

発酵、整形まで終わったパン生地を -20°C くらいに凍結保存したもので、必要に応じて工場内で、あるいはスーパーや町のパン屋まで運んで解凍、焼成される。このようにして製造スケジュールの円滑化を計りながら新鮮パンの提供が可能となるが、この方法の普及を制約している最大の問題点は酵母の凍結障害である。酵母に凍結障害が起こると解凍後に行われる焙炉（ほいろ）時間が著しく長くなるだけでなく、パンは膨脹不十分で内相のすだち、テクスチャー等も劣り、老化の速いものになる。

休止菌体である圧搾パン酵母は強い凍結耐性を持っており、¹⁾ 一方小麦粉には保護作用があることから、酵母を混入して直ちに凍結すると数か月間にわたって安全に貯蔵できる。²⁾ ところが、凍結に先立って僅かでも発酵させると酵母に凍結障害が起こり、1時間程度の発酵でも解凍後の生残酵母数は約1/3に減少してしまう。³⁾

パンの品質上十分な発酵は必須であるが、この発酵工程を解凍後に行うのでは冷凍生地システムのメリットが生きてこない。

生地発酵中に起こる主な変化は、酵母の出芽と発酵生産物の蓄積である。対数期の酵母は凍結障害を受けやすいが、これをパン生地に加えて凍結しても生地の保護作用のためにあまり障害を受けない。しかし普通、発酵パン生地中に生成される1% (v/w) 程度のエタノールと一緒にパン生地に加えると激しい凍結障害が起こる。⁴⁾ エタノールは単独では対数期の酵母を凍結障害から強く保護する作用を示すが、小麦粉がここに加わると凍結障害が現れる。²⁾ つまり、冷凍生地中で酵母に激しい凍結障害が起こるのは、対数期の酵母と小麦粉とエタノールが共存している場合といえる。小麦粉成分中の障害増大因子が何であるかは不明であるが、この3要因の共存下で凍結障害を受け難い酵母が小麦粉毒性タンパクに非感受性であったことから、パン生地中での凍結障害にこの酵母に対する毒性タンパクの関与が考えられる。

1) 田中ら：イースト工業会技報, No. 37, 79 (1969).

2) 田中, 川口, 宮武：食品工誌, 23, 419 (1976).

3) Kline, L., Sugihara, T. F.: *Baker's Digest*, 42(5), 44 (1968).

4) 田中：パン科学会誌, 27(1), 1 (1981).

(農水省・食総研・田中康夫)

嫌気培養プロセスにおけるセルロースの分解利用
バイオマス、特にセルロース性物質の有効利用に関

する研究が、好気性微生物を中心として精力的に進められてきたが、近年、ルーメンやコンポストなどから分離された偏性嫌気性セルロース分解菌も注目されてきた。^{1,2)}

ルーメン細菌である *Ruminococcus albus* と *R. flavefaciens* の嫌気的な混合培養により、40 g/l のセルロースが 48 hr で分解され、培養液 1 l 当たりエタノール 7.3 g, 酢酸 5.8 g および約 8.2 l ずつの CO_2 と H_2 が生成された。³⁾ また、好熱性の嫌気性セルロース分解菌 *Clostridium thermocellum* を流加培養で約 60 hr 培養した場合、供給された 47.5 g のセルロースの 66% が分解され、最終的なエタノールおよび酢酸濃度はともに 4 g/l に達し、この際の還元糖（主にグルコース、セロビオース）濃度は 8.2 g/l であった。⁴⁾ 一方、Rahmatullah ら⁵⁾ は、 40°C で増殖する嫌気性菌 (*Clostridium* sp.) を池の底土より分離した。この細菌は、1日に約 1.5 g/l のセルロースを分解し、還元糖および有機酸（主に C_2 , C_4 の揮発性脂肪酸）を生成した。

以上のように、嫌気的セルロース分解プロセスの特徴の1つは、セルロースの分解とエタノールなどの有用物質の生産が単一槽で同時に行える点にある。また、培養中に通気を必要としないため、*R. albus* の発生するガス (H_2 , CO_2) を指標とすることにより、その嫌気的な半連続培養を自動的にコントロールできるだけでなく、培養の進行と同時に、培養液中における菌体、酢酸、エタノールおよびセルロースの各濃度をモニタリングすることが可能である。⁶⁾

嫌気的、好気的を問わず、微生物によるセルロース性廃棄物の効率的な分解を図ろうとする場合、その前処理が重要な問題となってくる。*R. albus* による新聞紙や稲わらなどの嫌気的分解に関しても、脱リグニン処理やリン酸による膨潤処理はそれらの分解性に大きな影響を及ぼした。⁷⁾ したがって、今後より効果的でしかも経済性に優れた前処理方法の進展が望まれる。また、かなり高いセルロース分解能をもつ *R. albus* の変異株が紫外線照射処理により誘導されており（データは未発表）、今後菌株の改良をさらに重ねていけば、より優れた性質をもつ変異株が得られる可能性は十分にある。

1) Weimer, P. J., Zeikus, J. G.: *Appl. Environ. Microbiol.*, 33, 289 (1977).

2) 田谷ら：農化, 52, 567 (1978).

3) Taya, M. et al.: *J. Ferment. Technol.*, 57, 178 (1979).

- 4) Cooney, C. L. *et al.*: *Biotechnol. Bioeng. Symp.*, No. 8, 103 (1978).
- 5) Rahmatullah, M. *et al.*: *J. Ferment. Technol.*, **57**, 117 (1979).
- 6) Taya, M. *et al.*: *J. Ferment. Technol.*, **58**, 463 (1980).
- 7) 小林ら: 化学工学協会第14回秋季大会要旨集, p. 915 (1980).

(名大・農・食工化・田谷正仁)

酵素の腸管吸収

酵素が、腸管粘膜を介してそのままの形で吸収されることは、ここ数年の間にキモトリプシン,¹⁾ エラスターゼ,²⁾ リゾチーム³⁾ およびペロキシダーゼ⁴⁾ など、いくつかの酵素について報告され、その昔、タンパク質のような高分子物質が、腸管から何らの変化も受けずにとり込まれることはありえない、というような知見が改められるようになった。しかし、この腸管吸収の実態をありのまま知るためには、やはり *in vivo* でそれを解明する必要がある。このような状況下でそれに応じて行われた数少ない実験の1つが、杠, 片山らのリゾチームについての実験である。⁵⁾ ラットの空腸に ¹²⁵I-リゾチームが注入され、投与後約30分で血液およびリンパ液中にその最高濃度を示すことが明らかにされた。この実験では、とくに吸収されたリゾチームの生体液中での選択的測定が、TCA 沈殿性放射活性や、抗体を用いた免疫沈殿性放射活性を測定することで慎重に配慮され、それまでに行われたこの種の実験に比べ格段の進歩がうかがわれる。しかし、より一層説得力のある結果を得るためには、さらに特異性の高い、しかも高感度の定量法で生体液中の酵素を直接定量する必要があるとされた。そこで著者らは、*Serratia* プロテアーゼの腸管吸収を検討するにあたり、近年急速に進歩したラジオイムノアッセイ法の利用を試みたところ、プロテアーゼは、血液およびリンパ液中で α -マクログロブリン (αM , ラットでは α_1 , ヒトでは α_2 といわれている) の影響をうけ、肝腎の抗原抗体反応を示さなくなり、その定量を不能にしてしまった。しかし著者らは、簡単なアセトン処理でそれを克服してそのラジオイムノアッセイを可能にした。⁶⁾ 実験の結果、ラットの十二指腸に投与された *Serratia* プロテアーゼは、投与後1時間内にリンパ液および血液中で最高濃度を示し、またその最高濃度は、酵素の投与量を一定量以上たかめても頭打ちの状態になることを見出した。⁶⁾ しかし、数時間にわたってとり込まれた酵素の総量は、投与量に相関しているため、結局

腸管からの酵素の吸収は、大量の酵素が投与されたとしても、その全量が一度にとり込まれないような仕組みになっていることが推察された。なお、この実験で使われたラジオイムノアッセイ法は、*Serratia* プロテアーゼが、生体液中で αM と特異な複合体を形成しながら酵素活性を発揮するという貴重な収穫をもたらした。⁷⁾ なお、酵素がそのまま腸管からとり込まれる機構についての決定的な解答は、今のところ見当たらないようである。

- 1) Avakian, S.: *Clin. Pharmacol. Ther.*, **5**, 712 (1964).
- 2) Katayama, K., Fujita, T.: *Biochim. Biophys. Acta*, **288**, 172 (1972).
- 3) 杠, 片山, 藤田: 第7回薬物代謝と薬効・毒性シンポジウム講演集, 39 (1975).
- 4) Warshaw, A. L. *et al.*: *Lab. Invest.*, **25**, 675 (1971).
- 5) Miyata, K., Tsuda, M., Tomoda, K.: *Anal. Biochem.*, **101**, 332 (1980).
- 6) Miyata, K. *et al.*: *J. Appl. Biochem.*, **2**, 111 (1980).
- 7) Miyata, K., Nakamura, M., Tomoda, K.: *J. Biochem.*, in press.

(武田薬品・中研・友田勝巳)

クロマトグラフィーにおけるプラズマ発光分光法の応用

異種の装置を結合した“ハイブリッド法”と呼ばれる方法の進展は、最近、著しいものがある。ガスクロマトグラフィーや液体クロマトグラフィーとプラズマ発光分光法との結合も、この流れに沿うもので、ここ数年間に微量な生体物質や環境物質の同定、定量への応用も報告されるようになった。

プラズマ発光分光法は、数千~1万度程度のプラズマ中に試料を送入し、目的元素の発光強度を測定し、その濃度を定量する。その装置はプラズマ生成の方法により、直流プラズマ (DCP), マイクロ波誘導プラズマ (MIP), 誘導結合高周波プラズマ (ICP) などに大別される。この方法とクロマトグラフィーとの結合の利点は、従来の検出器が、電子捕獲や熱伝導などの分子の性質を利用したのに対し、原子発光という原子の性質を利用しているため、感度および選択性が著しく向上することにある。最初の研究は、McCormackら¹⁾によりMIPを用い報告されたが、5~10 mmHgほどの低圧のアルゴンやヘリウムを用いなければならず、ガスクロマトグラフとのインターフェースが複雑であった。しかし、1976年にBeenakker²⁾が、ガスクロマトグラフとの連結が容易な大気圧ヘリウム使用のMIPを開発し、ハロゲン、炭素、窒素等も高感度で定量可能なことを示してから、実用面での応用が進展し