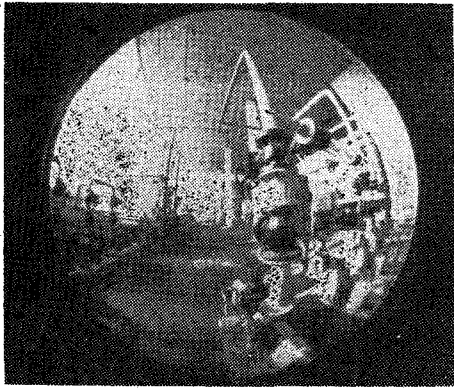


微生物에 의한 油脂의 生産



서 론

油脂는 食品中 重要な 營養成分이다. 그러나 많은 量이 必要한 蛋白質과 달라서 日常, 2~3mg의 不飽和 必須脂肪酸를 必要로 하기 때문에 결핍되는 일은 그리 흔하지 않다. 그러나 食品學的인 면에서 油脂는 여러가지 重要的 기능을하고 있음은 周知의 사실이다. 이를 위하여 大豆油·야자유·낙화생유등 주로 植物性油約 1천 6백만톤에 달하는 油脂가 食品의 구성분 또는 마아가린·셀러드유·크림등의 형태로 직접 또는 간접적으로 널리 이용되고 있다. 또한 그 사용량은 매년 증가하고 있으며 특히 후진국에서 그 수요는 한층 증대되고 있다. 뿐만 아니라 食品工業이외의 페인트, 바니쉬, 세제등의 제조가 활발한 나라에서는 그의 수요가 더욱 크다. 그래서 매년 약 4천5백만톤에 달하는 유지가 생산되고 있으며 금액으로 환산하면 약 200억불에 달하는 엄청난 값이다.

微生物이 油脂를 생산한다는 것은 오랜 옛날부터 잘 알려진 사실이지만 1950년대 이전까지는 유지분석에 관한 기술이 발달되지 못하여

曹 哉 銑

(同德女大 教授)

크게 진전을 보지 못하였다. 이것을 食用化하려는 시도는 二次世界大戰에 앞서 독일에서, 公業적인 규모로 제조된바 있으나 지금은 중단되고 있다. 최근의 자원파동은 앞으로 그資源의 不足을 대비하여 世界各國에서 單細胞蛋白質(SCP)과 마찬가지로 炭化水素를 원료로 한 유지생산에 대하여 활발히 연구가 진행되고 있다. 유감스럽게도 현단계하에서는 미생물에 의한 유지의 생산이 경제성이 없다고 한다. 그러나 이러한 經濟性이란 世界各國의 經濟政策에 따라 항상 流動的이다. 즉 대부분의 食用油脂原料를 생산하는 低開發國은 현재가 공하지 않은채로 원료를 수출하고 있지만 언제까지나 그대로 수출하지 않고, 그비들 자신이 搾油·精製·加工하여 完製品을 수출하기를 원하고 있으며 그것은 조만간 이루어질 것이다. 그렇게되면 油脂의 消費者가격은 자동적으로 上昇할 것이며 그럴경우 아직은 경제성이 없는 미생물에 의한 유지의 생산도 工業化가 가능하게 될것이다.

油脂資源이 不足한 우리나라는 부족한 유지원료의 국내생산을 위하여 여러가지 장려책을 쓰고 있으나 급격한 수요증대를 충족시키지 못하여 많은 량을 수입해 오고 있는 실정이다.

만일 미생물에 의한 유지의 생산이 實用化된다면 油脂原料의 外國依存度를 대폭 줄일수있을 것으로 기대되어 현재까지 연구된 것을 단편적으로나마 소개하고자 한다.

油脂生産 微生物

油脂蓄積能이 높은 微生物은 일반적으로 細胞의 增殖을 위해서 炭素를 最大限으로 이용하여 有機酸 其他의 代謝産物을 多量으로 生成하지는 않는다. 보통 微生物細胞의 油脂함량은 2~3%에 불과하지만 이들 微生物은 배양 조건에 따라서 60%(건물중) 이상 축적하는, 경우도 있다. 이들 油脂蓄積能이 큰 微生物들을 열거하면 表 1과 같다. 즉 表에서 보면 細菌이나 藻類의 油脂함량이 가장 많으나 일반적으로 이들보다는 오히려 효모나 곰팡이가 유지 생산에 적합하다고 생각되고 있다. 이들 미생물의 지방생성능은 배지조성이나 배양조건에 따라서 크게 달라진다.

表 1. 油脂 生産 微生物

미 생 물	배 지	지방함량 (w/w)	지 방 생 성 율
<i>Candida</i>	n-alkane	42	22
<i>Rhodotorula gracilis</i>	포도당	64	15~21
<i>Aspergillus ferreus</i>	포도당	57	13
<i>Aspergillus nidulans</i>	포도당	51	17.2
<i>mucorcircinelloides</i>	설탕	46~56	10~14
<i>Chaetomium globosum</i>	—	54	—
<i>Crypto coccus tericolus</i>	포도당	65	21
<i>nocardia</i>	n-paraffin	78	57
<i>Chlorella pyrenoides</i>	탄산가스	85	—

※ fat coefficient(지방생산량 (g)/사용된 기질량 100g) × 100

油脂生成에 영향을 미치는 因子

미생물 세포의 유지함량은 배양조건에 따라서 현저하게 다르지만 실용적인 견지에서는, 세포의 含油量을 최대로 하는 것만이 最良의

方法이라고는 할 수 없다. 油脂生成量은 細胞의 油脂含量과 菌體量의 積으로 결정되므로, 油脂含量을 最大로하는 조건이 세포의 유지함량 또는 세포자체의 수량을 최대로하는 조건과는 다르다.

1) 窒素의 농도(C/N Ratio) : 일반적으로 배양액중에 질소화합물이 많으면 細胞中の 단백질함량은 증가하고 반대로 질소화합물이 결핍되면 油脂가 축적된다. 또한 배지중에 탄소화합물의 농도가 클수록 油脂蓄積이 증가한다. 질소源과 탄소원의 균형은 培養液中の 탄소질량과 질소량과의 비율로 表示되며 각각의 絕對量에 制限이 있는 것은 물론이다. 질소원이 너무 적으면 세포의 유지함량은 크더라도 세포의 증식이 현저하게 감소되고, 炭素源이 過大하면 삼투압때문에 세포량은 감소한다. 여러 미생물들의 유지생산의 最適 C/N Ratio를 보면 *Trichosporon*당 7.5/질소 0.0233, *Fusarium* 당 130.11/peptone 및 *Rhodotorula gracilis* 당 100/질소 0.5이다. 그러나 배양시간에 따라서 이러한 배지조성을 탈리하므로써 유지생산량을 조절할 수 있다. 즉 발효초기에 질소원을 많이 주어 미생물을 증식시키고 후기에 당이 많은 배지에서 배양하므로써 油脂蓄積량을 높이려는 연구가 시행되어 단백질함기에는 數 10%에 불과하던 油脂가 後期에 數 10%로 증가됨을 알수 있었다. 질소원의 종류에 따라서도 유지 축적양상이 달라진다고 한다. 한편 *Nocardia*에 의한 n-alkane으로부터의 유지 축적에서는 탄화수소량과 접종균체량과의 비율도 중요하며 이 비율이 7:1의 경우에는 양호한 생육을 하지만 20:1에서는 전혀 생육하지 않았다. 이때 사용한 질소원으로서 유안0.1% 또는 aspartic acid 0.1%를 사용하였고, 유지 축적량은 70%이상이었다고 한다.

2) 酸素, 溫度, pH 및 鹽類 : 微生物油脂는

醱酵油脂의 脂肪酸組織

表 2.

(단위 : %)

미생물	지방산	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3
<i>Candia 107</i>		37	1	14	36	8	
<i>Lipomyces lipofer</i>		17	4	10	48	16	3
<i>Lipomyces starkeyi</i>		40	6	5	44	4	
<i>Rhodotoruļa gracilis</i>		20	2	1	42	21	8
<i>Aspergillus terreus</i>		23	tr	tr	14	40	21
<i>Chaetomium globosum</i>		58	3	8	27		
<i>Pythium ultimum</i>		23	9	7	22	15	2

基質로 사용한 糖類보다도 還元된 상태이지만 微生物이 油脂를 생성하는데에는 充分한 酸素供給이 필요하다. 즉, 지금까지 실험된 微生物은 전부 산소공급이 충분할때 다량의 油脂를 생산하고 있다.

한편 培養適溫은 일반적인 微生物 생육의 適溫과 一致하여 25°C 前後에서 잘 자란다. 배양온도는 유지함량은 물론 유지의 화학적조성에도 영향을 미치는바 이에 대하여는 後述하겠다.

또한 最適 pH는 微生物의 종류에 따라서, 다르지만 *Nocardia*는 중성, 효모는 3.5~6.0 사상균은 중성~微알칼리성이 좋았다고 한다.

鹽類는 일반적으로 微生物의 생육에 적당한 농도보다는 약간 높은 농도에서 유지가 축적되는 경향이 있으나 너무 높으면 저해작용이 있다.

醱酵油脂의 特性

油脂의 品質을 評價함에 있어서 가장 重要한 것은 구성 脂肪酸의 種類와 그 分布이다. 各種 醱酵油脂의 지방산 조성을 보면 表 2 및 그림 1과 같다. 表 2에서 보는바와 같이 微生物유지의 지방산 종류와 그 비율은 식물성유지와 유사하며 결코 그 품질이 떨어지지 않는다. 또한 그림 1에서 보는바와 같이 glyceride

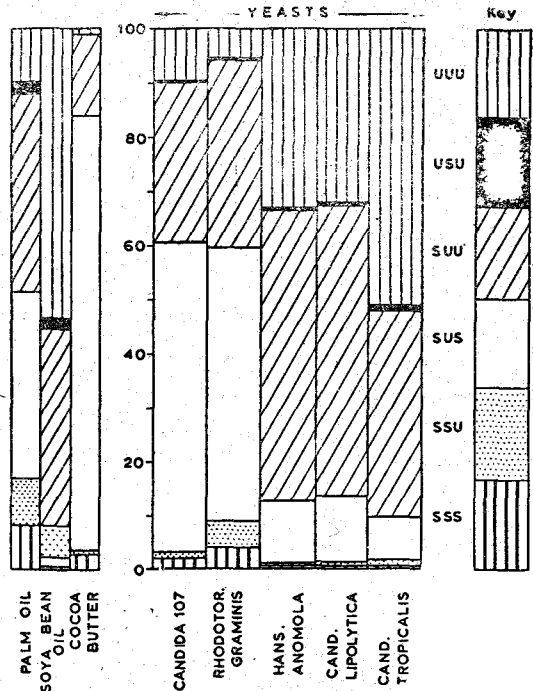


그림 1. 각종 효모지방으로부터 추출된 글리세라이드중 지방산의 분포

S: 포화지방산(주로 palmitic acid, stearic acid)

U: 불포화 지방산(주로 oleic acid, linolenic acid)

중 이들 지방산의 분포도 식물성유지와 비슷하여 1-aleyl(또는 palmityl)-2-oleyl-3-palmityl 또는 oleyl)-glycerol이 가장 많다. 한편 油脂中の triglyceride 함량은 균주에 따라 30~90%로 다양하나 가능하면 식물성유지처럼 그 함량이 높은것이 바람직하다. 그밖에, 燐脂質, Sterol 및 ester등은 약간들어 있을뿐이다.

일반적으로 菌體中 脂質함량이 증가하면 지

방산함량의 증가·불검화물의 상대적인 감소 포화지방산의 증가등의 경향을 보이며 이와같은 양상은 pH, 온도등의 培養條件에 따라 달라진다.

油脂의 品質은 그의 價格으로 評價될수있다. 물론 유지의 특성과 그에 따른 활용도 이외에 가격구조에 따라 결정되겠지만 일반적으로 linoleic acid (18:2)의 함량이 중요한 指標가 되어 그 함량이 50%이상 함유된 유지는 약 800~900弗/ton이다. 이는 보통 톤당 600弗인 유지에 비하여 상당히 비싼 값이라고 할수 있다. 따라서 表 2에서 보는바와 같이, *Asperigillus terreus*의 油脂는 야자유와 비슷하여 *Candida*나 *Lipomyces starkeyi*의 油脂보다 우수한 편이다.

油脂生成 微生物의 培養

油脂의 함량이나 품질을 고려하여 선정된균은 어느 것이나 深部배양에 잘 자랄수 있어야 하고 값싼 炭素基質에 잘 자라야 한다. 이미 말한바와 같이 微生物의 번식과 성장이 끝난 다음에 脂肪이 增加하는바 그 양상은 그림2와 같다. 즉, 培地中の 제한인자는 窒素이며 그

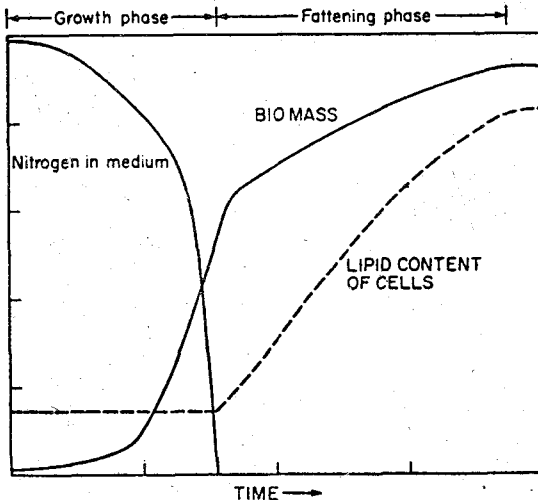


그림 2. 미생물 성장과 유지축적

밖에도 HPO_4^{2-} 나 Mg^{2+} 가 일반적인 細胞增殖에 제한인자이다. 형성된 지방은 脂肪球의 형태로 細胞內에 축적된다.

미생물유지 생산을 위하여는 대부분 回分培養을 실시하고 있으나 최근의 연구보고에 의하면 連續培養이 더 경제성이 있다고 한다.

회석율이 다른 질소제한 배지에 연속배양한 효모의 축적양상을 보면 그림 3과 같다. 즉질소 회석율은 미생물의 성장속도를 좌우하며 회석율이 적을수록 미생물은 잘 자란다. 일단 자란 효모는 醱酵槽에 오래 방치하게 되면 지방이 축적된다. 만일 너무 회석된 배지에서 효모가 자라게 되면 배지 소모량이 너무 많고 형

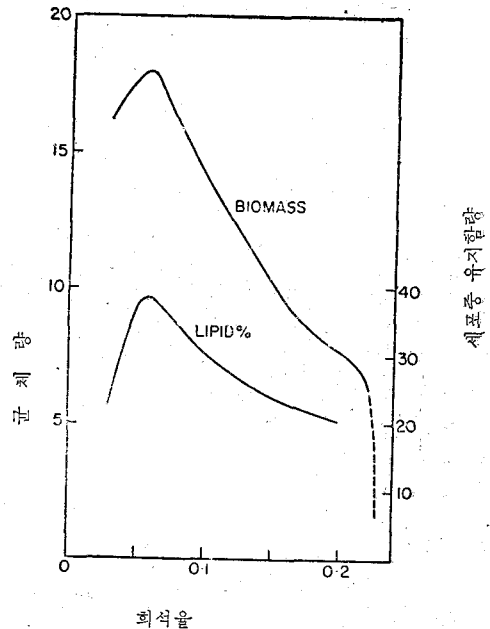


그림 3. 질소제한 배지에 연속배양한 *Candida 107*의 유지생성

성된 지방도 소모된다. 이때 효모중의 지방함량은 40%로 回分培養時와 거의 같으며 脂肪酸組成도 類似하다. 基質의 脂肪에의 轉換率은 연속배양의 경우가 오히려 좋았다고한다. 마치 單細胞蛋白質을 연속배양에 의하여 생산하는 것처럼 단세포 油脂生産도 연속배양이, 가능하게 될것이다. 미생물 유지의 축적을 위

해서 발효조에 오래 두게되면 생산량(제품 g/배지 l/시간)이 적어지겠지만 단백질생산과는 달리 균체농도를 높이면 그러한 단점을 보완할수 있다.

한편 유지의 품질에 가장 중요한 지방산의 조성은 사용하는 배지조성 및 通氣量, 溫度 및 pH등의 조건에 따라 변화되는바 온도에 따른 변화를 보면 表 3과 같다. 즉 온도에 따른 변화와 균의 종류에 따라 온도에 대한 감수성이 큰것을 알수있다. 저온에서 배양하면 지방의

流動性이 증가 하는바 이는 불포화 지방산및 저급지방산이 증가하기 때문이다.

지방산의 조성은 炭素源以外的 영양소에 따라서도 변화한다. 특히 n-alkane에 미생물을 배양할 때 그 영향은 더욱 크다. 즉 n-alkane이 산화되어 지방산으로 변화되고 Chain이 길어지는바 *Candida*를 C₁₂~C₁₆의 n-alkane에 배양한 결과는 그림 4와 같다. 유감스럽게도 여러 劃分이 혼합된 Paraffin까지도 현재로는 너무 비싸고 더구나 Alkane은 크게 변화되지

表 3. 미생물 유지의 지방산 조성에 미치는 온도의 영향

온도 %	주요지방산의 비율					불포화 지방	% Poly-unsaturated			
	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3					
<i>Candida utilis</i>										
30°	12	1	34	48	3	88	51			
20°	11	0	27	43	12	89	55			
15°	16	0	26	33	17	84	50			
<i>Penicillium soppii</i>										
34°	18	4	18	43	14	77	57			
25°	20	5	8	48	15	73	63			
15°	21	5	4	51	16	73	67			
<i>Rhodotorula gracilis</i>										
35°	21	10	45	18	2	66	20			
27°	14	12	53	12	4	71	16			
20°	22	8	53	10	3	68	13			
<i>Candida tropicalis on n-alkanes</i>										
	10:0	13:0	15:0	16:0	16:1	17:0	17:1	18:0	18:1	% Unsaturated
40°	—	1	16	31	7	12	15	4	3	25
30°	3	8	10	22	10	12	14	10	3	27

않은 채 미생물의 지방주로 쉽게 흡수되므로 식용유지생산으로는 문제시된다.

微生物에 의한 油脂生産의 경제성

炭素源으로 당밀을 사용하는 경우 油脂로 전환되는 비율은 22%이다. 당밀은 톤당 172弗이므로 모든 발효비용을 포함하여 생산된 유지의 값은 1000弗~1200弗/ton이다. n-alkane

을 사용하는 경우에도 당밀의 경우와 값이 비슷한바 이는 전환율이 30%임에도 불구하고, n-alkane의 값이 톤당 260弗이나 되기 때문이다.

以上是 아주 개략적인 추정이며 정확한계산은 어렵다. 한편 보다 구체적으로 분석된 당밀포 단백질 생산의 경제성으로부터 비교분석한바에 의하면 다음과 같다. 즉, 大豆나 魚粉의 단백질 1톤의 값은 약 600弗~620弗/ton인데,

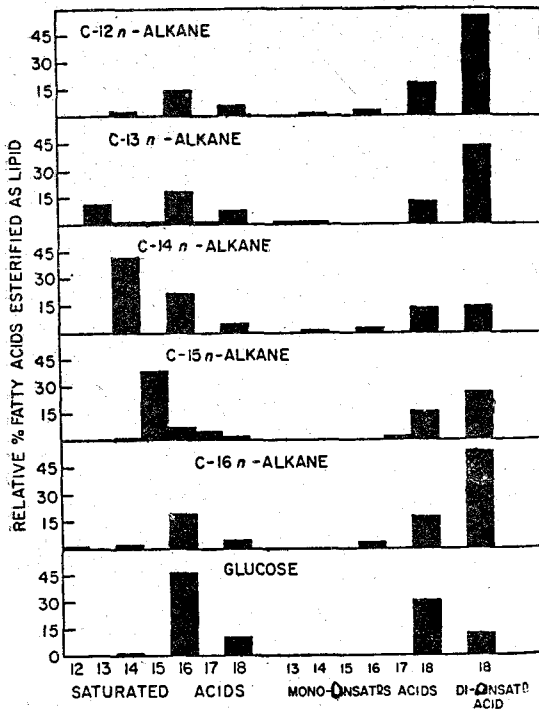


그림 4. 탄화수소 기질에 따른 *Candida 107*의 지방산 조성변화

單細胞蛋白質을 위한 효모는 단백질을 약 60% 함유하는 경우 360弗/ton이다. 이 값은 당밀에 배양한 제빵효모의 값인 320~340弗과 비슷하다.

단백질이 아닌 유지생산균 즉 *Rhodotorula gracilis*를 같은 조건하에 배양한다면 균체는

36弗/ton이 될 것이다. 여기에 유지축적을 위하여 추가로 소요된 기질의 값으로 25~40%의 값을 더 추가해야 될 것이다. 이 효모의 유지함량이 60%라면 이 유지의 최종 가격은, 670弗~840弗/ton이 되는 셈이다. 그러나 이와 같은 가격은 실용화 단계에서 전분, 유당, pentose 및 기타기질중에서 당밀이나 n-alkane 보다 값싼 기질을 선정하고 발효공정을 개선하므로써 在來油脂의 가격수준으로 저하시킬 수 있을 것이다.

結 論

이상으로 아주 단편적이거나 미생물에 의한 유지생산에 관하여 살펴 보았다. 아직도 실험 단계를 벗어나지 못하고 모두들 油脂의 醱酵生産에 관하여 실감하지 못한다. 그러나 폐기물을 이용한 단세포 단백질 생산의 공업화가 실현된다면 마찬가지로 油脂生産도 가능하게 될 것이다. 다만 단세포 단백질이 우선은 사료를 목적으로 하는데 반해서 油脂는 식용을 목적으로 하기 때문에 보다 엄격한 품질규제가 요망된다.

原糖 올들어 最低價... 톤당 98파운드

▲原糖=지난주 「런던」原糖價는 톤당 98파운드까지 下落, 今年들어 最低價를 기록했다. 難局에 빠진 「제네바」會議에 대한 商人들의 失望으로 市場의 침체는 계속됐다. 9월先物의 滿期로 大量의 賣渡를 유발, 價格下落은 더욱 促進했다.

한편 29일 폐장후 「제네바」會議는 原糖生産國간의 輸出 「쿼터」量配定에 合意, 새로운 國際雪糖協定 (ISA) 타결에 한걸음 다가섰다.

▲穀物=지난주 「시카고」시장의 산매가격은 주 초중 서부지방의 강우예보로 수확이 늦어질 가능

성이 보이자 투기매입과 환매로 가격이 오름세를 보였으나 週中 좋은 날씨로 수확이 이루어지자 투기매도로 가격이 하락했다.

▲「코코아」=「런던」物은 계속되는 近月현물공급의 압력과 賣渡提議의 감소, 「코트디부아르」의 船積지연등으로 계속 상승세를 유지, 톤당 3천2백 68파운드에 거래된 반면 「뉴욕」物은 3·4분기 世界 「코코아」原豆분쇄량이 昨年數値를 下廻할 것이라는 시장가의 소식으로 하락, kg당 1백76센트로 기록했다.