

탄수화물이 *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Candida* 세포의 인지질 합성과 지방산 조성에 미치는 영향

趙善姬* · 李鍾三

성신여자대학교 자연과학대학 생물학과

Effects of Carbohydrates on the Biosynthesis of Phospholipids and Fatty Acid Composition in *Aspergillus*, *Rhizopus* and *Candida* Cells

Sun Hee Cho* and Chong Sam Lee

Department of Biology, College of Natural Science,
Sung shin Women's University, Seoul, 136-742, Korea

ABSTRACT: The synthesis of phospholipids and the composition of fatty acids were analyzed in the fungal cells of *Aspergillus phoenicis*, *Rhizopus acidus* and *Candida albicans* treated with carbon sources (glucose, sucrose, raffinose) during the culture. Growth ratios were predominantly in *Aspergillus* and *Candida* treated with sucrose and those in *Rhizopus* treated with glucose. The synthesis of total lipids were accelerated in *Aspergillus* and *Rhizopus* with glucose and the contents of total lipid was increased in *Candida* with raffinose. The glucose treatment increased Phosphatidylinositol (PI) content by 73.7% for *Aspergillus* and Phosphatidylcholine(PC) content by 292% for *Rhizopus*. In sucrose treatment, the synthesis of PI was accelerated 112% for *Aspergillus* and that of PC was increased 77.7% for *Rhizopus* and 71.8% for *Candida*. In raffinose treatment, the content of PC was increased 79.5% for *Aspergillus*, the biosynthesis of Phosphatidylethanolamine(PE) was enhanced 50.9% for *Rhizopus* and 49.1% for *Candida*. In *Aspergillus* and *Candida*, oleic acid and linoleic acid were major fatty acids for biosynthesis of PC and PE when the three carbon sources were treated. The major fatty acids for biosynthesis of phospholipid was palmitic acid and linoleic acid in *Aspergillus*, palmitic acid in *Rhizopus* and oleic acid in *Candida*. Palmitic acid was one of major fatty acids utilized for the biosynthesis of phospholipid(PC, PE, PI) in the fungal cells treated with carbohydrates.

KEYWORDS: phosphatidylcholine, phosphatidylinositol, phosphatidylethanolamine, fatty acids composition.

서 론

모든 생체막은 단위막으로 이들의 화학적 구조는 지질 단백질이다. 이들 생체막의 기질로 작용하는 인지질은 지방산의 도입으로 합성되며, 지방산은 acetyl CoA와 glycerol 3-phosphate를 전구체로 하여 생성된다. Acetyl CoA는 탄소원을 기질로 하여 EMP회로와 pentose phosphate회로를 통하여 생성

된 pyruvate가 산화적 탈탄화 반응에 의하여 합성된다. glycerol 3-phosphate는 포화 지방산과 불포화 지방산과 함께 acylation 하여 di,triacyl-glycerol을 형성한다. 1,2-diacylglycerol 3-phosphate는 CTP와 반응하여 CDP-1,2-diacylglycerol이 생성되는데 이 물질이 인지질의 전구체로 작용한다(Cobon *et al.*, 1974). CDP-1,2-diacylglycerol이 serine과 반응하면 phosphatidylserine(PS)이 합성되며(Letts and Henry, 1985), phosphatidylethanolamine(PE)은 PS의 탈탄화 반응에 의해서 생성되기도 하고, 1,2-diacylg-

*Corresponding author

lycerol과 CDP-ethanolamine의 인산기 전환으로 합성이 되기도 한다(Steiner and Laster, 1972). Phosphatidylcholine(PC)은 CDP-choline이 1,2-diacylglycerol에 작용하여 인산기의 산물로서 생성되며 PE의 methylation에 의해 합성된다(Waechter and Lester, 1973). Phosphatidylinositol(PI)은 CDP-1,2-diacylgly이 inositol로 인산기 전환을 하여 생성된다(Cobol *et al.*, 1974).

이들 인지질 합성에 작용하는 여러 효소들 즉 phosphatidylinositol synthase(Fischl and Carman, 1983), diacylglycerol ethanolamine phosphotransferase, diacylglycerol choline phosphotransferase(Percy *et al.*, 1984) 및 N-metyl transferase(Waechter and Lester, 1973)들이 분리되었으며 이들 효소들의 세포내의 분포(Kuchlna *et al.*, 1986)에 대하여도 연구되어졌다. 또한 인지질이 소포체막으로부터 골지체막과 원형질막으로 이동된다고 하였다(Higgins, 1984). 인지질과 지방산 조성은 배지의 조성을 달리하였을 때에도 차이를 보여 주는데, 쥐의 hepatoma 세포를 혈청이 첨가된 배지에서 생장시켰을 때 PC는 감소되고 PE는 증가되었으며, sphingomyelin을 제외한 다른 인지질에서는 oleic acid 양이 증가되었다(Wood and Falch, 1973). NaCl의 농도를 다르게 처리한 배지에 *E.coli*를 생육시켰을 때 stationary phase에서 NaCl 농도가 증가될 수록 cyclopropan fatty acid가 증가되며, 불포화 지방산은 감소되었다(McGarrity and Armstrong, 1975). 또한 질산원과 인산원이 결핍된 배지에서 배양한 *Chlorella* 세포에서 추출한 엽록체의 PC, PE와 PI의 합성이 저하되었으며, 질산원 결핍 처리구에서는 palmitic acid와 stearic acid가 주요 지방산으로, 또한 인산원 처리구에서는 palmitic acid가 주요 지방산으로 조사되었다(Lee and Lee, 1988). *Saccharomyces carlsbergensis*를 포도당, ethanol과 lactate 3개의 탄소원이 각각 함유된 배지에서 배양시켰을 때 포도당 처리구의 세포가 triacylglycerol의 함량이 증가되었으나, 인지질의 합성은 억제되었다(Paultaup and Jahnston, 1970). 포도당, 서당, raffinose를 처리한 배지에서 생육된 *Chlorella*에서 분리한 엽록체의 인지질 합성에서는 포도당이 가장 좋은 탄소원으로 밝혀졌으며, 서당이 결핍된 최소배지에서 배양하였을 때 고농도의(15%)의 서당 처리구에 비하여 palmitic

acid가 저하된 반면 oleic acid의 이용율이 증가되었다(Kim and Lee, 1988). 이들 세포의 인산화합물과 체구성 물질의 합성시 13종의 당류중 맥아당과 서당이 가장 유용한 탄소원이었으며, 포도당과 젓당도 이용률이 높은 탄소원으로 밝혀졌다(Lee *et al.*, 1981). 이와 같이 당은 에너지원으로 뿐 아니라, 여러 유기 화합물의 합성 특히, 지방산 합성의 전구체인 acetyl coA의 생성에 필요한 성분이다. 그러나 진균류에서는 인지질 및 지방산의 조성, 유기물 합성에 관한 연구는 물론 탄수화물을 달리 처리하였을 때 세포의 대사과정이 어떻게 변하는 지에 대한 연구는 거의 진행되지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 3종류의 진균류인 *Aspergillus phoenicis*, *Rhizopus acidus* 및 *Candida albicans* 세포에 단당류(포도당) 이당류(서당) 삼당류(raffinose)를 각각 처리하였을 때 각 세포의 생장 및 인지질 합성에 더 효율적으로 이용되는 당을 선정하고 또한 지방산 조성 및 함량을 비교하고 기타 유기물 합성율을 추적함으로써 이들의 상관관계를 밝히고자 한다.

재료 및 방법

세포의 배양

균주는 *Aspergillus phoenicis*, *Rhizopus acidus*, *Candida albicans*를 사용하였으며 배지는 nutrient broth(Peptone 5 g, Beef extract 3 g/L)를 이용하였다.

균주의 배양

Aspergillus phoenicis *Aspergillus*는 potato dextrose agar 사면 배지에서 28°C 에서 48시간 배양한 후 멸균 증류수를 넣어 포자현탁액을 만들었다. 각 처리구에 1.1×10^8 spore/ml를 접종하여 28°C 에서 5일간 진탕배양(150 rpm/min) 하였다. 포도당(1, 5, 10%), 서당(1, 5, 10%), raffinose(5, 10, 15%)를 처리하여 배양하였을 때 생장이 가장 우수한 농도를 본 실험의 배양농도로 정하였다. 즉 5% 포도당, 5% 서당, 10% raffinose이었다.

Rhizopus acidus *Rhizopus*는 potato dextrose agar 사면배지에서 28°C 에서 48시간 배양한 후, 포자현탁액을 만들어 각 처리구에 2.7×10^7 spore/ml를

접종하여 28°C 에서 36시간 진탕배양(130 rpm/min) 하였다. 포도당(0.2, 1, 5%), 서당(5, 10, 15%), raffinose(10, 15, 20%)를 처리하였을 때 성장촉진에 가장 유용한 당의 농도로는 1% 포도당, 10% 서당, 15% raffinose이었다.

Candida albicans *Candida*는 YM 액체배지에서 24시간 배양한 후 각 처리구에 2.2×10^8 cell/ml을 접종하여 28°C 에서 96시간 진탕배양(130 rpm/min) 하였다. 포도당(0.2, 1, 5%), 서당(1, 5, 10%), raffinose(15, 20, 25%)를 처리하였을 때 생장율이 가장 높은 당의 농도는 1% 포도당, 5% 서당, 20% raffinose이었다.

배양된 균체는 여과하여 배지를 제거한 후 실험에 사용하였다.

Total lipid의 추출

배양초와 배양중간기에 수확한 세포에 함유되어 있는 total lipid는 Blight와 Dyer의 방법(1959)으로 추출하였다. 수확된 세포를 48°C 에서 48시간 건조시켜 seperatory funnel에 넣은 후 chloroform/methanol(1:2 v/v)의 혼합액을 첨가하여 30분간 진탕시켰다. 여기에 동량의 증류수를 첨가하여 혼합시킨 다음 분리된 chloroform 층을 filter paper(Whatmann No.1)가 들어 있는 Buchnal funnel에서 여과시켜 total lipid를 추출하였다. 남은 잔여물에 동량의 chloroform을 혼합하여 total lipid를 재추출하였다. 이들 total lipid는 40-50°C 항온기에서 건조시킨 후 건중량으로 함량을 측정하였다.

인지질의 분리 및 동정

Total lipid에 함유되어 있는 인지질의 분리는 Turner와 Rouser(1970)의 방법에 따라 Thin layer chromatography(TLC, Desaga)를 사용하여 PC, PE, PI를 분하였다. TLC는 glass plate(20×20 cm)에 silica gel(Merck, 60G)을 0.25 mm 두께로 입혀서 건조시킨 후 desicator에서 보관하였다. 사용 전에 110-120°C 의 dry oven에서 60분간 활성화시켜 이용하였다.

전개는 two-one dimension 방법을 사용하였다. 1차 전개는 chloroform/methanol/28% ammonia water(65:25:5 v/v)의 혼합용매에서, 2차 전개는 chloroform/acetone/methanol/acetic acid/distilled

water(3:4:1:1:0.5 v/v)의 혼합용매에서 수행하였다.

분리된 인지질을 동정할 때 사용한 발색시약은 PC는 Drogendroff 시약을, PE는 Ninhydrin 시약을, PI는 Periodate-Schiff's 시약(Skipski and Barllay, 1969)을 이용하여 분리하였다.

지방산의 methyl ester화

인지질을 구성하는 지방산의 조성과 양적변화를 gas chromatography(GC)로 분석하기 위하여 Allen과 Good(1971)의 방법에 따라 분리된 인지질을 methyl ester화 시켰다. 분리된 인지질에 5% sulfuric acid를 함유한 methanol용액과 internal standard 인 heptadecanoic acid(Sigma)를 첨가하여 68-70°C oven에서 2시간 동안 정치 후 냉각시킨 다음 증류수를 첨가하여 진탕 혼합시켰다. 이어서 hexane을 가하여 다시 혼합시킨 다음 methyl ester화 한 지방산이 함유된 hexane층을 추출하였는데, hexane 층 추출조작은 3회 반복하였다. Hexane 속에 함유된 수분을 제거하기 위하여 sodium bicarbonate 포화 용액을 첨가하여 혼합시킨 후 hexane층 만을 분리하였다. 분리된 hexane층을 건조시켜 각 인지질의 fatty acid methyl ester의 함량을 측정하였다.

지방산의 조성분 분석

이와 같이 fatty acid methyl ester의 종류와 함량은 GC(Varian 3300)를 이용하여 분석하였다.

각 지방산의 동정은 palmitic acid(16:0), stearic acid(18:0), oleic acid(18:1), linoleic acid(18:2), linolenic acid(18:3)가 포함된 표준품(Sigma)가 비교하여 결정하였다. 표준품의 분석은 Fig. 1과 같다.

사용한 GC detector는 H₂-flame ionization detector이며, 사용한 column은 stainless steel column(3 mmx2 m)으로 15% DEGS(diethylglycolsuccinate on 80/100 chromosob W AW) 충전제로 하였으며 분석 조건은 다음과 같다.

Injector port temperature	240°C
Column temperature	170°C
Detector oven temperature	250°C
Carrier gas	N ₂ (30 ml/min)

유기화합물의 분획 및 정량

핵산, 단백질, 탄수화물의 분획은 Schmidt와 Thannhauser(1945) 및 Miyachi와 Tamiya(1961)의 방

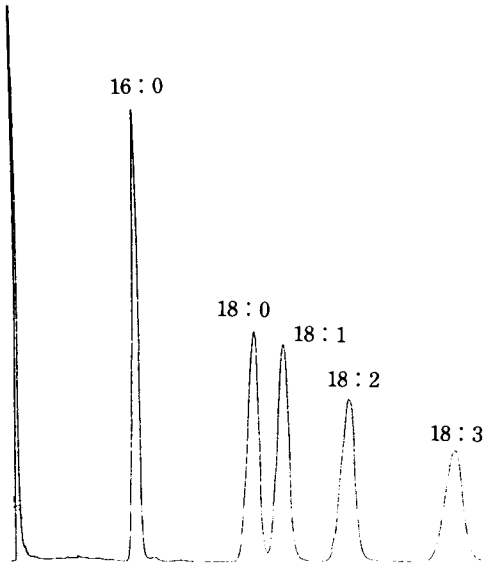


Fig. 1. Chromatogram of a standard mixture of fatty acid methyl esters.

법을 사용하였으며, 핵산은 DNA와 RNA 분획구를 260 nm의 자외부 흡수치를 이용하여 측정하였다.

단백질은 산가용성 분획구에 함유된 유리아미노산, RNA 분획구에 들어 있는 alkali labile protein, 단백질 분획구에 포함된 alkali stable protein을 Ninhydrin반응(Troll and Cannon, 1953)으로 정량하였다.

탄수화물은 산가용성 분획구, 지용성 분획구, 알칼리 분획구를 Anthrone반응(Scott and Melvin, 1953)을 이용하여 측정하였다.

결 과

세포의 생장율

여러가지 탄소원에 따른 *Aspergillus*, *Rhizopus*와 *Candida*의 생장은 Fig. 2에 표시하였다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 *Aspergillus*의 대조구는 생장율이 낮았으나 당처리구는 배양 1일부터 급격한 생장촉진 현상을 보여 주었다. 배양 말기 포도당 처리구는 대조구에 비하여 14.6배, 서당 처리구는 19.5배, raffinose 처리구는 15.6배의 생장율을 나타내었다. *Rhizopus*의 대조구는 12시간까지는 생장이 거의 일

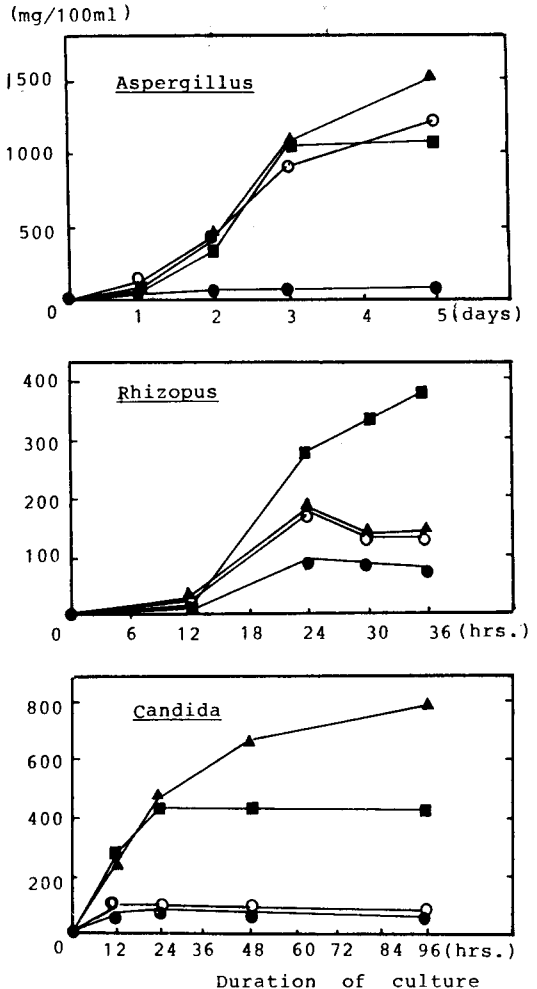


Fig. 2. Effect of carbon sources on the growth of *Aspergillus*, *Rhizopus* and *Candida* during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

어나지 않았으나 그 후 24시간까지는 log phase로 급격한 생장율을 보여 주었다. 포도당 처리구는 대조구에 비해 4.8배, 서당은 1.8배, raffinose는 1.7배의 생장촉진 효과를 보여 주었다. 포도당 처리구에서 생장효과가 가장 높은 것으로 나타났다.

*Candida*에서는 대조구에 비하여 서당처리구가 12.8배의 가장 높은 생장을 나타내었고 다음이 포도당 처리구로 6.7배의 촉진현상을 보여 주었다. Raffinose 처리구는 1.2배로 대조구와 비슷한 생장을

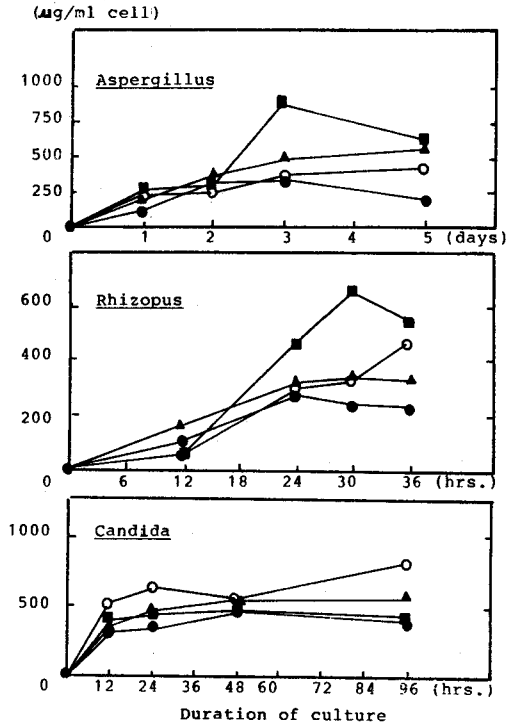


Fig. 3. Changes in the contents of total lipids in *Aspergillus*, *Rhizopus* and *Candida* treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

관찰할 수 있었다.

Total lipid의 함량변화

탄소원을 달리하여 배양한 *Aspergillus*, *Rhizopus* 및 *Candida*의 total lipid의 함량변화를 Fig. 3에 표시하였다.

*Aspergillus*의 포도당 처리구에서 total lipid의 함량은 배양 중기까지는 높았으나 배양 말기에는 서서히 감소하였으며 대조구에 비하여 210%가 촉진되었다. 서당과 raffinose 처리는 배양기간 동안 함량을 지속적으로 증가시켰으며 배양 말기에 total lipid 합성을 180%, 110%씩 촉진시켰다. 그래서 포도당이 *Aspergillus*의 지질대사를 현저히 촉진하였음을 관찰하였다. *Rhizopus*는 포도당 처리시에 배양단계에서 140%의 가장 높은 지방함량을 보여 주었으며 서당 처리구에서는 40.7%, raffinose 처리구에서는 배양 말기에 생장이 102%의 촉진되었다.

*Candida*에서는 raffinose 처리구가 대조구에 비하여 배양단계에서 106%의 지방 합성 촉진을 나타내었으며 서당 처리구는 40% 증가시켰고 포도당 처리구는 4.5%로 대조구와 비슷하였다. 이와같은 결과를 보건대 *Aspergillus*와 *Rhizopus*에서는 포도당이, *Candida*에서는 raffinose가 뚜렷한 지질 생합성효과를 나타냈음이 확인되었다.

Total fatty acid methyl ester 및 인지질의 양적 동태

탄소원을 달리하여 배양한 *Aspergillus*, *Rhizopus* 및 *Candida* 세포의 total fatty acid methyl ester와 여러가지 인지질의 함량변화를 Fig. 4, 5, 6에 표시하였다.

*Aspergillus*의 total fatty acid methyl ester의 함량은 Fig. 4에 나타난 바와 같이 포도당 처리구에서 배양기간 동안 지속적으로 증가하여 43.5% 증가되었다. 그러나 서당과 raffinose 처리구에서는 배양 초기에는 함량이 증가하였으나 배양 중기에는 대조구보다 값이 낮아졌다. 반면 서당 처리구는 배양 말기 57.9% 촉진시켰으며, raffinose는 15% 증가시켰다. PC의 양적변화에서 포도당 처리구가 배양초기 다른 처리구보다 높은 촉진효과를 나타내었으나 배양 말기에는 11.1%의 증가만을 보여 주었다. 서당 처리구는 4.7%의 함량증가를 나타내었으며 raffinose 처리구는 배양 말기 39.5%의 뚜렷한 증가현상을 보였다. PE에서는 포도당 처리구가 배양기간 동안 대조구에 비하여 인지질 합성에 현저한 효과를 나타내었는데 배양 말기 49.1%의 촉진효과가 있었으며, 서당 처리구는 배양기간 동안 대조구와 비슷한 경향을 보였으나 배양말기 61.4% 급격히 증가하였다. 반면 raffinose 처리구는 대조구와 함량변화가 비슷하였다. PI에서도 배양 말기 서당 처리구가 112%를, 포도당 처리구는 73.7%의 높은 함량증가를 보여 주었다.

*Rhizopus*의 total fatty acid methyl ester의 함량은 Fig. 5에 표시된 바와 같이 포도당 처리구에서 192%, 서당 처리구에서 104%, raffinose 처리구에서 26%의 현저한 증가를 하였다. PC의 함량이 포도당 처리구는 292%, 서당 처리구는 77.7%, raffinose 처리구는 21.2%의 순서로 증가되었다. PE는 포도당 처리로 164%, raffinose 처리로 50.9%, 서당 처리로

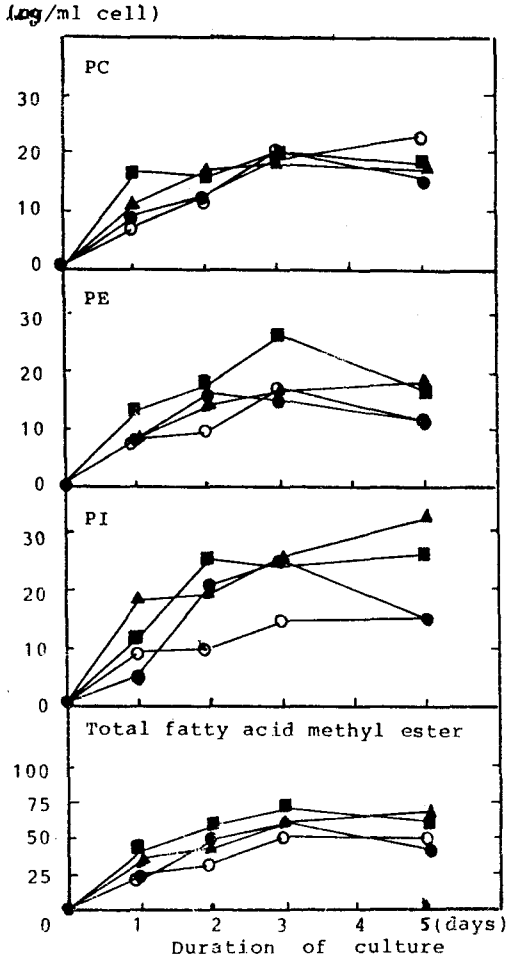


Fig. 4. Changes in the contents of various phospholipids and total fatty acid methyl esters in *Aspergillus* treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

31.5% 증가되었다. 이와같이 포도당 처리구는 PC와 같이 PE에서도 배양 초부터 뚜렷한 증가를 보여 주었다. PI의 경우는 서당 처리구가 213%로 포도당 처리구의 71.9%보다 높은 함성율을 나타내었고, raffinose 처리구도 12.5%의 증가를 보여 주었다. 따라서 서당이 PI대사를 가장 현저하게 촉진하는 것으로 나타났다.

*Candida*의 total fatty acid methyl ester의 함량은 Fig. 6에 표시된 바와 같이 포도당 처리구가 36.8%, 서당 처리구가 3.9% 감소된 반면 raffinose 처리구는

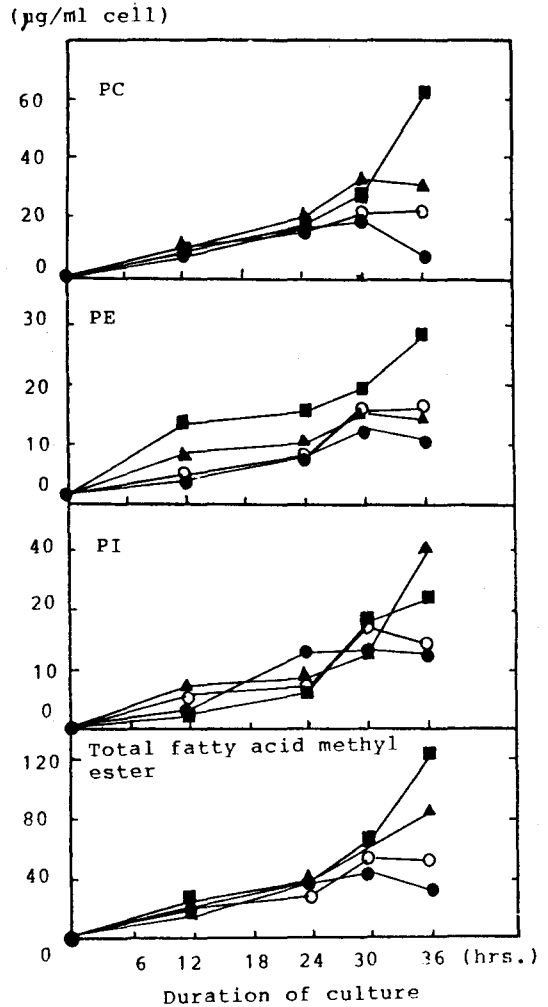


Fig. 5. Changes in the contents of various phospholipids and total fatty acid methyl esters in *Rhizopus* treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

4.3%로 대조구보다 약간 증가하였다. PC에서는 포도당 처리구가 3.7%, 서당 처리구는 71.8%, raffinose 처리구는 42.9% 증가된 것을 관찰할 수 있었다. PE에서는 대조구에 비하여 포도당 처리구가 63.7%, 서당 처리구가 51.5%, raffinose 처리구가 49.1% 감소되었다. PI에서는 raffinose는 23.3%의 증가를 보였고 포도당과 서당 처리구는 각각 50.0%와 32.0%의 억제를 나타내었다.

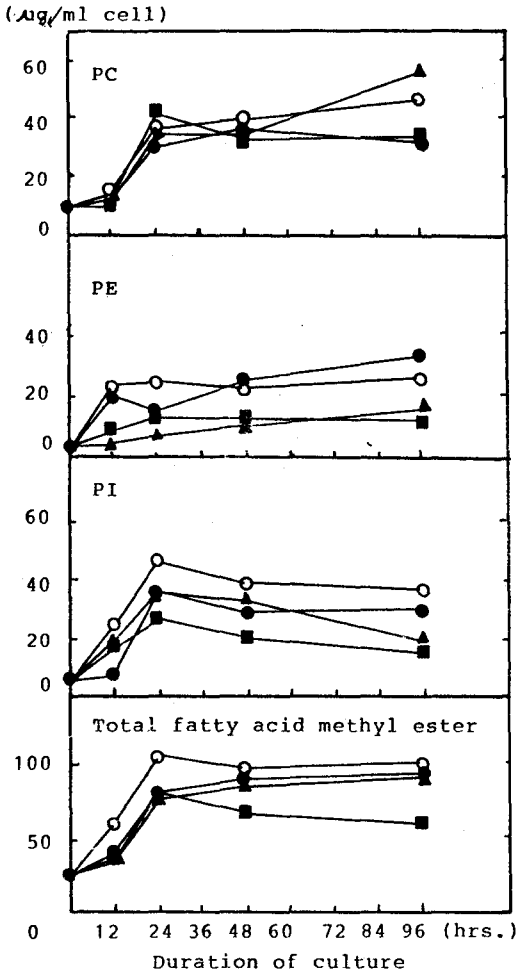


Fig. 6. Changes in the contents of various phospholipids and total fatty acid methyl esters in *Candida* treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

인지질의 지방산 조성 및 분석

Aspergillus, *Rhizopus*, *Candida* 세포의 인지질중 PC, PE, PI를 구성하는 지방산중에 주요 지방산으로 알려진 palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid의 5종류의 지방산 조성변화를 비교분석하였다. 따라서 unknown으로 조사되었던 수치는 표시되지 않았다.

PC구성 지방산 *Aspergillus*, *Rhizopus* 및 *Candida*의 당을 처리하였을 때 PC를 구성하는 주요

지방산을 Table 1, 2, 3에 표시하였다.

1) *Aspergillus phoenicis*

Table 1에 나타난 바와 같이 대조구는 배양초 stearic acid가 32.5%, linoleic acid가 33.9%이었으며, 1일에는 palmitic acid가 40.9%, oleic acid가 35.8%로, 2일에는 palmitic acid가 17.4%, linoleic acid가 69.5%로, 3일에는 palmitic acid가 26.0%, stearic acid가 37.3%로 5일은 linoleic acid가 51.5% palmitic acid가 20.2%로, PC합성에 참여하는 주요 지방산으로 분석되었다.

포도당 처리구는 1일과 2일에는 palmitic acid와 linoleic acid가 주요 지방산으로써, palmitic acid는 30.1%, 23.1%로, linoleic acid는 37.3%와 24.8%로 나타났다. 3일과 5일은 oleic acid와 linoleic acid가 26.5%, 31.4%에서, 28.4%, 45.7%로 분석되었다.

서당처리시 배양 1, 2, 3일에는 palmitic acid가 각각 33.3%, 41.5%, 29.9%로, linoleic acid가 35.7%, 32.7%, 34.9%로 분석되었으며, 5일에는 oleic acid가 35.6%, linoleic acid가 35.7%로 조사되었다.

Raffinose를 처리할 경우 1일과 2일에는 palmitic acid가 34.3%, 21.0%로 구성되었고 linoleic acid는 35.3%, 34.5%로 분석되었다. 3일과 5일은 oleic acid가 23.7%와 29.5%를, linoleic acid는 50.0%와 30.2%로 조사되었다.

2) *Rhizopus acidus*

Table 2에서 나타난 바와 같이 대조구는 배양 초 stearic acid가 33.7%, linoleic acid가 36.4%로 나타났다으며, 배양 12시간과 24시간에서는 palmitic acid가 52.6%, 43.9%, oleic acid는 44.9%와 32.3%로 분석되었다. 30시간에서는 palmitic acid가 39.1%, linoleic acid가 28.3%를 나타내었고 36시간은 palmitic acid가 39.9%, oleic acid는 22.7%로 분석되었다. 포도당 처리구는 배양 12, 24, 30시간에서 palmitic acid와 oleic acid가 주요 구성 지방산으로 나타났으며, palmitic acid는 44.5%, 43.0%, 33.9%를, oleic acid는 52.9%, 23.3%, 35.0%를 보여 주었다. 36시간은 palmitic acid가 28.6%, stearic acid가 22.0%로 조성되었다.

서당 처리구는 배양기간 동안 palmitic acid와 oleic acid가 PC를 구성하는 주요 지방산으로 밝혀졌다. palmitic acid는 40.7%, 33.7%, 30.6%, 33.1%로 증가되었고, oleic acid는 33.3%, 41.2%, 25.9%, 31.6

Table 1. Changes in contents of fatty acid methyl esters of phosphatidylcholine in *Aspergillus phoenicis* treated with carbon sources during the cultivation.

Days	0			1			2			3			5				
	Cont.	Glu.	Raf.	Cont.	Glu.	Suc.	Raf.	Cont.	Glu.	Suc.	Raf.	Cont.	Glu.	Suc.	Raf.		
Phospholipid																	
	Fatty acid																
	0.5	8.9	16.4	11.2	7.2	12.4	15.8	16.6	12.4	18.6	20.4	20.2	18.2	18.0	17.0	22.6	
Palmitic acid	27.0	40.9	30.1	33.3	34.3	17.4	23.1	41.5	21.0	26.0	24.0	29.9	20.7	20.2	19.3	22.7	23.9
Stearic acid	32.5	9.9	9.1	9.7	8.6	1.9	7.3	6.9	14.3	37.3	6.5	8.1	1.3	10.6	4.1	3.6	6.9
Oleic acid	5.3	35.8	22.7	16.8	17.2	6.6	22.0	18.9	20.8	16.9	26.5	26.0	23.7	17.7	28.4	35.6	29.5
Linoleic acid	33.9	13.4	37.3	35.7	35.3	69.5	24.8	32.7	34.5	13.7	31.4	34.9	50.5	51.5	45.7	35.7	30.2
Linolenic acid	1.3	-	0.8	4.5	4.6	4.6	22.8	-	9.4	6.1	11.6	1.1	4.3	trace	2.5	1.4	9.5

Unit: Phospholipid; $\mu\text{g}/\text{ml}$ cell Fatty acid; % Abbreviation: Cont.; Control Glu.; Glucose Suc.; Sucrose Raf.; Raffinose

Table 2. Changes in contents of fatty acid methyl esters of phosphatidylcholine in *Rhizopus acidus* treated with carbon sources during the cultivation.

Hours	0			12			24			30			36				
	Cont.	Glu.	Raf.	Cont.	Glu.	Suc.	Raf.	Cont.	Glu.	Suc.	Raf.	Cont.	Glu.	Suc.	Raf.		
Phospholipid																	
	Fatty acid																
	0.8	7.1	9.6	10.2	10.4	16.2	17.6	20.2	15.3	19.4	28.2	33.6	21.2	18.4	72.2	31.6	22.3
Palmitic acid	14.6	52.6	44.5	40.7	32.1	43.9	43.0	33.7	41.1	39.1	33.9	30.6	34.9	39.9	28.6	33.1	29.3
Stearic acid	33.7	0.7	0.4	9.8	10.6	3.7	14.7	10.8	16.5	6.4	16.8	18.9	20.1	13.8	22.0	12.9	23.3
Oleic acid	13.8	44.9	52.9	33.3	21.5	32.3	23.3	41.2	22.9	20.4	35.0	25.9	22.9	22.7	21.2	31.6	21.6
Linoleic acid	36.4	1.8	1.9	4.4	34.7	6.8	5.4	11.7	10.4	28.3	10.9	6.4	7.3	7.9	8.7	7.7	4.3
Linolenic acid	1.5	trace	0.3	11.8	1.1	13.3	13.6	2.6	8.8	5.8	3.4	18.2	19.6	15.7	19.5	14.7	21.5

Unit: Phospholipid; $\mu\text{g}/\text{ml}$ cell Fatty acid; % Abbreviation: Cont.; Control Glu.; Glucose Suc.; Sucrose Raf.; Raffinose

%로 분석되었다.

Raffinose 처리시 배양 12시간에서는 palmitic acid가 32.1%를, linoleic acid가 34.7%, 배양 24시간과 30시간에서 palmitic acid와 oleic acid는 41.4%와 22.9%와 34.9%, 22.9%로 조성되었다. 배양 36시간은 palmitic acid가 29.3%, stearic acid가 23.3%이었다.

3) *Candida albicans*

Table 3에 나타난 바와 같이 대조구의 경우 배양 초 palmitic acid가 30.4%를, oleic acid가 46.2%를 나타내었으나, 배양 12시간과 24시간에는 stearic acid가 30.8%, 34.1%, linoleic acid가 31.0%, 37.2%, 배양 48시간에는 palmitic acid가 39.4%, linoleic acid가 19.9%. 배양 96시간에서는 stearic acid가 35.4%, linoleic acid가 33.6%로 조사되었다.

포도당 처리구는 stearic acid와 oleic acid가 PC를 구성하는 주요 지방산으로 조사되었으며, 배양기간 동안 stearic acid는 33.6%, 27.8%, 22.6%, 23.5%로 조성율이 비슷하였고, oleic acid는 34.3%, 40.5%, 48.4%, 46.5%로 증가하였다.

서당 처리구는 배양 12시간에서는 stearic acid가 30.1%로, oleic acid가 32.7%로 나타났으며, 배양 24, 48, 96시간에서는 palmitic acid와 oleic acid가 주요 지방산으로서, palmitic acid는 40.2%, 40.0%, 27.3%를, oleic acid는 22.3%, 31.5%, 45.9%로 분석되었다.

Raffinose 처리구는 12, 24, 48시간에서 PC의 합성시 이용되는 주요 지방산은 stearic acid와 linoleic acid로 밝혀졌다. Stearic acid는 각각 33.1%, 33.3%, 28.9%로, linoleic acid는 35.6%, 37.8%, 33.3%로 조사되었고, 96시간에서는 palmitic acid가 20.8%를, linoleic acid가 61.3%로 분석되었다.

PE구성 지방산 *Aspergillus*, *Rhizopus* 및 *Candida* 세포에 당을 처리하였을 때 PE를 구성하는 지방산의 조성은 Table 4, 5, 6에 표시하였다.

1) *Aspergillus phoenicis*

Table 4에 나타난 바와 같이 *Aspergillus*의 대조구는 배양초 linoleic acid가 49.7%, palmitic acid가 16.5%로 나타났고, 배양 1일에는 palmitic acid가 24.2%, linoleic acid가 35.7%를, 배양 2일에는 palmitic acid가 34.2%, oleic acid가 35.1%를, 배양 3일에는 oleic acid는 52.2%, linoleic acid가 21.8%를, 배양

5일에는 palmitic acid, linoleic acid가 33.2%, 64.8%로 분석되었다.

포도당 처리구는 배양 1일에 palmitic acid가 38.2%, oleic acid가 23.0%, 배양 2일은 stearic acid가 21.3%, linoleic acid가 34.0%로 조사되었다. 배양 3일에는 oleic acid가 27.3%, linoleic acid가 38.8%로, 5일에는 palmitic acid가 26.4%, linoleic acid가 46.8%의 조성율을 나타내었다.

서당 처리구의 경우 배양 1일에 palmitic acid가 36.1%, oleic acid가 26.4%로 조사되었다. 배양 2, 3, 5일에서는 주요 구성 지방산이 oleic acid와 linoleic acid이었다. 함량은 oleic acid가 각각 27.8%, 24.4%, 28.3%를, linoleic acid는 40.0%, 36.1%, 50.3%로 나타났다.

Raffinose 처리시에는, 배양 1일과 2일은 palmitic acid와 linoleic acid가 주요 지방산으로 palmitic acid는 19.7%, 23.4%를, linoleic acid는 42.6%, 47.0%로 조사되었고, 배양 3일과 5일에는 oleic acid가 19.3%, 24.7%를 linoleic acid가 60.5%, 52.0%로 분석되었다.

2) *Rhizopus acidus*

Table 5에 나타난 바와 같이 *Rhizopus*의 PE를 구성하는 주요 지방산은 대조구의 경우, 배양초 palmitic acid가 34.0%이었고 stearic acid가 33.3%이었다. 12시간에서는 palmitic acid가 33.4%로, linolenic acid가 32.5%로 조사되었다. 배양 24, 30, 36시간에서는 palmitic acid와 oleic acid가 주요 지방산으로, palmitic acid는 23.8%, 37.8%, 30.6%로 증가되었으며, oleic acid는 53.0%, 28.9%, 29.7%로 밝혀졌다.

포도당 처리구는 배양 12시간에서는 palmitic acid가 33.0%, stearic acid가 22.5%로 나타났으며, 배양 24, 30, 36시간에서는 palmitic acid와 oleic acid가 PE를 합성할 때 이용되는 주요 지방산으로 관찰되었다. Palmitic acid의 조성율은 배양기간 동안 각각 39.3%, 28.0%, 34.5%이었고, oleic acid는 23.5%, 35.4%, 27.6%를 보여 주었다.

서당 처리구는 배양 12시간에서는 stearic acid가 33.3%, linoleic acid는 30.9%를 나타내었고, 24시간과 30시간에서는 palmitic acid와 oleic acid가 주요 구성 지방산으로, palmitic acid는 30.2%와 26.0%를, oleic acid는 46.1%와 25.2%를 보여 주었고, 36시

Table 3. Changes in contents of fatty acid methyl esters of phosphatidylcholine in *Candida albicans* treated with carbon sources during the cultivation.

Hours	0			12			24			48			96			
	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	
Phospholipid	Cont.															
	Fatty acid	10.3	11.4	10.4	11.6	15.2	30.2	41.4	34.8	36.8	36.2	33.2	34.2	39.6	32.6	33.8
Palmitic acid	30.4	14.6	26.5	25.9	15.0	16.0	18.3	40.2	12.1	39.4	18.4	40.3	14.6	15.3	18.5	27.3
Stearic acid	9.1	30.8	33.6	30.0	33.1	34.1	27.8	16.4	33.3	17.3	22.6	24.0	28.9	35.4	23.5	9.1
Oleic acid	46.2	19.3	34.3	32.7	12.4	9.5	40.5	22.3	11.6	11.8	48.4	31.5	15.6	9.9	46.5	45.9
Linoleic acid	9.2	31.0	4.9	10.9	35.6	37.2	12.5	7.5	37.8	19.9	9.8	4.2	33.3	33.6	11.5	14.4
Linolenic acid	4.9	4.0	0.5	0.3	3.9	3.2	0.9	13.6	5.2	11.6	0.8	—	7.6	5.8	—	3.3

Unit: Phospholipid; µg/ml cell Fatty acid; % Abbreviation: Cont.; Control Glu.; Glucose Suc.; Sucrose Raf.; Raffinose

Table 4. Changes in contents of fatty acid methyl esters of phosphatidylethanolamine in *Aspergillus phoenicis* treated with carbon sources during the cultivation.

Days	0			1			2			3			5			
	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	
Phospholipid	Cont.															
	Fatty acid	0.9	8.3	13.2	8.0	8.2	16.2	17.6	14.2	9.4	15.2	26.2	16.6	16.8	11.4	17.0
Palmitic acid	16.5	24.2	38.2	36.1	19.7	34.2	18.1	24.7	23.4	19.9	26.6	24.4	18.9	16.4	26.4	16.4
Stearic acid	11.4	10.9	9.0	10.5	9.4	9.8	21.3	4.3	4.2	4.0	7.3	10.1	1.2	1.6	4.8	2.5
Oleic acid	15.3	20.0	23.0	26.4	18.5	35.1	18.7	27.8	19.6	52.2	27.3	24.4	19.3	13.3	20.7	28.3
Linoleic acid	49.7	35.7	11.2	6.8	42.6	14.1	34.0	40.0	47.0	21.8	38.8	36.1	60.5	64.8	46.8	50.3
Linolenic acid	7.1	9.2	18.6	20.2	9.8	6.8	7.9	3.2	5.8	2.1	trace	5.0	0.1	3.9	1.3	2.5

Unit: Phospholipid; µg/ml cell Fatty acid; % Abbreviation: Cont.; Control Glu.; Glucose Suc.; Sucrose Raf.; Raffinose

Table 5. Changes in contents of fatty acid methyl esters of phosphatidylethanolamine in *Rhizopus acidus* treated with carbon sources during the cultivation.

Hours	0			12			24			30			36				
	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.		
Phospholipid Fatty acid	1.6	4.3	13.5	8.8	4.1	8.2	15.6	10.2	8.1	12.8	19.8	15.2	15.4	10.8	28.5	14.2	16.3
	34.0	33.4	33.0	9.9	41.3	23.8	39.3	30.2	35.9	37.8	28.0	46.1	37.5	30.6	34.5	39.6	42.5
Palmitic acid	33.3	9.5	22.5	33.3	11.2	6.2	12.1	25.6	19.5	18.1	14.9	21.3	31.6	14.4	18.6	19.6	14.3
Stearic acid	1.5	9.3	12.0	10.8	22.2	53.0	23.5	26.0	27.1	28.9	35.4	25.2	20.4	29.7	27.6	13.8	22.0
Oleic acid	29.9	15.3	14.2	30.9	12.5	trace	8.9	13.8	6.4	3.1	14.8	4.5	8.2	14.2	13.2	8.6	8.9
Linoleic acid	1.3	32.5	18.3	8.1	12.8	17.0	16.2	4.4	11.1	12.1	6.9	2.9	2.3	11.1	6.1	18.4	12.3

Unit: Phospholipid; $\mu\text{g/ml}$ cell Fatty acid; % Abbreviation: Cont.; Control Glu.; Glucose Suc.; Sucrose Raf.; RaffinoseTable 6. Changes in contents of fatty acid methyl esters of phosphatidylethanolamine in *Candida albicans* treated with carbon sources during the cultivation.

Hours	0			12			24			48			96				
	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.		
Phospholipid Fatty acid	5.1	20.8	8.4	5.0	24.2	15.6	13.8	7.2	25.2	26.2	12.0	10.8	18.8	34.2	12.4	16.6	17.4
	32.3	25.4	34.8	38.4	15.9	43.0	24.8	35.1	31.9	48.4	28.4	29.3	37.4	30.4	23.6	37.8	15.6
Palmitic acid	7.4	6.7	11.9	16.2	35.7	22.6	6.1	18.8	6.3	13.2	5.2	26.0	4.8	12.4	16.4	30.8	8.6
Stearic acid	53.2	35.3	20.7	26.9	10.9	18.8	46.6	32.9	51.8	17.5	39.6	28.3	22.0	46.8	38.0	24.1	11.0
Oleic acid	7.1	3.3	13.0	18.5	37.0	10.0	19.0	13.2	9.8	5.2	25.0	13.9	33.2	8.8	17.5	7.3	64.0
Linoleic acid	-	29.3	19.6	-	0.5	5.6	3.5	-	0.2	15.7	1.8	2.5	2.6	1.6	4.5	-	0.8

Unit: Phospholipid; $\mu\text{g/ml}$ cell Fatty acid; % Abbreviation: Cont.; Control Glu.; Glucose Suc.; Sucrose Raf.; Raffinose

간에서 palmitic acid는 39.6%, stearic acid는 19.6%로 분석되었다.

Raffinose 처리시에는 배양 12시간과 24시간, 그리고 36시간에서 palmitic acid와 oleic acid가 주요 지방산으로 밝혀졌다. 구성비율은 palmitic acid가 41.3%, 35.9%, 42.5%로 나타났고, oleic acid는 22.2%, 27.1%, 22.0%이었다. 30시간에서는 palmitic acid가 37.5%를, stearic acid가 31.6%를 보여 주었다.

3) *Candida albicans*

Table 6에 나타난 바와 같이 *Candida*의 PE를 구성하는 지방산은 대조구의 경우 배양초, 12시간, 48시간 그리고 96시간에서의 주요 지방산은 palmitic acid와 oleic acid로 나타났다. Palmitic acid는 32.3%, 25.4%, 48.4%, 30.4%로 조성되었고, oleic acid는 52.2%, 35.3%, 17.5%, 46.8%이었다. 배양 24시간에서는 palmitic acid가 43.0%를, stearic acid가 22.6%의 조성을 나타내었다.

포도당 처리구는 palmitic acid와 oleic acid가 배양기간 동안 PE를 구성하는 주요 지방산으로서 분석되었고, palmitic acid는 25.8%, 24.8%, 28.4%, 23.6%를 나타내었고, oleic acid는 20.7%, 46.6%, 39.6%, 38.0%를 보여 주었다.

서당 처리구는 배양 12시간, 24시간 그리고 48시간에서 주요 지방산이 palmitic acid와 oleic acid로 밝혀졌다. Palmitic acid의 함량은 34.8%, 35.1%, 29.3%를 나타내었고, oleic acid는 26.9%, 32.9%, 28.3%로 조사되었다. 배양 96시간에서는 palmitic acid가 37.8%, stearic acid가 30.8%의 조성을 나타내었다.

Raffinose 처리시 배양 12시간에서는 stearic acid가 35.7%로, linoleic acid가 37.0%의 조성을 보였고, 배양 24시간에서는 palmitic acid가 31.9%, oleic acid가 51.8%를, 배양 48시간과 96시간에서는 palmitic acid가 37.4%, 15.6%, linoleic acid가 33.2%, 64.0%로 분석되었다.

PI구성 지방산 *Aspergillus*, *Rhizopus* 및 *Candida*의 PI를 구성하는 지방산의 함량변화는 Table 7, 8, 9에 표시하였다.

1) *Aspergillus phoenicis*

Table 7에 나타난 바와 같이 *Aspergillus*의 PI를 구성하는 주요 지방산은 palmitic acid와 linoleic acid이었다. Palmitic acid는 19.9%, 31.8%이었으며

linoleic acid는 46.6%, 36.3%로 조사되었다. 배양 2일과 3일 그리고 5일에서는 palmitic acid와 oleic acid가 주요 구성 지방산으로서 palmitic acid는 38.4%, 33.9%, 48.3%를 oleic acid는 28.9%, 28.2%, 29.3%로 나타났다.

포도당 처리구는 배양 전 기간 동안 palmitic acid와 linoleic acid가 주요 지방산으로 이용되었다. Palmitic acid는 배양 1, 2, 3, 5일에 32.0%, 29.4%, 32.9%, 38.9%로 조사되었고 linoleic acid도 35.7%, 29.6%, 39.5%, 31.0%로 분석되었다. 서당 처리구도 배양기간 동안 palmitic acid와 linoleic acid가 PI를 구성하는 주요 지방산으로 조사되었다. 배양 1, 2, 3, 5일에 palmitic acid는 22.0%, 29.8%, 36.4%, 37.6%를 linoleic acid는 45.1%, 32.8%, 25.4%, 30.2%로 분석되었다. Raffinose 처리시 배양 1일, 2일과 3일의 주요지방산은 palmitic acid와 linoleic acid이었다. palmitic acid는 배양 시기에 따라 31.0%, 50.5%, 23.8%로 나타났고, linoleic acid는 35.9%, 18.3%, 43.9%로 밝혀졌다. 배양 5일에는 palmitic acid가 39.4%, stearic acid가 42.0%의 조성을 보였다.

2) *Rhizopus acidus*

Table 8에 나타난 바와 같이 *Rhizopus*에서 PI를 형성하는 주요 지방산은 대조구에서 살펴 보면 배양초는 palmitic acid가 27.9%, linoleic acid가 40.0%이었고 배양 12시간에서는 oleic acid가 37.8%, linoleic acid가 23.0%로 구성되었다. 배양 24, 30, 36 시간에서는 palmitic acid와 oleic acid가 주요지방산으로 나타났으며 palmitic acid는 각각 35.1%, 42.9%, 46.9%이었고 oleic acid는 32.5%, 26.8%, 29.7%로 분석되었다.

포도당 처리구는 배양 전 기간 동안 palmitic acid의 높은 조성을 보여 주었다. 배양기간 별로 보면 palmitic acid는 28.4%, 48.4%, 46.7%, 46.2%이었고 oleic acid는 배양 12, 24, 36시간에 36.2%, 20.8%, 26.4%를 나타내었다. 배양 30시간에서는 stearic acid가 22.9%를 보여 주었다.

서당 처리구는 배양 12시간에는 stearic acid가 38.2%, linoleic acid가 31.0% 배양 24시간과 30시간에서 palmitic acid는 29.7%, 53.5%이었고 oleic acid는 41.2%, 20.4%의 조성을 나타내었다. 배양 36 시간에서는 palmitic acid가 43.8%, stearic acid가 26.8%로 분석되었다.

Table 7. Changes in contents of fatty acid methyl esters of phosphatidylinositol in *Aspergillus phoenicis* treated with carbon sources during the cultivation.

Days	0			1			2			3			4				
	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.		
Treatment Phospholipid Fatty acid	0.8	6.0	11.8	18.2	9.4	20.6	25.2	19.2	10.0	25.0	24.0	25.8	14.6	15.2	26.4	32.4	15.2
	19.9	31.8	32.0	22.2	31.0	38.4	29.4	29.8	50.5	33.9	32.9	36.4	23.8	48.3	38.9	37.6	39.4
	16.0	16.4	25.6	18.1	21.1	9.5	12.8	30.8	12.3	11.9	10.9	19.3	12.8	19.0	8.6	8.9	42.0
	10.4	9.1	6.1	8.4	9.7	28.9	8.5	5.0	10.3	28.2	15.2	18.9	12.6	29.3	13.6	23.0	12.0
	46.6	36.3	35.7	45.1	35.9	4.6	29.6	32.8	18.3	7.2	39.5	25.4	43.9	3.3	31.0	30.2	6.6
Linolenic acid	7.1	6.4	0.6	6.4	2.3	18.6	19.6	1.6	8.6	18.8	1.5	trace	6.9	0.1	7.9	0.3	-

Unit: Phospholipid; $\mu\text{g}/\text{ml}$ cell Fatty acid; % Abbreviation: Cont.; Control Glu.; Glucose Suc.; Sucrose Raf.; Raffinose

Table 8. Changes in contents of fatty acid methyl esters of phosphatidylinositol in *Rhizopus acidus* treated with carbon sources during the cultivation.

Hours	0			12			24			30			36				
	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.	Cont.	Glu.	Suc.		
Treatment Phospholipid Fatty acid	0.7	3.6	2.7	7.4	5.8	13.0	6.4	8.8	7.2	13.4	17.6	12.6	17.4	12.8	22.0	40.0	14.4
	27.9	19.1	28.4	19.7	69.4	35.1	48.4	29.7	43.8	42.9	46.7	53.5	43.7	46.9	46.2	43.8	39.1
	15.3	7.6	21.6	38.2	8.5	3.6	18.0	10.8	14.3	6.4	22.9	9.2	41.0	8.1	18.2	26.8	23.0
	11.1	37.8	36.2	5.7	11.3	32.5	20.8	41.2	21.4	26.8	19.9	20.4	6.8	29.7	26.4	17.0	12.8
	40.0	12.5	13.5	31.0	10.8	4.3	8.5	18.0	-	3.7	4.0	16.9	7.4	-	8.5	10.2	10.1
Linolenic acid	5.7	23.0	0.3	5.4	-	24.5	4.3	0.3	20.5	20.2	6.5	-	1.1	15.3	0.7	2.2	15.0

Unit: Phospholipid; $\mu\text{g}/\text{ml}$ cell Fatty acid; % Abbreviation: Cont.; Control Glu.; Glucose Suc.; Sucrose Raf.; Raffinose

Table 9. Changes in contents of fatty acid methyl esters of phosphatidylinositol in *Candida albicans* treated with carbon sources during the cultivation.

Hours	12			24			48			96							
	Cont.	Glu.	Suc.	Raf.	Cont.	Glu.	Suc.	Raf.	Cont.	Glu.	Suc.	Raf.					
Fatty acid	10.3	8.2	17.0	19.4	23.8	36.2	27.2	36.2	46.2	29.0	20.6	33.0	39.6	30.0	15.0	20.4	37.0
Palmitic acid	27.9	31.6	39.8	21.6	16.7	15.0	27.3	48.4	36.9	17.1	34.7	21.0	14.6	20.9	46.4	55.5	42.9
Stearic acid	11.8	10.4	26.7	9.3	36.0	35.3	14.1	9.4	6.6	37.1	49.3	32.4	13.8	14.5	37.1	8.5	11.4
Oleic acid	17.7	12.6	15.7	9.3	8.0	8.3	14.6	35.9	9.2	8.6	4.5	12.1	10.9	12.6	11.1	27.2	21.9
Linoleic acid	36.6	38.9	17.8	52.4	35.4	37.8	39.1	4.9	47.3	35.8	6.4	29.6	52.4	46.4	5.4	7.0	3.1
Linolenic acid	6.0	6.5	—	7.4	3.9	3.6	4.9	1.4	—	1.4	5.1	4.9	8.3	5.6	—	1.8	20.7

Unit: Phospholipid; $\mu\text{g/ml}$ cell Fatty acid; % Abbreviation: Cont.; Control Glu.; Glucose Suc.; Sucrose Raf.; Raffinose

Raffinose 처리구는 배양 12시간과 24시간에서 PI의 주요 구성지방산이 palmitic acid와 oleic acid로 나타났다. palmitic acid는 69.4%, 43.8%이었고 oleic acid는 11.3%와 21.4%로 조사되었다. 배양 30시간과 36시간에서는 palmitic acid가 43.7%, 39.1%로 나타났고 stearic acid는 41.0%와 23.0%로 분석되었다.

3) *Candida albicans*

Table 9에서 나타난 바와 같이 *Candida* 세포의 대조구는 배양초와 배양 12시간에서 palmitic acid가 27.9%, 31.6% linoleic acid가 36.6%, 38.9%로 PI 구성의 주요 지방산으로 나타났다. 배양 24시간과 48시간에서는 주요지방산이 stearic acid와 linoleic acid이었다. stearic acid는 35.3%, 37.1%를 linoleic acid는 37.8%, 35.8%를 보여 주었다. 배양 96시간에서는 palmitic acid가 20.9%, linoleic acid가 46.4%로 분석되었다.

포도당 처리구는 배양 12시간에서 palmitic acid가 39.8%, stearic acid가 26.7%, 배양 24시간에서는 palmitic acid가 27.3%, linoleic acid는 39.1%, 배양 48시간과 96시간에서는 palmitic acid와 stearic acid가 주요지방산으로 palmitic acid는 34.7%, 46.4%를 stearic acid는 49.3%와 37.1%가 인지질합성에 참여하였다.

서당 처리구는 PI의 주요 지방산으로 배양 12시간에는 palmitic acid가 21.6%, linoleic acid가 52.4%로 나타났고 배양 24시간에서는 palmitic acid가 48.4% oleic acid가 35.9%이었다. 배양 48시간에서는 stearic acid가 32.4%를 linoleic acid가 29.6%의 조성을 나타내었다. 배양 96시간에서는 palmitic acid가 55.5% oleic acid가 27.2%로 분석되었다.

Raffinose 처리구는 배양 12시간에서는 stearic acid가 36.0%, linoleic acid가 35.4%를 보여 주었다. 배양 24시간과 48시간에서는 palmitic acid와 linoleic acid가 PI를 형성하는 주요 지방산으로 밝혀졌으며, palmitic acid는 배양 24시간과 48시간에서 36.9%와 14.6%이었고 linoleic acid는 47.3%, 52.4%이었다. 배양 96시간에서는 palmitic acid가 42.9%, oleic acid가 21.9%로 분석되었다.

유기화합물의 소장관계

핵산의 함량변화 탄수화물을 달리 처리하였을

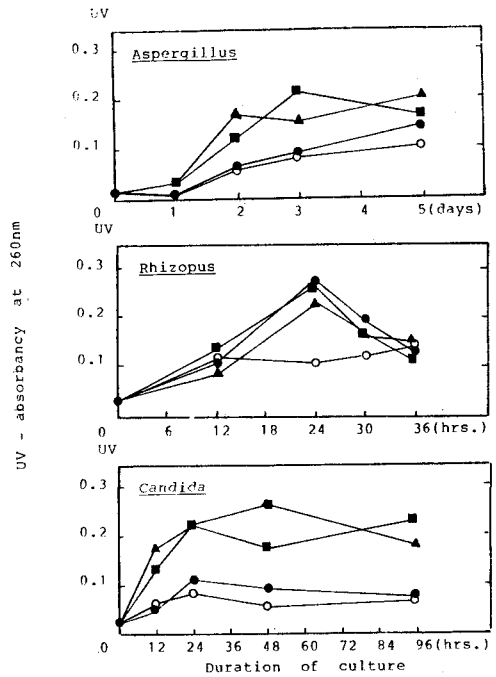


Fig. 7. Changes in amounts of DNA in fungal cells treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

때 각 균주의 DNA 함량과 RNA 함량은 Fig. 7과 8에 표시하였다. Fig. 7에 나타난 바와 같이 *Aspergillus*에서는 대조구에 비하여 배양 말기 포도당과 서당 처리구는 DNA 함성촉진 현상이 나타났으나 반면 raffinose 처리구는 감소를 보여 주었다. *Rhizopus*에서는 대조구가 배양 24시간에 최대 함량을 나타내었다가 배양 말기 감소하였다. 포도당 처리구는 대조구와 거의 비슷한 경향을 보여 주었고, 서당 처리구는 배양 30시간까지는 약간의 함량감소를 보여 주었으나 배양 말기 증가를 관찰할 수 있었으며, raffinose 처리구는 배양 12시간부터 함량증가를 거의 볼 수 없었다. *Candida*에서는 포도당과 서당 처리구는 배양 초부터 매우 높은 값을 보여 주었다. 포도당 처리구는 가장 높은 값을 나타내었고, 서당 처리구도 뚜렷한 증가현상을 관찰할 수 있었으며 raffinose 처리구는 약간 감소되었다.

Fig. 8에 나타난 바와 같이 *Aspergillus*에서는 포도당과 서당 처리구가 배양 초부터 RNA 함성을

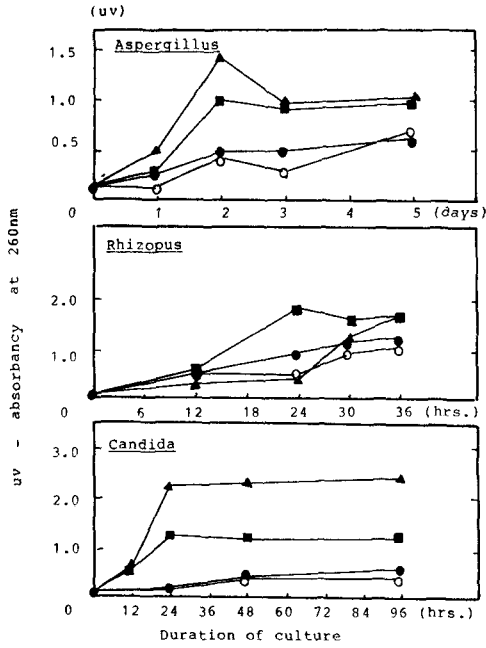


Fig. 8. Changes in amounts of RNA in fungal cells treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

촉진시켰고, 배양 말기 뚜렷한 증가를 보였다. Raffinose 처리구는 배양기간 대조구와 별 차이를 나타내지 않았다. *Rhizopus*에서는 포도당 처리구가 대조구에 비하여 배양기간 동안 지속적인 증가를 나타내었다. 서당 처리구는 배양 중기까지 낮은 값을 보여 주다가 배양말기 증가하였고 raffinose 처리구는 대조구보다 낮은 함량을 나타내었다. *Candida*에서는 서당과 포도당 처리구가 RNA 합성에 촉진효과를 일으켰는데 서당과 포도당 처리구보다 높은 함량증가를 볼 수 있었으며 raffinose 처리구의 효과는 대조구와 비슷하였다.

단백질의 양적동태 *Aspergillus*, *Rhizopus* 및 *Candida*에 탄소원을 달리하였을 때 유리아미노산과 alkali labile protein과 alkali stable protein 및 total protein의 함량변화를 Fig. 9, 10, 11에 표시하였다.

Fig. 9에 나타난 바와 같이 *Aspergillus*의 유리 아미노산 함량은 당 처리구에서 모두 증가되었다. Alkali labile protein 함량은 배양 중기까지 당 처리구에서 증가하였으나, 배양 중기부터는 감소되었고, 배양 말기에는 포도당과 서당 처리구에서 억제되었

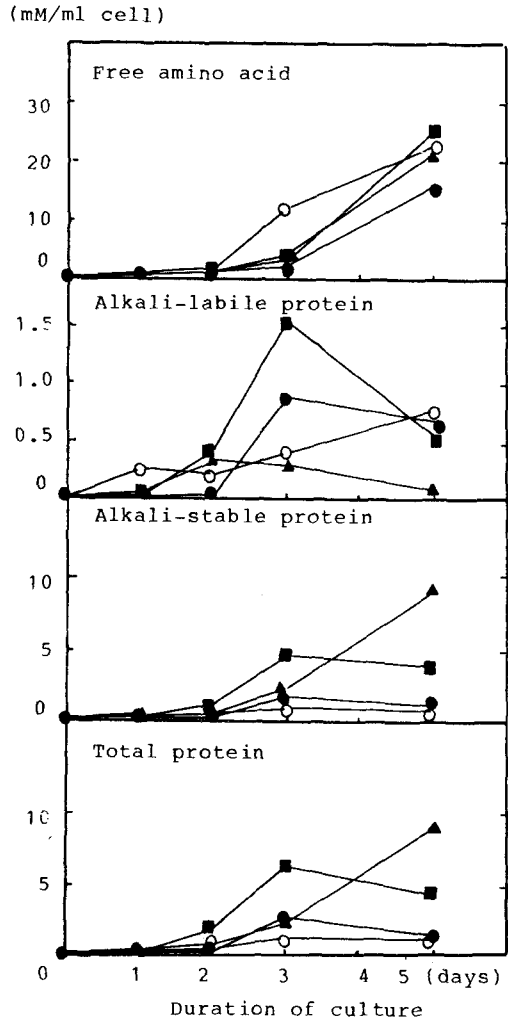


Fig. 9. Changes in amounts of ninhydrin reactive substance in each fraction of *Aspergillus* treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

으나, raffinose 처리구에서 배양 중기부터 서서히 증가하였다. Alkali stable protein은 포도당 처리구에서 배양 3일까지 증가하였으나, 배양 말기까지는 변화가 없었고, 서당 처리구에서는 배양중기부터 함량이 지속적으로 증가하였다. Raffinose 처리구는 대조구와 비슷한 경향을 보여 주었다. Total protein에서도 포도당 처리구는 배양 3일까지 증가되었다가 배양 말기 완만한 감소를 나타내었다. 서당 처리구는 배양기간 계속적인 증가를 보여 주었으며

(mM/ml cell)

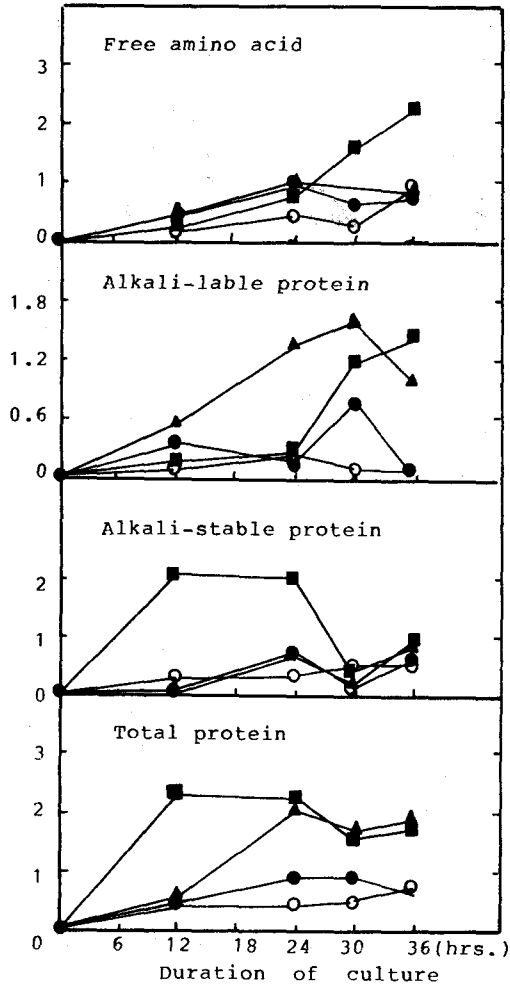


Fig. 10. Changes in amounts of ninhydrin reactive substance in each fraction of *Rhizopus* treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

raffinose 처리구는 대조구보다 다소 감소하였다.

Fig. 10에서 나타난 바와 같이 *Rhizopus*에서 유리 아미노산의 경우 포도당 처리구는 배양 중기까지 함량이 억제되었으나 배양 말기 뚜렷한 증가를 보여주었다. 서당 처리구는 대조구와 별 차이를 보이지 않았으며, raffinose 처리구는 대조구보다 억제되었고 배양 말기 약간의 함량 증가를 보였다. Alkali labile protein에서는 당 처리구들이 대조구보다 증

(mM/ml cell)

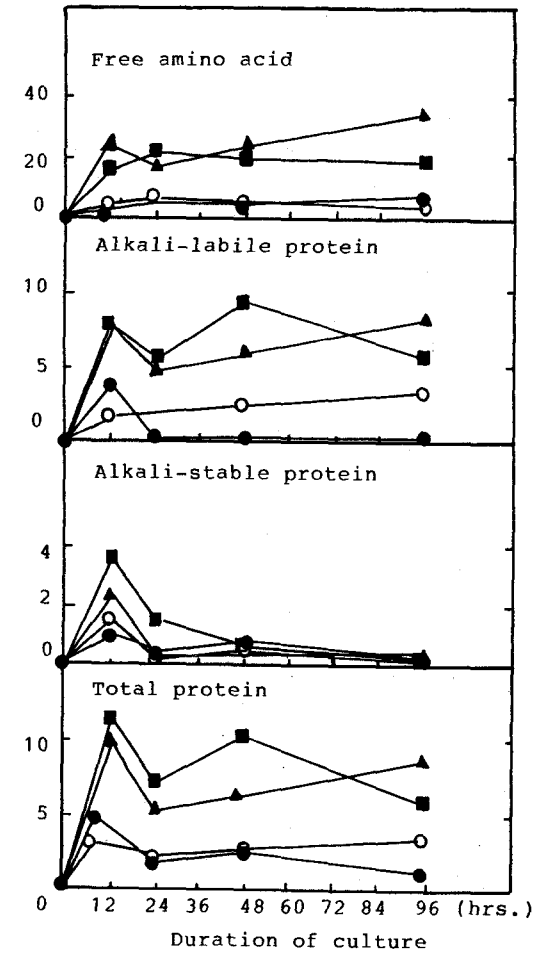


Fig. 11. Changes in amounts of ninhydrin reactive substance in each fraction of *Candida* treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

가하였으며, 서당 처리구의 촉진현상은 현저하였다. 반면에 alkali labile protein은 서당 처리구가 별 다른 함량의 증가를 보여주지 않았으나 포도당 처리구는 뚜렷한 증가현상을 나타내었다. Total protein은 포도당과 서당 처리구의 순서로 단백질 합성이 촉진되었고, raffinose 처리구는 대조구보다 함량이 감소하였다.

Fig. 11에 표시된 바와 같이 *Candida*에서 유리 아미노산의 함량은 포도당 처리구가 배양 초 증가하

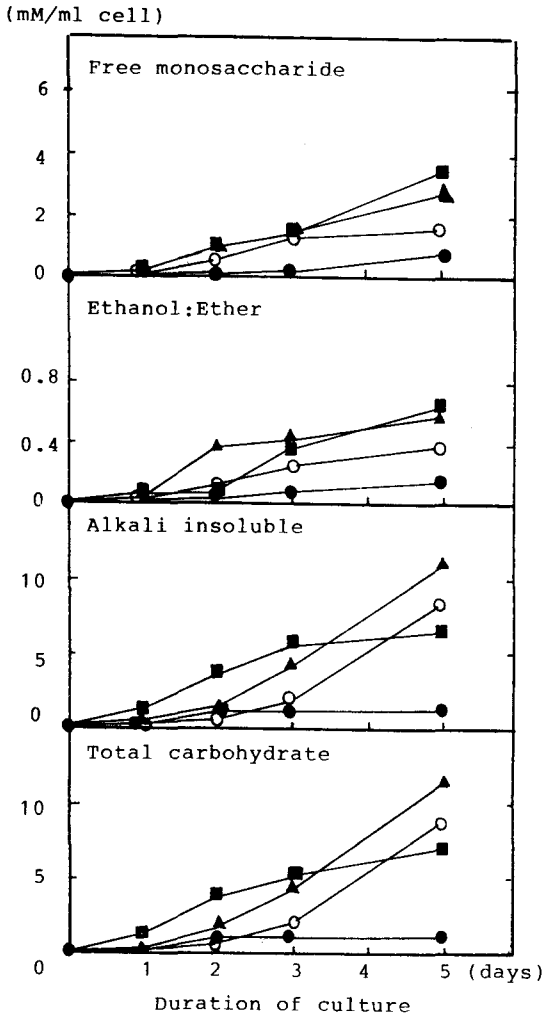


Fig. 12. Changes in amounts of anthrone reactive substance in each fraction of *Aspergillus* treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
 ▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

였다가 완만한 감소를 보여주는데 반해 서당 처리구는 배양 말기까지 지속적인 증가를 나타내었으며, raffinose 처리구는 대조구와 비슷한 경향을 보였다. Alkali labile protein은 포도당, 서당, raffinose에 의해 촉진되었으며, alkali stable protein은 배양 초 당 처리구에서 높은 함량을 보였으나 배양 말기에는 별 차이를 나타내지 않았다. Total protein은 대조구에 비하여 서당과 포도당 처리구의 현저한 촉진 gustkd를 관찰할 수 있었고, raffinose 처리구는 대

조구와 별 차이를 볼 수 없었다.

탄수화물의 함량관계 *Aspergillus*, *Rhizopus* 및 *Candida*를 탄소원을 달리하였을 때 산가용성 분획과 지용성 분획 및 알칼리 불용성 분획에 함유된 탄수화물의 변화는 Fig. 12, 13, 14에 표시하였다.

Fig. 12에 나타난 바와 같이 *Aspergillus*의 산가용성 분획에서 대조구에 비하여 포도당 처리구가 가장 높은 값을 나타내었고, 서당, raffinose 처리구의 순이었다. 지용성 분획구에서 포도당 처리구는 배양 중기부터 현저한 촉진 현상을 볼 수 있었고, 서당 처리구는 배양 1일부터 증가되었으며, raffinose 처리구도 지속적인 함량의 증가를 보여 주었다. 알칼리 불용성 분획구에서 포도당 처리구는 배양 3일부터 함량의 증가를 거의 볼 수 없었으며, 서당과 raffinose 처리구는 지속적인 증가를 보여 주었다. Total carbohydrate에서도 배양 중기는 포도당 처리구가, 배양 말기는 서당과 raffinose 처리구가 높은 함량을 나타내었다.

Fig. 13에 표시된 바와 같이 *Rhizopus*의 경우 산가용성 분획구에서 포도당 처리구는 배양 중기까지 대조구와 비슷한 경향을 나타내다가 배양 말기에 뚜렷히 증가하는 현상을 보였다. 서당 처리구는 대조구에 비하여 배양기간 내에 높은 값을 나타내었다. Raffinose 처리구는 배양기간 동안 대조구보다 낮은 함량을 보였고, 배양 말기는 대조구보다 다소 높은 값을 나타내었다. 지용성 분획구와 알칼리 불용성 분획구에서 서당과 raffinose 처리구는 대조구와 비슷한 경향을 보였으나, 포도당 처리구는 현저한 함량의 증가를 나타내었다. Total carbohydrate에서 서당과 raffinose 처리구의 함량은 대조구보다 다소 증가하였으며, 포도당 처리구의 뚜렷한 증가 현상을 관찰할 수 있었다.

Fig. 14에서 나타난 바와 같이 *Candida*의 유리아미노산에서 대조구가 배양기간 동안 함량의 변화가 거의 없는 반면 포도당 처리구는 배양 초 급격한 증가를 나타내다가 배양 말기 서서히 함량이 감소하였다. 서당 처리구는 배양 중기까지 지속적인 증가를 보여주다가 배양 말기까지 함량의 변화가 거의 없었다. 반면 raffinose 처리구는 배양 말기까지 지속적인 증가를 보였다. 지용성 분획구에서도 배양 중기까지의 포도당 처리구의 함량이 매우 높았고, 서당 처리구도 대조구보다 높은 값을 보였으며, raf-

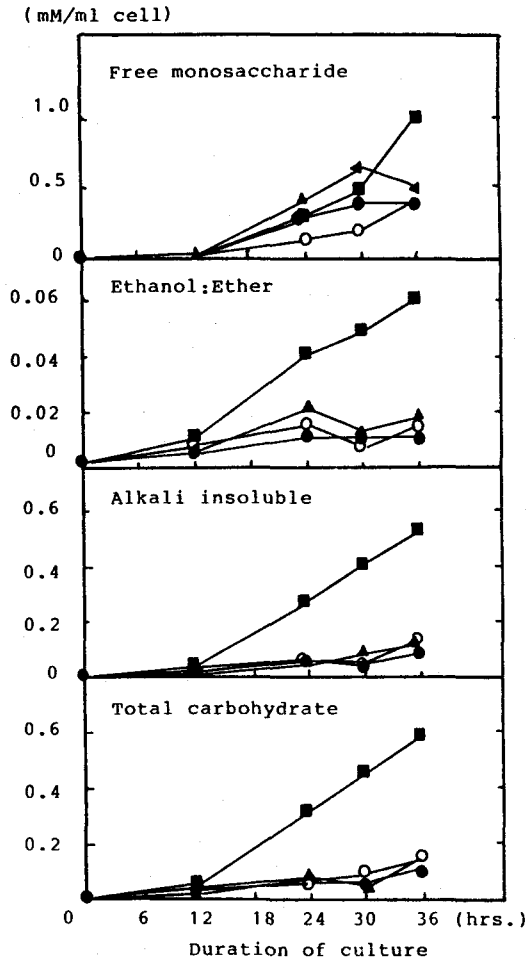


Fig. 13. Changes in amounts of anthrone reactive substance in each fraction of *Rhizopus* treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

finose 처리구는 대조구와 비슷하였다. 알카리 불용성 분획구에서는 포도당과 서당 처리구가 배양 중기까지 현저한 함량 증가를 보였으며, 포도당 처리구는 배양 말기까지 함량의 변화가 거의 없었고, 서당 처리구는 배양 말기 뚜렷한 증가 현상을 관찰하였다. 반면 raffinose 처리구는 대조구와 별 다른 차이를 볼 수 없었다. Total carbohydrate에서는 포도당 처리구와 서당 처리구가 대조구보다 높은 값을 나타내었고 raffinose 처리구는 대조구와 비슷한 경향을 보여주었다. 즉 포도당 처리구는 배양 초

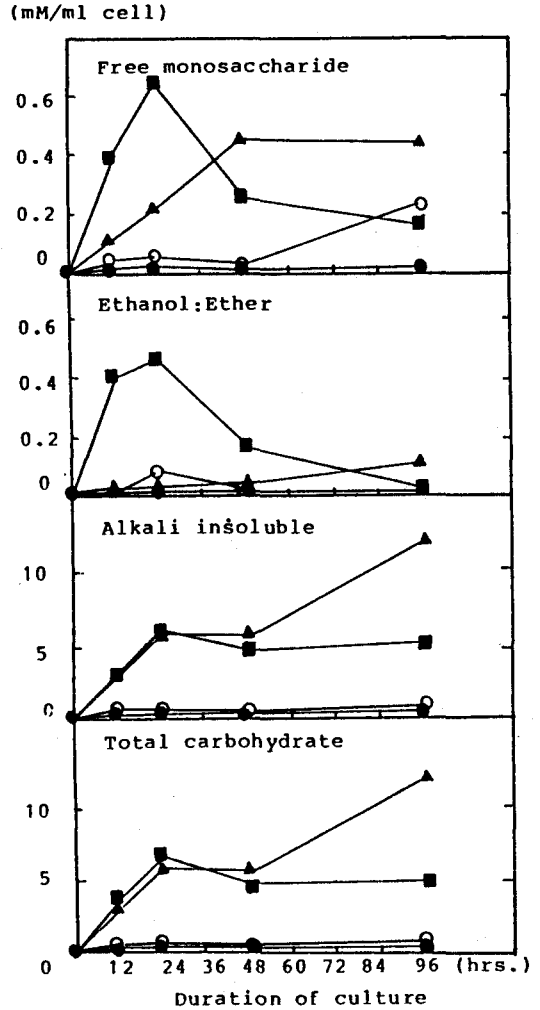


Fig. 14. Changes in amounts of anthrone reactive substance in each fraction of *Candida* treated with carbon sources during the cultivation.

●—● Control ■—■ Glucose
▲—▲ Sucrose ○—○ Raffinose

증가하였다가 서서히 감소되는 한편 서당 처리구는 배양 말기까지 지속적인 증가를 보여 주었다.

고 찰

단당류인 포도당, 이당류인 서당, 삼당류인 raffinose가 각각 함유된 배지에서 *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Candida*를 생육시킨 결과 *Aspergillus*는 포도당으로 처리하였을 때 배양 중간기까지는 높은 생장율을

보였으나, 배양 말기에는 생장의 증가가 거의 일어나지 않았다. 한편 서당과 raffinose 처리구는 계속적인 성장 증가를 나타내었다. 이는 포도당이 단당류로 서당이나 raffinose보다 세포내 흡수와 활용에 있어서 우선적이어서, 배양 말기에는 배지에 잔존한 포도당의 함량이 감소되었기 때문이라 판단된다. 서당이나 raffinose는 단당류인 포도당에 비하여 배양 초에는 이용도가 떨어지나 단당류로 가수분해되어 탄소원이 풍부하기 때문에 이들이 세포구성원 및 에너지 대사에 참여하므로 계속적인 생장의 증가가 있는 것으로 보인다. *Rhizopus*에서는 포도당이 세포 성장에 가장 좋은 탄소원으로 판단되며, *Candida*에서는 서당 처리구가 성장율이 가장 높게 나타나며, 지속적인 성장을 보였다. 포도당 처리구는 세포생장이 배양 초기에 급성장하였으나 세포내 빠른 이용으로 배양 중기부터 세포의 생장이 미약하였다. 한편 raffinose 처리구는 대조구와 비교하여 약간의 생장이 있었을 뿐 이었다. *Chlorella* 세포에서는 raffinose가 가장 높은 성장율을 보였으며(Kark and Lee, 1990) 효모세포에서는 서당과 포도당이 성장에 유용한 탄소원(Lee et al., 1981)으로 밝혀졌다. 본 실험에서도 성장에 가장 효과적인 탄소원이 각 균주마다 다른 것으로 판단된다.

이들 3균주에 당 처리를 하였을 때 total lipid의 함량은 대조구보다 증가하였다. *Aspergillus*와 *Rhizopus*에서는 포도당이 total lipid에 가장 유용한 탄소원으로 밝혀졌으며, *Candida*에서는 raffinose로 조사되었다. *Chlorella*에서 raffinose는 성장을 촉진시키는데 효율적인 탄소원이었으나 포도당이 total lipid의 함성율을 증가시켰으며(Kark and Lee, 1990). 이러한 결과는 *E.coli*에서 여러가지 성장 조건과 지질의 생합성 사이에는 연관성이 없지만 인지질과 이를 구성하는 지방산의 조성과의 함량에는 영향을 미친다는 보고(Knivett and Cullen, 1965)와 일치한다. 포도당에 의하여 acetyl Co A carboxylase의 활성이 촉진되고(Zamkim et al., 1967) 효모세포에서 raffinose에 의한 호흡률과 물질대사의 증가(Lee et al., 1981)는 여러 당들이 세포내 지질 생합성에 촉진제로 작용한다는 것으로 해석된다.

*Aspergillus*와 *Rhizopus*에서 total fatty acid methyl esters 함량에는 포도당이 가장 최적의 탄소원으로 밝혀졌다. 그런데 *Candida* 세포에서는 raffi-

nose 처리구가 인지질 합성에 유용한 당으로 조사되었으며, 포도당 처리시는 total fatty acid methyl esters 함량이 감소되었는데, 세포의 성장률은 촉진되었고, total lipid의 증가도 미약한 것으로 보아 포도당이 해당과정을 거쳐 pyruvate를 생성하고 이어서 탈탄화 반응과 조효소 Co A와의 결합으로 acetyl Co A를 거쳐 Krebs's 회로로 들어가 산화되었기 때문이라 사료된다. *Aspergillus*의 당 처리구의 대조구는 PE의 함량이 배양 중간기는 증가하였다가 배양 말기 감소한 반면, PC에서는 배양 중간기부터 인지질의 함량이 증가되었는데 이는 PE가 PC로 전환(Waechter and Lester, 1973)되었을 것으로 생각된다. PI는 배양 조건에 따라 함량이 급변한다(Greenberg et al., 1983)고 하는데 본 연구에서도 포도당과 서당 처리구에서 PI 함량이 PC와 PE보다 높았으며, raffinose 처리구에서는 감소되었다. *Aspergillus*에서는 raffinose 처리구가 인지질 합성은 억제되나 성장율이 높은 것으로 나타났다. 이는 raffinose가 호흡기질로 분해되어 완전 산화하는데 이용되고 지방산 합성에는 이용되지 못하였기 때문이라 생각된다. *Rhizopus*와 *Candida*의 당 처리구에서 PC의 함량이 PE에 비하여 매우 높은 값을 보여 주는데 이는 PC의 합성이 CDP-choline과 diacylglycerol과의 결합으로 생성된 반면(Sparace and Moore, 1979), PE의 methylation에 의하여 PC가 합성된다(Waechter and Lester, 1973)는 보고와 상응된다. 또한 탄소원이 호흡기질로 이용되어 환원된 ATP의 증가로 인하여 choline이 choline phosphate로 생성되는데 필요한 인산원의 공급을 촉진하므로, 당 처리시에 PC의 함량이 증가된 것으로 사료된다. raffinose를 처리한 배지에서 생육된 *Candida*의 PC와 PI의 함량이 비슷한 수준을 나타내었다. 아주까리 종자의 내배유에서 분리한 소기관의 막은 PC와 PE가 풍부하며(Donelson and Beevers, 1977), *Microsporium gypseum*의 인지질중 PC, PS, PE가 주된 구성원이고, PI는 소량 함유되었다(Khuller et al., 1978)고 하였는데 본 연구에서도 이들 세포에서 PC의 함량이 가장 높았으나 여러 처리구에서 PI의 증가된 값은 PI가 여러 환경 조건에 민감하게 변하며(Greenberg et al., 1983) 다른 인지질의 수준을 조절한다(Daum et al., 1983)는 보고와 연관이 있다.

*Chlorella*의 포도당 처리시에 palmitic acid, stearic acid, linoleic acid, linolenic acid가 주요지방산으로 밝혀졌고, 서당 처리구는 palmitic acid, linoleic acid, linolenic acid, raffinose 처리구는 palmitic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid의 지방산이 인지질합성에 다양하게 이용되었으며(Kark and Lee, 1990) 효모세포에서 서당 처리구의 주요 인지질의 지방산은 palmitic acid, oleic acid이었다(Kim and Lee, 1988). 쥐의 생활사와 공급되는 먹이에 따라 erythrocyte 세포내의 지방산의 조성이 변화하였는데, 어린 세포에서는 palmitic acid의 함량이 높았고, linoleic acid는 감소되었다(Walker and Yurkowski, 1967). Hepatoma 세포에서 palmitic acid 처리시에 PC나 PE에서 palmitic acid의 함량 변화는 거의 없었으나, linoleic acid를 첨가하였을 때 linoleic acid 함량의 증가를 관찰하였고(Wood and Falch, 1973), 또한 광도가 높을 수록 불포화 지방산이 증가하였으며(Hawke *et al.*, 1974), 저온에서는 linoleic acid의 함량이 감소되었다(Sato and Murata, 1980; Chapman *et al.*, 1983). *Nicotiana tabacum*의 잎이 상부에 있을 수록 linolenic acid의 함량이 증가하였고, 다른 지방산은 감소하였으며, 꽃과 종자에서는 특히 linoleic acid가 증가되었다(Chu and Tso, 1968; Matsuzake *et al.*, 1983). 쥐의 matocytoma 세포에서 인지질중 PC에 함유된 지방산의 함량에 따른 순서를 보면 palmitic acid, oleic acid, stearic acid, linoleic acid이었으며, PE에서는 stearic acid, oleic acid, linoleic acid, palmitic acid의 순서로 함량의 차이가 나타났고, PI에서는 stearic acid가 무척 높았다(Yoshioka *et al.*, 1985). 눈의 홍채에 있는 인지질에서 PC와 PE의 경우 palmitic acid와 oleic acid, stearic acid가 주요 지방산으로 밝혀졌다(Culp *et al.*, 1970). 이와 같이 지방산의 조성과 함량은 세포의 환경 변화에 민감하여, 현저한 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서도 환경조건 즉 탄수화물의 종류를 달리하여 세포에 처리하였을 때 total lipid와 total fatty acid methyl esters 및 인지질의 양적 변화를 관찰할 수 있었을 뿐 아니라 지방산의 조성과 함량변화에서도 뚜렷한 차이점을 관찰하였다. 즉 *Aspergillus*의 인지질을 구성하는 주요 지방산으로는 PC의 경우 대조구는 palmitic acid이고, 포도당, 서당, raffinose

처리구는 linoleic acid이었으며 PE에서는 대조구와 처리구 모두 linoleic acid이었다. PI의 주요 지방산은 대조구와 포도당 및 raffinose 처리구는 palmitic acid인 반면 서당 처리구는 linoleic acid이었다. *Rhizopus*는 PC, PE, PI를 구성하는 주요 지방산이 대조구와 처리구에서 palmitic acid로 밝혀졌다. *Candida*에서 PC를 구성하는 주요 지방산은 대조구와 raffinose 처리구는 linoleic acid인 반면, 포도당과 서당 처리구는 oleic acid이었다. PE의 경우, 대조구와 서당 처리구는 palmitic acid인 반면 포도당 처리구는 oleic acid, raffinose 처리구는 linoleic acid가 인지질의 주요 구성 지방산이었다. PI에서는 대조구와 raffinose 처리구가 linoleic acid인 반면 포도당과 서당 처리구는 palmitic acid로 분석되었다. 한편 *Aspergillus*, *Rhizopus*와 *Candida*를 포도당과 서당을 처리하였을 때 DNA와 RNA 함량은 증가하였으며, raffinose 처리구는 대조구와 비슷하였다. *Aspergillus*의 유리 아미노산은 포도당, 서당, raffinose 처리구에서 높은 함량이 관찰되었다. alkali labile protein에서 서당 처리구의 함량이 감소한 반면 alkali stable protein은 증가하였다. 반면 raffinose 처리구는 대조구보다 약간 감소하였다. 탄수화물의 함량 변화에서 포도당 처리구는 배양 중기 합성물이 다른 당 처리구보다 높았으나 배양 말기 완만한 증가를 보여주었으며, 서당과 raffinose 처리구는 배양 중기부터 급격한 증가를 나타내었다. 이는 포도당이 단당류로 세포내 대사물질로 빨리 전환된 때문으로 생각된다. *Rhizopus*에서 포도당과 서당 처리구는 단백질 합성을 촉진시키며, 탄수화물 합성에서는 포도당이 가장 좋은 탄소원으로 작용하였다. Raffinose는 이들 유기물 합성에 유용한 작용을 하지 않았다. *Candida*에서는 포도당과 서당이 유기물 합성에 효율적으로 사용되었으며, raffinose는 별로 활용되지 않았다. *Chlorella* 엽록체의 인지질 생합성에는 포도당이, 효모세포에서는 서당, 맥아당, 포도당, 젓당이 인산화합물과 체물질 구성에 유용한 탄소원으로 밝혀졌고(Lee *et al.*, 1981), 서당이 효모세포의 지방대사를 촉진시킨다고 하였다(Kim and Lee, 1988). 또한 포도당과 과당을 섭취시킨 쥐에서 acetyl Co A carboxylase의 활성율이 증가되었는데(Zamkim *et al.*, 1967). 본 연구에서도 *Aspergillus*와 *Candida*의 유기물 합성에 가장 효율적인 탄소원은

서당이었으며, *Rhizopus*에서는 포도당으로 관찰되었다. 이는 서당 처리구가 *Aspergillus*와 *Candida*의 생장율을, 포도당 처리가 *Rhizopus*의 생장을 가장 촉진시키는 현상과 일치하나 지질 합성술과는 다른 양상을 보여 준다. 즉 지질합성시 최적의 탄소화물로는 *Aspergillus*와 *Rhizopus*는 포도당이, *Candida*는 raffinose로 밝혀졌다. 이러한 결과는 *Chlorella*나 *E. coli* 세포에서 생장율과 지질의 합성과는 연관성이 없다는 보고(Kark and Lee, 1990; Knivett and Cullen, 1965)와 일치한다. 이와 같이 3종류의 진균류에 당 처리를 하였을 때 생장률 및 total lipid, 인지질의 합성이 증가되었으며, 인지질을 구성하는 주요 지방산은 *Aspergillus*에서는 palmitic acid와 linoleic acid, *Rhizopus*에서는 palmitic acid, *Candida*에서는 palmitic acid, oleic acid, linoleic acid로 조사되었다. 이들 3진균류가 당 처리시 인지질 합성에 공통으로 이용되는 주요 지방산은 palmitic acid로 밝혀졌다.

본 실험에서는 주요 탄소원으로 포도당, 서당, raffinose가 *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Candida*의 생장과 유기물 대사, 인지질 합성 및 이를 구성하는 지방산 조성에 어떠한 영향을 미치는지와 이들의 상관관계를 연구하였다. 더 나아가 이들 균주의 소기관들의 막을 분리하여 막 속에 있는 당지질 및 인지질을 추적하여 이들의 합성효소 및 존재와 위치에 대하여 더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

적 요

탄수화물(포도당, 서당, raffinose)을 각각 처리한 배지에서 배양한 진균류(*Aspergillus phoenicis*, *Rhizopus acidus*, *Candida albicans*)의 세포에서 일어나는 지질대사 특히 인지질 및 지방산 조성에 미치는 영향을 분석하였다. 서당은 *Aspergillus*와 *Candida*의 생장에, 포도당은 *Rhizopus*의 생장에 최적의 당이었다. 포도당은 *Aspergillus*와 *Rhizopus* total lipid 합성에, Raffinose는 *Candida* total lipid 합성에 가장 유용한 것으로 조사되었다. 포도당 처리는 *Aspergillus*의 PI를 73.7%, *Rhizopus*의 PC를 292% 증가시켰다. 서당 처리는 *Aspergillus*의 PI를 112%, *Rhizopus*와 *Candida*의 PC의 함량을 77.7%와 71.8%의 촉진 현상을 보여 주었다. Raffinose 처리는 *Aspergillus*에서 PC의 함량을 29.5% 증가시켰고, PE의 함

량은 *Rhizopus*에서 50.9%, *Candida*에서 49.1% 촉진하였다. *Aspergillus*와 *Candida*의 당 처리구에서 PC와 PE를 구성하는 주요 지방산은 주로 oleic acid와 linoleic acid이었다. 인지질을 구성하는 주요 지방산으로 *Aspergillus*에서는 palmitic acid와 linoleic acid, *Rhizopus*에서는 palmitic acid, *Candida*에서는 palmitic acid, oleic acid, linoleic acid로 조사되었다. 이들 3진균류가 당 처리시 인지질 합성에 공통으로 이용하는 주요 지방산은 palmitic acid로 분석되었다.

參考文獻

- Allen, C. F. and P. Good. 1971. Acyl lipids in photosynthetic systems. *Method Enzymol.* **23**: 523-544.
- Blight, E. G. and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* **37**: 911-917.
- Chapman, D. J., J. De-Felice and J. Barber. 1983. Growth temperature effects on thylakoid membrane lipid and protein content of Pea chloroplasts. *Plant Physiol.* **72**: 225-228.
- Chu, H. and T. G. Tso. 1968. Fatty acid composition in tobacco. *ibid.* **43**: 428-433.
- Cobon, G. S., P. D. Crowfoot and A. W. Linnane. 1974. Biogenesis of Mitochondria -Phospholipid synthesis *in vitro* by yeast mitochondrial and microsomal fractions-. *Biochem. J.* **144**: 265-275.
- Culp, T. W., P. W. Tucker, C. R. Ratliff and F. F. Hall. 1970. Chromatographic analysis of ocular lipids. *Biochim. Biophys. Acta* **218**: 259-268.
- Daum, G., S. D. Kohlwein, E. Zinser, and F. Paltauf. 1983. Effect of inositol starvation on glycerolipid metabolism in *Saccharomyces uvarum*. *Biochem. Biophys. Acta.* **753**: 430-438.
- Donaldson R. D. and H. Beevers. 1977. Lipid composition of organelles from germinating castor bean endosperm. *Plant Physiol.* **59**: 259-263.
- Fischl, A. S., and G. M. Carman. 1983. Phosphatidylinositol biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Bacteriol.* **154**(1): 304-311.
- Greenberg, M. L., L. S. Klig., V. A. Letts., B. S. Loewy. and S. A. Henry. 1983. Yeast mutant defective in phosphatidylcholine synthesis. *ibid.* **153**: 791-799.
- Hawke, J. C., M. G. Rumsby and R. M. Leech. 1974. Lipid biosynthesis in green leaves of developing

- Maize*. *Plant Physiol.* **53**: 555-561.
- Higgins, J. A. 1984. The transverse distribution of phospholipids in the membranes of golgi subfractions of rat hepatocytes. *Biochem. J.* **219**: 261-272.
- Kark, H. S. and C. S. Lee. 1990. Effect of carbon sources on the synthesis of phospholipid and fatty acid composition in chloroplast of *Chlorella ellipsoidea*. *Kor. J. Bot.* **33**(1): 49-54.
- Khuller, G. K., J. N. Verma, V. S. Bansal and P. Talwar. 1978. Changes in the phospholipid composition of *Microsporium gypseum* during growth. *Indian J. Med. Res.* **68**: 234-236.
- Kim, S. H. and C. S. Lee. 1988. Effects of carbon sources on biosynthesis of phospholipids and the compositions of fatty acids in *Saccharomyces uvarum*. *J. Basic Science* **5**: 11-19.
- Knivett, V. A. and J. Cullen. 1965. Some factors affecting cyclopropane acid formation in *Escherichia coli*. *Biochem. J.* **96**: 771-776.
- Lee, C. S., S. H. Cho, K. S. Lee, H. K. Shin and Y. K. Choi. 1981. Effect of the carbon sources on the synthesis of phosphate compounds and respiratory activity of yeast during the growth phases. *Kor. J. Micro.* **19**(2): 63-77.
- Lee, J. K. and C. S. Lee. 1988. Effects of the nitrate and phosphate starvation on the biosynthesis of phospholipid and the composition of fatty acids in *Chlorella* chloroplasts. *Kor. J. Bot.* **31**(3): 187-196.
- Letts, V. A. and S. A. Henry. 1985. Regulation of phospholipid synthesis in phosphatidylserine synthase deficient mutants in *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Bacteriol.* **163**(2): 560-567.
- Matsuzake, T., A. Koiwai and N. Kawashima. 1983. Total fatty acid and polar lipid content in developing flower of *Nicotiana tabacum*. *Plant and Cell Physiol.* **24**: 199-206.
- McGarrity J. T. and J. B. Armstrong. 1975. The effect of salt on phospholipid fatty acid composition in *Escherichia coli* K-12. *Biochem. Biophys.* **398**: 258-264.
- Miyachi, S. and H. Tamiya. 1961. Distribution and turnover of phosphate compounds in growing *Chlorella* cells. *Biochem. Biophys. Acta* **46**: 200-202.
- Paultaup, F. and J. M. Johnston. 1970. Lipid metabolism in inositol deficient Yeast. *Saccharomyces carlsbergensis*. *Biochim. Biophys. Acta* **218**: 424-430.
- Percy, A. K., M. A. Carson, J. F. Moore and C. J. Waechter. 1984. Control of phosphatidylethanolamine metabolism in Yeast. *Achiv. Biochem. Biophys.* **230**(1): 69-81.
- Sato, N. and N. Murata. 1980. Temperature shift-induced responses in lipids in the blue-green alga *Anacystis variabilis*. *Biochim. Biophys. Acta* **619**: 353-366.
- Schmidt, G. and S. J. Tannhauser. 1945. A method for the determination of deoxyribonucleic acid, ribonucleic acid and phosphoprotein in animal tissue. *J. Biol. Chem.* **161**: 83-89.
- Scott, T. A. and E. H. Melvin. 1953. Methods in carbohydrate analysis. *Anal. Chem.* **25**: 1650.
- Skipski, V. P. and M. Barllay. 1969. Thin layer chromatography of lipids. *Method. Enzymol.* **14**: 530-598.
- Sparace, S. A. and T. S. Moore, Jr. 1979. Phospholipid metabolism in plant mitochondria. *Plant Physiol.* **63**: 963-972.
- Steiner, M. R. and R. L. Lester. 1972. *In vitro* studies of phospholipid biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochim. Biophys. Acta* **260**: 222-243.
- Troll, W. and R. K. Cannon. 1953. A modified photometric ninhydrin method for the analysis of amino and imino acids. *J. Biol. Chem.* **200**: 803-811.
- Turner, J. T. and G. Rouser. 1970. Precise quantitative determination of human blood lipids by thin-layer and triethylaminoethyl cellulose column chromatography. II. Plasma lipids. *Anal. Biochem.* **38**: 437-445.
- Waechter, C. J. and R. L. Lester. 1973. Differential regulation of the N-methyl transferases responsible for phosphatidylcholine synthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Arch. Biochem. Biophys.* **158**: 401-410.
- Walker, B. L. and M. Yurkowski. 1967. Effect of cell age on erythrocyte fatty acid composition in rats on different dietary regimes. *Biochem. J.* **103**: 218-224.
- Wood, R. and J. Falch. 1973. Lipids of cultured hepatoma cells: Effect of media lipids on cellular phospholipids. *Lipids.* **8**(12): 702-710.
- Yoshioka, S., S. Nakasima, Y. Okano, H. Hasegawa, A. Ichiyama and Y. Nozawa. 1985. Phospholipid and fatty acid chain composition in murine mastocytoma cells. *J. Lipid Res.* **26**: 1134-1141.
- Zamkim, D., R. S. Pardini, R. H. Herman and Saubertlich. 1967. Mechanism for the differential effects of high carbohydrate diets on lipogenesis in rat liver. *Biochem. Biophys. Acta* **114**: 242-251.