で静置増殖させたものを用いた*。窒素飢餓培養、窒素吸収処理、遊離アミノ態窒素の測定および蔗糖醗酵の測定は前報と同様である (窒素吸収用培地の糖源は酵母量に対し 4% のグルコースを使用した)。マルトース醗酵力の測定は前報に同じく振盪醗酵装置を用い、下に示す組成の醗酵液で所定時間内に発生する炭酸ガスにより置換された飽和食塩水の ml であらわした。基本醗酵液組成は次のとおりである。NaH₂PO₄·H₂O 69 mg, MgSO₄·7H₂O 40 mg, KCl 16 mg, ビタミン B₁ 80 μg, ピリドキシン 80 μg, ナイアシン 80 μg, くえん酸緩衝液 (M/3, pH 5.1) 2 ml, マルトース 1 g, 酵母 150 mg (乾物として), 全量 20 ml (この基本溶液における醗酵力を F_M, これにグルコースを添加した場合の醗酵力を F_{MG}, 窒素源として塩化アンモン添加の場合を F_{MN}, 二者添加の場合を F_{MGN} と略記する)。

第 1 表 市販酵母のマルトース醗酵力

試料 No.	時間 (分)	60	120	180	240
F _M	1	0	9.0	30.5	54.0
	2	0	8.0	29.5	54.5
	3	0	4.0	20.0	41.2
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
F _{MG} *	1	10.0	26.0	48.0	70.0
	2	10.0	27.5	48.0	68.5
	3	10.0	19.5	38.0	54.0
	4	7.0	9.0	15.5	25.0
	5	4.0	4.0	4.0	6.0
F _{MN} **	1	0	30.0	83.0	153.5
	2	0	33.0	91.5	163.0
	3	0	21.5	70.0	138.0
	4	0	0	0	27.5
	5	0	0	0	10.5

附 試料のアミノ態窒素含量

試料 No.	1	2	3	4	5
アミノ N (%)	0.70	0.64	0.59	0.51	0.39

* 醗酵液 20 ml にグルコース 71 mg 添加

** 醗酵液 20 ml に NH₄Cl 22 mg 添加

第 1 図 N 同化酵母の醗酵力 F_{MG}

試料 No.	1	2	3
アミノ態窒素%	0.38	0.75	0.88
1: 出発酵母			
2: N 吸収 20 分			
3: N 吸収 40 分			

実験結果と考察

1. 市販酵母のマルトース醗酵力 市販酵母 5 点のマルトース醗酵力を第 1 表に示した。これによると糖源としてマルトースのみが存在する場合にはいずれも 1 時間またはそれ以上の誘導期を経て醗酵を示すようになり、その活性には試料間に著しい差がある。グルコースを添加することによって誘導期は短縮されるが醗酵力の差は明らかで、窒素源として塩化アンモンを添加すると醗酵力は賦活され、活性の差も大きくなる。醗酵液中に添加した窒素源は酵母に利用吸収されると考えられるから、第 1 表に示した F_{MN} の結果はすでに酵母のマルトース醗酵に対する窒素同化の効果を示唆するものであるが、酵母が容易に窒素同化を行いうる状態、つまり窒素源がグルコースのようなエネルギー源と共存するマルトース醗酵液においても、あらかじめ酵母に窒素同化の処理を施しておくことが効果を現わすか否かが問題であろう。またアミノ態窒素含量からみてもこれらの試料はその培養履歴とく

に熟成の程度を異にすることが考えられ、醗酵力の低いものがア

ミノ態窒素含量低く熟成の進んだ酵母であることが注目される。

以下に窒素吸収の効果を窒素飢餓処理と関連させながら考察した。

2. マルトース醗酵に対する窒素源同化の効果 既述の方法

で試料に窒素吸収を施しその効果をしらべた。第 1 表にみるよう

に F_M では誘導期があらわれるので、これを解消するため醗酵液

全量 (20 ml) に対し 71 mg のグルコースを添加した。添加量を

この倍量以上になると醗酵の立上りは早い、グルコース消費以

後のマルトース醗酵速度が逆に低下する傾向がある。窒素の同化

によって無窒素マルトース液の醗酵力 F_{MG} は顕著な増加を示し、

無処理では見かけ上醗酵力 0 のものでも処理によって醗酵力を示

した(第 1 図)。逆に窒素飢餓処理を行うと醗酵力は低下し、これ

に再び窒素吸収を行えば醗酵力も高くなる(第 2 表)。つまり F_{MG}

においては窒素飢餓、窒素吸収によって直接的に増減するアミノ

態窒素含量と平行して醗酵力の増減があらわれる。これは筆者

ら⁽⁴⁾がさきに蔗糖醗酵において窒素飢餓と吸収を交互に処理した

際に酵母の醗酵力が増減するアミノ態窒素と鋭敏に対応して増減

* 同一銘柄酵母は同一試料 No. で示した。必ずしも同日製酵母ではない。

第 2 表 窒素飢餓と窒素吸収の効果

	出発 酵母	N 飢餓 60分	出発* 酵母	N 吸 収		
				20分	80	140
F _{MG} (3時間) ml	48	28	30	61	74	80
アミノ N %	0.64	0.40	0.41	0.75	0.94	0.97

試料 No. 2 * 製品酵母を 60 分 N 飢餓処理したもの

第 3 表 処理酵母の醱酵力

	F _{MG} (3時間の値 ml)		アミノ態 N(%)	
	試料 No. 5	No. 2	試料 No. 5	No. 2
出 発 酵 母	65.5	138	0.48	0.65
N 吸 収 20 分	94.5	145	0.74	0.88
N 飢 餓 60 分	—	136	—	0.41

生地醱酵力* ml (試料 No. 5)

	第 I 醱酵	第 II 醱酵	第 III 醱酵
出 発 酵 母	230	255	315
N 吸 収 20 分	240	280	345
N 吸 収 40 分	245	315	385

* 生地組成: 小麦粉 100g, 食塩 1.75g, 酵母 2g

することを観察したのと同様である。またその際、窒素飢餓の処理が過度にわたるとその後に窒素吸収を行っても醱酵力は復原しないことを指摘したが、前項第 1 表にあらわれたマルトース醱酵力の差は以上の結果からある程度まで熟成の程度の問題として解釈できるものと思われる。

上述のように無窒素溶液におけるマルトース醱酵では窒素吸収または飢餓の処理に応じて酵母の醱酵力は増減を示すが、醱酵液

に窒素源を加えた場合は醱酵力にあらわれる効果は一様でない。溶液での F_{MG} に効果を示す酵母については、これを生地試験に供した場合も顕著な生地膨脹力の増加を示すが、窒素吸収または飢餓の処理によって F_{MG} に効果を示さぬ酵母がある (第 3 表)。これらは第 1 表に示した試料 1~3 のように本来高いマルトース醱酵力を有する酵母であり、第 3 表にみるように窒素飢餓処理によってアミノ態窒素がかなり低い状態にまで処理をうけても F_{MG} において醱酵力の著しく低下することはなく、また窒素源を同化しても醱酵力の増加は少い。このような相異は短時間の窒素飢餓の処理効果からは説明しえないもので、以下に今少し検討を試みた。

また、高濃度の蔗糖溶液の醱酵においては窒素飢餓または窒素吸収処理した菌体を含む醱酵液に窒素源として塩化アンモンを添加しても醱酵力の相対的な大小に変化はなく、醱酵力そのものは窒素源無添加の場合よりもむしろ低下する。つまりマルトース醱酵において、F_{MG} では窒素吸収または窒素飢餓の効果が鋭敏にあらわれるが F_{MG} では処理の効果が非常に少いという上述の結果は、処理によって顕著に醱酵力の増減を示す高濃度の蔗糖醱酵とはかなり異るとみられるので、この点も比較検討した。

3. マルトース醱酵と高濃度蔗糖醱酵 製品酵母を種とし、Olson and Johnson の培地に静置して約 7 倍に増殖させたものを遠心分離し、これに窒素飢餓処理を行ってマルトース溶液および蔗糖の高濃度溶液の醱酵力をしらべた。出発酵母は増殖して熟成を経ない酵母であるから、これに窒素飢餓処理を行うと高濃度の蔗糖醱酵力が増加してゆくことは既報⁽⁴⁾のとおりで、醱酵液に塩化アンモンを添加しても同傾向を示す (第 2 図)。しかしマルトース醱酵では、醱酵液中の窒素源の有無によって醱酵力に著しい相異を示す。すなわち F_{MG} では窒素飢餓処理によって活性が増大するが、F_{MG} では処理によって醱酵力は低下する。ただしこの場合でも醱酵の初期においては処理 80 分の酵母が出発酵母よりも若干高い値を示したから、酵母の醱酵活性そのものは適度な窒素飢餓処理により高められることはたしかである。そして醱酵時間が長くなると F_{MG} では菌体内の遊離アミノ窒素含量が直接的に醱酵力に影響を与え、F_{MG} では細胞が醱酵液中の窒素を利用補給することによりこの程度の窒素飢餓を経た場合には醱酵力の増大を示すものと考えられる。一方高濃度の蔗糖醱酵では処理によって菌体が一般的な醱酵活性を高められる外に、高濃度に耐えて醱酵するある資質をうるものと解される。

第 2 図 未熟成酵母に対する窒素飢餓処理の効果

- 1: 蔗糖醱酵力 F₅₀
 2: F₅₀ 醱酵液に NH₄Cl 22mg 添加
 3: マルトース醱酵力 (基本溶液にグルコース 71mg 添加)
 4: 3 の組成に NH₄Cl 22 mg 添加

	出発酵母	80分処理後	120分処理後
遊離アミノ酸	0.79	0.51	0.40

第 3 図 醗酵力に対する窒素飢餓と窒素吸収処理の影響

試料 No. 2

● — ● 蔗糖醗酵力 F_{50}
 × — × マルトース醗酵力 (基本溶液にグルコース 71mg, NH_4Cl 22 mg 添加)

A: 第 1 回窒素飢餓処理 60 分 B: 第 1 回窒素吸収処理 20 分
 C: 第 2 回 " " D: 第 2 回 " "
 E: 第 3 回 " " F: 第 3 回 " "

出発酵母 出発酵母 A B C D E F
 各処理後の遊離アミノ酸 (%) 0.79 0.48 0.76 0.32 0.67 0.28 0.59

給されることが知られているが、第 3 図にあらわれた第 2 回と第 3 回の窒素飢餓の効果の相異は、前者の場合はマルトース醗酵に利用されるアミノ酸がそのような内部補給に支えられ、後者においては内部的な補給の余裕がなくなり醗酵液中の窒素を利用するとしてもそこにずれを生じてくることによると解することができる。また F_{MGN} に対する窒素同化の効果は第 1 回よりも第 2 回、第 3 回の方が高くあらわれている。このような一連の交互処理の途中で同じ処理をうけた後の 2 つの酵母、例えば B と D また C と E の処理後の酵母を試料として比較した場合、遊離アミノ態窒素もしくは炭水化物をみてもその両者はそれほど相異なるものではない。しかしこれらを出発酵母として次に窒素飢餓なり窒素吸収を行った場合の効果においては著しい相異があらわれ、ここに累積的な熟成の効果を考慮する必要を示すものといえる。前項 2 において示された F_{MGN} にあらわれる処理の効果の試料による相異の要因として、このような累積的な熟成程度の相異を指摘しうるものと考えられる。

なお高濃度の蔗糖醗酵については、高濃度の醗酵条件からみて当然であるがマルトース醗酵にくらべて窒素の飢餓・吸収処理に対するより早期からの反応、効果の程度また醗酵液中の窒素源の効果などからマルトース醗酵とは異質の活性要因が推定されるであろう。

要 約

パン酵母に窒素吸収処理を行い、窒素飢餓処理とともにその効果をみた。無窒素のマルトース溶液における醗酵力は、窒素吸収または窒素飢餓によって直接増減するアミノ態窒素含量と平行的に上下する。しかし窒素を含むマルトース溶液の醗酵力について窒素吸収処理または飢餓処理の効果は試料酵母によって一様でなく、アミノ態窒素含量などによる熟成度の相異では説明しえない。熟成の累積的な効果を考慮することによって解釈しうることを指摘した。またマルトース醗酵と高濃度蔗糖醗酵の異同を論じた。

- (1) 津村信蔵, 佐藤友太郎: 本誌, 35, 933 (1961).
- (2) H. O. Halvorsen, S. Spiegelman: J. Bact., 65, 498 (1953).
- (3) B. H. Olson, M. J. Johnson: *ibid.*, 57, 235 (1949).
- (4) 津村信蔵, 佐藤友太郎: 食糧研, 13, 1 (1958).