



酵母でチョコレート

佐藤亮太郎

微生物に油脂が蓄積されるという現象は、1世紀以上前に見いだされており、菌株によっては、乾燥菌体重量あたり60%以上も蓄積すると報告されている。1970～80年代にかけて、大スケールでの発酵生産技術の進歩や油脂の価格上昇により、この微生物油脂についての関心が高まり、特に酵母の培養による油脂生産の実用化について、さまざまな検討がなされた。なお、ここでいう油脂とはグリセロール骨格に3つの脂肪酸が結合しているトリアシルグリセロールのことを指している。

油脂というと、揚げ物や炒め物に日常的に使用している液状の油が真っ先に頭に浮かぶと思うが、我々がお菓子として食べているチョコレートにも油脂が使用されている。チョコレートに使用されている油脂はココアバターといい、常温では固体で、口に入れると口どけよく溶けるという特徴をもっている。

ココアバターが他の油脂よりも高価であることから、同じような性質をもつ油脂、いわゆる「ココアバター代用脂(チョコレート用油脂)」を微生物から作ろうという検討が1970～80年代にかけて行われた¹⁾。ココアバターは脂肪酸組成から見ると、パルミチン酸(P, 16:0)、オレイン酸(O, 18:1)、ステアリン酸(S, 18:0)の3種類の脂肪酸で構成され、リノール酸(18:2)、 α -リノレン酸(18:3 (n-3))のような多価不飽和脂肪酸含量が少ないという特徴がある。また、トリアシルグリセロールの組成は、両端の1, 3位に飽和脂肪酸であるパルミチン酸とステアリン酸、真ん中の2位に不飽和脂肪酸であるオレイン酸を持つ3種類の対称型トリアシルグリセロー

ルのPOP, POS, SOSが全体の80%以上を占めている。この脂肪酸組成と対称型構造がチョコレートの硬さと口どけに寄与している²⁾。

Cryptococcus 属酵母が生成する油脂の脂肪酸組成をココアバターと比較すると、ステアリン酸の量が少なく、ステアリン酸が不飽和化されたオレイン酸、リノール酸、 α -リノレン酸が多いというケースが多いため(表1)³⁾、チョコレート用油脂にするためには、脂肪酸組成を改変する必要がある。脂肪酸組成の改変については、培地中にステアリン酸、ステアリン酸エステルを添加する方法やステアリン酸の不飽和化に働く $\Delta 9$ デサチウラーゼ変異株の作製、ステアリン酸高生成株のスクリーニングなどが試みられた。これらの検討により、ココアバターに非常に近い組成に調製することができているが、まだ、 α -リノレン酸や長鎖脂肪酸(24:0)の混入が見られ(表1)、品質的には改善の余地が残っている。

チョコレート用油脂の発酵生産については、200 m³ フェルメンターを使用したパイロットプラントの試験まで行われたが⁴⁾、コスト的に優位に立てないという判断から、これ以上の研究は進められず、いったん終息していったようである。しかし近年、地球温暖化防止のためCO₂削減の機運が高まり、バイオ燃料が注目されるなか、酵母による油脂生産が再び見直されてきている。また、油脂蓄積に関わる遺伝子群についての解析⁴⁾や脂肪酸の不飽和化にかかわる遺伝子の転写制御機構の解析⁵⁾、生産プロセスを考えた場合、コスト低減に大きく寄与すると考えられる油脂を分泌する菌の報告など、過去に検討が行われていた時には明確ではなかったことが解明されつつある。これらの知見を統合していくことで、将来的には酵母によるチョコレート用油脂の生産も可能になるのではないかと期待しているところである。

表1. ココアバターと微生物生成油脂の脂肪酸組成 (文献3より一部改変)

	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3 (n-3)	24:0
<i>Cryptococcus curvatus</i> Wt ^a	30	15	45	5	0.5	2
<i>C. curvatus</i> NZ ^b	18	24	48	3	1	2
<i>C. curvatus</i> R26-20 ^c	15	47	25	8	2	—
<i>C. curvatus</i> R25-75 ^c	33	25	33	7	1	—
<i>C. curvatus</i> F33.10 ^c	24	31	30	6	—	4
Cocoa butter	23-30	32-37	30-37	2-4	—	—

^aWt, ワイルドタイプ

^bNZ, ステアリン酸高生成株 (200 m³ 培養試験に使用)

^c $\Delta 9$ デサチウラーゼ部分切断株

- 1) Davis, R. J. and Holdsworth, J. E.: *Adv. Appl. Lipid Res.*, **1**, 119 (1992).
- 2) 日本油化学会編: 油脂・脂質の基礎と応用—栄養・健康から工業まで— (2005).
- 3) Cohen, Z. and Ratledge, C. (ed.): *Single Cell Oils*, p.7 (2005).
- 4) Nakagawa, Y. et al.: *J. Bacteriol.*, **183**, 745 (2001).
- 5) 神坂: 生物工学, **86**, 479 (2008).