

## 감귤과피 압착액을 기질로 한 SCP 생산

강신권<sup>1\*</sup> · 성낙계<sup>2</sup>

<sup>1</sup>롯데그룹중앙연구소 <sup>2</sup>경상대학교 식품공학과

## SCP Production from Mandarin Orange Peel Press Liquor

Kang, Shin-Kwon<sup>1\*</sup> and Nack-Kie Sung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lotte Group R & D Center, 4-20 Yangpyong-dong, Yongdeungpo-ku, Seoul 150-104, Korea  
<sup>2</sup>Department of Food Science and Technology, Gyeong Sang National University, Jinju 660-701, Korea

The bioconversion of mandarin orange peel press liquor to single cell protein (SCP) by two yeast strains, F-60, and C-7, which were isolated from mandarin orange peel was carried out and compared with that of using *Candida utilis* IFO 0598. Experiments were directed toward the high yield of biomass and high protein in cultures of the strains mentioned above. *Candida utilis* IFO 0598, F-60 and C-7 strains were cultivated at 30°C, pH 5.2 for 3 days in shaking flasks. The effects of some nutrients on cell growth were studied. Cell mass and protein content per cell mass were increased by addition of urea 1%,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.1% and  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.05%. When the F-60 strain cultured under the optimal conditions, cell mass, growth yield and protein content were 41.2g/l, 53.9%, 59.7%, respectively. Cell mass was also increased up to 15% by modifying the fermentation condition on the bench type 20l jar fermentor. Crude fat content (10.3%) of dried C-7 cell was higher than those of *C. utilis* and F-60, 4.9% and 5.6% respectively. Total protein content of the F-60 strain was 59.7% per dry weight. And we compared their amino acid compositions with that of FAO provisional pattern. In the case of the F-60 strains, amino acid contents such as lysine, leucine and isoleucine were much higher than those of methionine, cystine and tryptophan.

식품산업에 있어 폐기물의 회수와 개선에 대해서는 그 중요성이 갈수록 증대되고 있으며 그 목적은 부산물의 보다 완전한 이용으로 폐기처리에 따르는 공해문제를 최소화시키는데 있다.

현재 우리나라에서의 감귤 주스의 가공 후 폐기처리되는 감귤과피의 이용은 이러한 점에서 그 의의가 있다고 할 수 있다.

Burch(1) 등의 감귤가공 산업에 있어 부산물의 이용에 대한 연구를 시초로 하여 최근까지도 여러 연구자들(2)에 의해 농산폐자원의 이용에 관한 연구가 진행되어 왔다. 이러한 농산폐자원 중에서도 특히 감귤은 가공 후의 잔류물인 과피가 약 40% 내외로서 상대적으로 상당히 많은 양이 폐기물로 처리되고 있다. 그러므로 감귤과피를 이용하는데 있어서 저장이나 수송문제로 건조를 시켜야 하는데 건조시 과피

에 다량함유된 수분을 추출함으로써 건조를 더욱 용이하게 할 뿐만 아니라 여기에서 추출된 압착액을 이용하여 Single Cell Protein(SCP)을 생산하고자 하는 것이다.

효모는 그 구성성분의 50% 이상이 단백질로 되어 있고 그 단백질을 구성하는 아미노산의 조성이 영양학적인 면에서 아주 양호한 것으로 알려져 있어 오래 전부터 사료용 또는 약용으로 많이 이용되어 왔다(3).

일반적으로 SCP 생산에 알려진 조원료로는 corn syrup, cane molasses, methanol 및 cellulose 계 물질들을 가수분해시켜 hexose sugar로 전환하여 기질로써 이용하여 왔다.

Okada(4), Nottle(5) 등은 오렌지 착즙액을 탄소원으로 하여 SCP 생산을 연구하였으며 Nishio(6) 등

은 감귤과피를 효소적으로 가수분해시켜 *Debaryomyces hansenii* 등으로 40 g/l 내외의 균체를 얻었고 Lequerica(7) 등은 *Candida utilis* 를 감귤과피 반고체 배양법에서 감귤과피의 조단백 함량을 18.5% 까지 증가시킨 바 있다.

한편 Long(8) 등은 *Aerobacter aerogenes* 를 이용 5% 내외의 2,3-butylene glycol 을 생산하였으며 McNary(9) 등은 초산발효를 통하여 과피착즙액으로부터 vinegar 제조의 가능성을 연구하였고 안전한 제품생산을 위해서는 발효배지로부터 peel oil 의 제거가 따라야 한다고 했다. 그러나 이러한 과피의 효율적 이용을 모색하고 있으나 경제적 이용성에 대한 개발은 끊임없이 이루어져야 할 것이다. 그러므로 본 실험에서는 감귤과피의 착즙액을 기질로 하여 효모의 배양조건을 개선하여 균체량 및 단백질 등의 수율을 증진시켜 그 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 사용균주 및 기본배지

본 실험에 사용된 균주는 *Candida utilis* IFO 0598, *Kluyveromyces lactis* IFO 0648, *Saccharomyces cerevisiae* IFO 0251 과 감귤재배 단지의 토양 및 감귤과피로부터 분리한 효모 F-60 과 C-7 을 사용하였으며 기본배지는 감귤과피를 bench press 로 압착하여 그 여액을 사용하였다.

### 배양 방법

500 ml shaking flask 에 감귤과피 착즙액 100 ml 를 분주하여 120°C, 1.2 kg/cm<sup>2</sup> 15분간 멸균하고 이에 효모 종배양액 1 ml 를 접종하여 30°C에서 3일간 배양하였으며 또한 대량생산을 위한 기본실험의 일환으로 20 l jar fermentor(K.R.M 20-6155, Kanto, Japan)상에서 agitation speed 600 rpm 에서 15 l/min 의 aeration 으로 배양하였다.

### 분석 방법

감귤과피 착즙액 및 균체 일반성분 분석을 상법에 준하였으며 hesperdin, naringin 은 David 법(10), pectin 은 calcium pectate 법(11)에 의해 분석하였다. 아미노산 조성은 amino acid analyzer(Waters Model 510, Millipore, USA)로 분석하였으며 아미노산 분석을 위한 시료의 조제는 sample tube 에 시료 15 mg 을 넣어 진공건조시킨 후 vacuum reaction vial 에 6N HCl 1 ml/phenol 200 ml 를 첨가하여

Table 1. Operating conditions for amino acid analysis.

Column	Pico-Tag (Waters)
Detector	UV 254 nm
Flow rate	1.0-1.5 ml/min. (gradient)
Chart speed	0.5 cm/min.
Injection volume	5 $\mu$ l
STD amino acid	HA type

Table 2. Chemical composition of mandarin orange peel press liquor.

Components	Contents (% (w/w))
Total sugar	7.60
Reducing sugar	6.30
Pectin	1.50
Hesperidin	0.50
Naringin	0.32
Crude fiber	2.40
Crude protein	4.04
Crude ash	2.83
Crude fat	0.20
Citric acid	0.56
Potassium	0.582
Calcium	0.11
Magnesium	0.02
Iron (ppm)	0.012
Copper	Trace
Zinc	Trace
Manganese	Trace
pH	5.20

nitrogen cycling 후 105°C에서 24 시간 진공건조시킨 다음 ethanol : triethylamine : water : phenylisothiocyanate(7 : 1 : 1 : 1) 혼합액을 20 ml 첨가, 유도체를 형성시켜 분석하였다. 분석 조건은 Table 1 과 같다.

## 결과 및 고찰

### 감귤과피 압착액의 성분

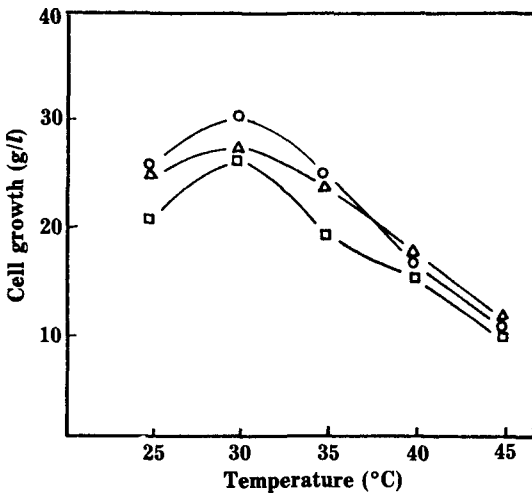
과피 압착액의 성분의 총당이 7.6% 가 함유되어 있고 이 중 6.3% 가 환원당인 것으로 나타났으며 그 외 구성성분은 Table 2 와 같다.

### SCP 생산효모의 선정

**Table 3. Preliminary cultivation of yeasts on orange peel juice medium.**

Strains	Growth (g/l)		
	1 day	2 day	3 day
<i>Candida utilis</i> IFO 0598	13.4	21.7	26.8
F-60 (isolated strain)	13.6	24.8	31.2
C-7 (isolated strain)	12.3	21.4	27.6
<i>Kluyveromyces lactis</i> IFO 6048	8.7	14.3	16.3
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> IFO 0251	9.3	11.6	19.8

\*Cultivation was carried out at 30°C, initial pH 5.2

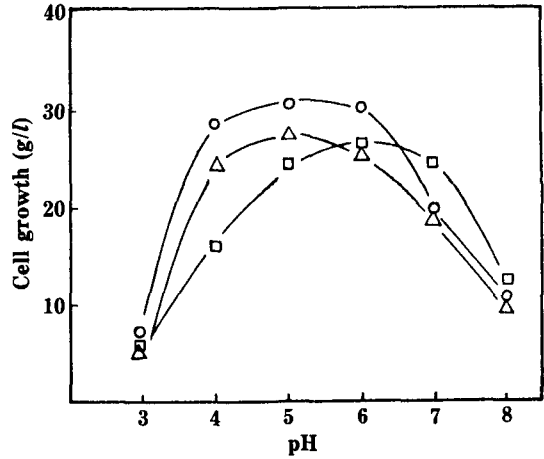


**Fig. 1. Effect of temperature on growth of selected strains.**

○-○: Isolated strain F-60  
 △-△: Isolated strain C-7  
 □-□: *Candida utilis* IFO 0598

감귤과피 착즙액으로부터 SCP 생산균주를 선정하기 위하여 *Candida utilis* IFO 0598, *Kluyveromyces lactis* IFO 0648, *Saccharomyces cerevisiae* IFO 0251 과 함께 감귤재배 단지에서 분리하여 감귤 착즙액에서 생육능이 우수한 분리효모 F-60 및 C-7 을 사용하여 배양한 결과는 Table 3 과 같다.

배양 3 일 후 가장 균체 생성능이 우수한 균주인 분리균 F-60 은 31.2 g/l 로 수율 41% 의 균체가 생산되었고, 그외 *Kluyveromyces lactis* IFO 0648 는 *Saccharomyces cerevisiae* IFO 0251 은 매우 균체수율이 낮았으므로 비교적 균체 생성능이 우수한 분리균 F-60, C-7 및 *Candida utilis* IFO 0598 를 최종 선정하여 배양 조건을 개선함으로써 균체량 및 조단



**Fig. 2. Effect of pH on growth of selected strains.**

○-○: Isolated strain F-60  
 △-△: Isolated strain C-7  
 □-□: *Candida utilis* IFO 0598

백질의 함량증진을 실험하였다.

**배양조건에 따른 영향**

**배양온도의 영향:** 배양온도에 따른 균체생산을 조사한 결과 Fig.1 에서와 같이 30°C 이상에서는 균체생육이 급격히 감소되었다.

분리균 C-7 의 경우 다른 두 균주에 비해 상대적으로 온도의 영향을 덜 받았으며 30°C에서 30.6 g/l 의 균체생성량을 보였으며 3 균주 공히 효모의 최적 생육 온도인 27-30°C 가 적당하였다.

**pH 의 영향:** 선정된 균주의 증식에 미치는 pH 의 영향은 Fig.2 와 같다.

생육 pH 를 보면 pH3 이하, pH8 이상에서는 3 균주 공히 그 생육도가 낮았으나 pH4-6 비교적의 넓은 범위에서는 잘 증식되었으며 특히 분리균 C-7 은 pH5-7 에서도 잘 증식되었고 대체적으로 넓은 범위에서 잘 증식되었다. 한편 Yamada(12) 등이 *Candida tropicalis* 의 균체증식은 최적 pH 가 6.0 이라고 보고한 것과 비슷한 경향을 보였다.

**질소원 첨가의 영향:** 균체의 증식이나 균체 단백질 함량을 증가시키기 위해서는 질소원에 대한 검토가 필요하다. Table 4 에서와 같이 유기질소원의 첨가는 무기질소원에 비하여 균체량은 증가시키거나 균체 단백질량은 상대적으로 감소시키는 경향을 보여주었으며 특히 ammonium sulfate 나 urea 의 첨가는 다른 질소원에 비하여 균체 단백질량이 크게 증가시켰다.

질소원으로 urea 의 첨가에 의해 대체로 균체량 및

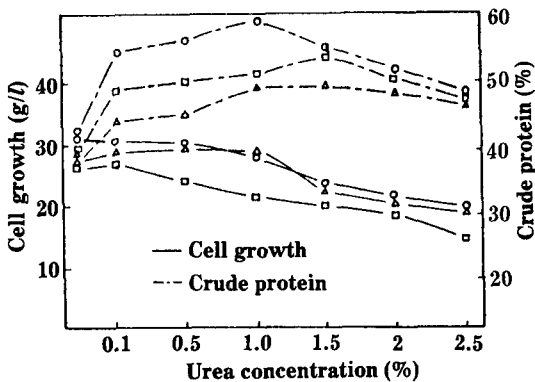
**Table 4. Effects of various nitrogen compounds on growth and crude protein content of selected strains.**

N sources (0.1%)	<i>C. utilis</i>			F-60			C-7		
	Growth (g/l)	Yield* (%)	C. protein (%)	Growth (g/l)	Yield* (%)	C. protein (%)	Growth (g/l)	Yield* (%)	C. protein (%)
Control	26.8	35.2	40.2	31.2	41.0	42.0	27.6	36.3	38.1
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	25.8	33.9	44.0	26.4	34.7	48.7	27.4	36.0	44.0
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	27.0	35.5	48.7	27.6	36.3	48.8	29.3	38.5	44.4
NaNO <sub>3</sub>	23.6	31.0	44.3	27.0	35.5	48.0	27.0	35.5	41.2
(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	26.3	34.6	48.6	31.0	40.7	54.4	27.3	35.9	44.0
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	25.0	32.8	50.6	22.7	29.8	54.6	26.8	35.2	39.9
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26.1	34.3	44.1	27.0	55.5	51.5	26.8	35.2	41.0
NH <sub>4</sub> Cl	24.8	32.6	44.4	27.6	36.3	52.3	27.8	36.5	44.1
Yeast extracts	27.8	36.5	46.4	32.8	43.1	54.0	29.9	39.3	44.0
Peptone	28.1	36.9	46.6	34.3	45.1	55.1	28.9	38.0	43.8
Malt extracts	28.0	36.8	45.1	33.9	44.6	54.0	29.0	38.1	44.0

\*Yield: growth/initial total sugar × 100

**Table 5. Effects of potassium and phosphorus on growth and crude protein content of selected strains.**

K, P sources (0.05%)	<i>C. utilis</i>			F-60			C-7		
	Growth (g/l)	Yield (%)	C. protein (%)	Growth (g/l)	Yield (%)	C. protein (%)	Growth (g/l)	Yield (%)	C. protein (%)
Control	26.8	35.2	40.2	31.2	41.0	42.0	27.6	36.3	38.1
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	26.3	34.6	48.4	32.0	42.1	54.3	27.4	36.0	44.6
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	25.4	33.4	44.4	30.1	39.6	47.6	28.0	36.8	42.7
KCl	30.0	40.2	33.3	33.8	44.4	40.6	26.6	35.0	40.9
KNO <sub>3</sub>	21.0	27.6	42.3	29.6	38.9	44.4	25.5	33.6	41.3
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	28.1	36.9	44.3	30.0	39.4	41.9	27.4	36.0	40.6



**Fig. 3. Effect of urea concentration on growth and crude protein content of selected strains.**

○-○: Isolated strain F-60  
 △-△: Isolated strain C-7  
 □-□: *Candida utilis* IFO 0598

균체 단백질함량의 증가가 다른 질소원의 첨가에 비해 우수하였으므로 그 농도별로 배양에서 분리균 F-60은 urea 농도 1.0% 일 때 약 16% 이상 균체 단백질 함량이 증가하였으나 반면에 균체량은 다소 감소하였다. Fig.3에서와 같이 균체량 및 균체 단백질함량 증가에 효과적인 농도는 0.5%가 적당하였으며 Park (13)은 배양기질에 따라서 질소원 및 그 농도가 달라질 수 있다고 보고하였다.

**K, P 원의 영향:** K, P 원의 첨가에 따라서 볼 때 균체증식에는 별다른 영향을 미치지 못하였으며 균체 단백질은 완만한 증가를 보였고 특히 분리균 F-60의 경우 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 첨가시 균체 단백질함량이 급격히 증가하였다. 그러나 KCl 첨가시 *Candida utilis*와 분리균 F-60에서는 균체증식은 높았으나 균체 단백질 함량은 줄어들었다. 이를 볼 때 phosphate의 첨가가 균체증가에 특별한 영향을 미치지 않으나 균체의 단

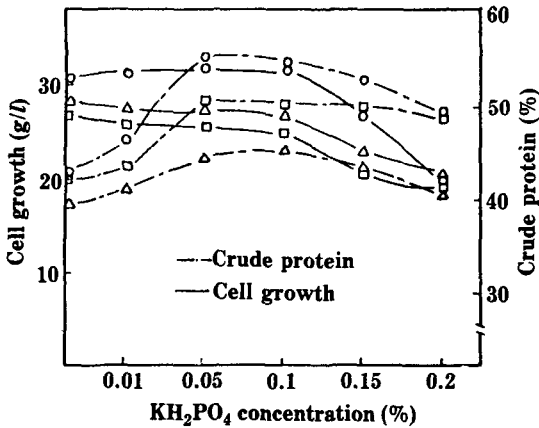


Fig. 4. Effect of potassium phosphate concentration on growth and crude protein content of selected strains.

- : Isolated strain F-60
- △-△: Isolated strain C-7
- : *Candida utilis* IFO 0598

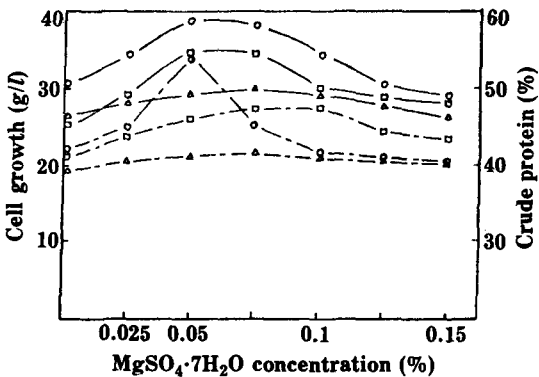


Fig. 5. Effect of magnesium sulfate concentration on growth and crude protein content of selected strains.

- : Isolated strain F-60
- △-△: Isolated strain C-7
- : *Candida utilis* IFO 0598

백함량을 증가시키는 것은 확실한 것으로 생각된다.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 의 농도별 결과는 0.05-0.1%가 좋은 영향을 미쳤는데 이 때 균체 단백질은 약 54% 정도였으며 *Candida utilis*의 경우 0.2% 첨가시에도 균체 단백질 함량은 크게 변하지 않았다(Fig.4).

한편 Okada(4) 등은 nitrogen과 phosphate가 적절한 농도를 유지할 때 균체량 및 균체 단백을 크게 증가시킬 수 있다고 하였다.

**$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 의 영향**:  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 의 농도를 0-0.15%로 농도별로 조사해 본 결과 0.05%를 첨가했을 때 가장 증식도가 우수하였으며 균체 단백질은

Table 6. Comparison of growth and crude protein content of selected strains on the optimal conditions.

Strains	Growth Yield (g/l)	(%)	Crude protein (%)
<i>Candida utilis</i> IFO 0598	34.6	45.5	56.8
F-60 (isolated strain)	41.2	53.9	59.7
C-7 (isolated strain)	36.3	47.7	51.2

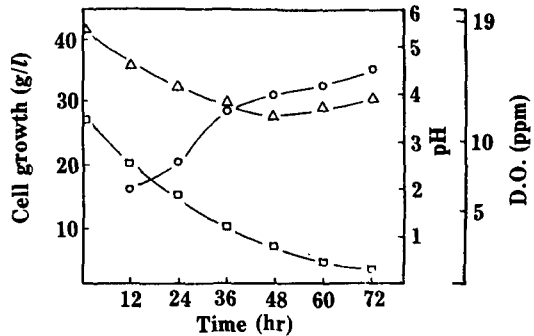


Fig. 6. Cell growth of isolated strain F-60 during fermentation on the 20l jar fermentor.

- : Cell growth
- △-△: Dissolved oxygen
- : pH

완전히 증가하였다. 또한 0.05% 이상 과량의  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 가 존재하여도 균체 증식에는 그다지 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다(Fig.5).

**최적 배양조건에서의 균체생산**

이상의 배양조건에서 얻은 결과로 균체증식 및 균체 단백질함량은 *Candida utilis*의 경우 배양조건 개선 전보다 29.1%의 균체 증가율을 보였고 분리균 C-7은 31.5%, 분리균 F-60은 32%의 증가율로 각각 균체량 및 균체 단백질함량을 증가시킬 수가 있었다 (Table 6).

또한 Yoshida(14) 등은 tofu 가공에서 나오는 폐수에서 효모를 배양시켰을 때에도 조단백의 함량이 낮기 때문에 배양조건 개선이 필요하다고 했으며 Schnell(15) 등은 ethanol 배지에서 생육된 효모의 경우 조단백함량이 약 52%라고 하였으며 본 실험군 주 F-60은 이보다 높은 조단백함량을 보였다.

**Bench type fermentor(20 l)에서 대량생산**

Flask 배양에서 얻은 최적 배양조건에 20l fermentor(working volume 12l)에 전배양된 균체 F-

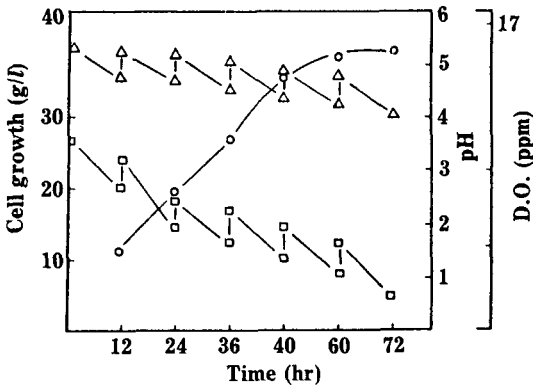


Fig. 7. Cell growth of isolated strain F-60 for controlled condition on the 20l jar fermentator.

○-○: Cell growth  
 △-△: Dissolved oxygen  
 □-□: pH

60을 1% (v/v) 접종하여 배양한 결과 36 시간까지 균체 생육은 급격히 증가한다. 그 이후는 완만한 증가를 보였으며 균체 생육이 증가함에 따라 pH가 낮아지고 배지 중 용존산소농도도 급격히 감소함을 알 수 있었다 (Fig.6).

또한 중형 발효조 배양에서는 flask 배양에 비해 균체량이 34.6 g/l로 균체증식율이 떨어졌다. 이는 scale up에 따르는 균체증식의 한계로서 발효조건의 개선이 따라야 할 것으로 생각되며 Shay (16) 등은 대량배양의 경우 실험적 규모에 비해 약 32%가 떨어졌다고 보고했으나 본 실험에서는 16%가 떨어졌는데 이는 발효조의 조건개선 등을 통하여 균체증식을 향상시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

**Bench type fermentor (20 l)의 배양조건 개선**

발효조 내에서는 균체증식을 촉진하기 위하여 pH를 4.5-5.5로 유지하고 용존산소의 양을 0.05-10 ppm으로 유지하여 시험한 결과 균체증식이 39.6 g/l로 발효조건을 개선하기 전보다 약 15%의 균체증가를 보였다. 또한 Ridgway (17)는 용존산소의 양이 cell mass의 수율에 영향을 미친다고 하였으며 포화도 10% 이상의 용존산소농도가 높은 경우 오히려 균체 생산이 감소한다고 하였으며 더욱 더 높은 균체생산을 위해서는 고농도 세포배양법을 응용해야 할 것으로 생각되며 이 방법은 Wegner (3) 등에 의해 발표된 바 있다.

**회수 균체의 성분**

회수된 균체의 성분의 조성으로 조단백질의 경우 그 함량이 *Candida utilis* IFO 0598는 58.8%, 분

Table 7. Composition of selected strains growth on the orange peel juice medium.

Components	<i>C. utilis</i>	F-60	C-7
Crude protein	56.8	59.7	51.2
Crude fat	4.9	5.6	10.3
Ash	9.4	8.9	10.6
Carbohydrate	21.3	18.7	18.4
Moisture	6.4	6.6	7.3

Table 8. Amino acid composition for selected strains.

Amino acid	Amino acid contents (g)/100g Yeast				
	<i>C. utilis</i>	F-60	C-7	Soy bean meal*	FAO*
Lysine	3.7	4.1	3.2	4.3	4.2
Histidine	1.3	1.6	2.0	1.8	-
Arginine	3.2	3.0	3.9	7.3	-
Threonine	2.4	2.4	1.8	2.5	2.8
Valine	2.9	3.3	2.6	3.5	4.2
Methionine	0.5	0.6	0.5	0.8	2.2
Isoleucine	2.9	3.7	2.3	3.3	4.2
Leucine	4.0	3.6	3.2	5.2	4.8
Phenylalanine	2.3	2.4	1.7	3.0	2.8
Tryptophan	0.6	0.3	0.9	0.7	1.4
Cystine	0.2	0.5	0.4	1.1	2.0
Glycine	2.6	2.3	2.3	2.8	-
Tyrosine	2.1	2.3	2.4	2.4	-

\*Data from SYRYO-GAKU (HIROSHI MORLMOTO), Japan

\*FAO reference protein

리균 F-60이 59.2%, C-7이 52.1%로서 Ridgway (17)의 *Torula yeast*의 57.5%와 Schnell (15)의 52%에 비해 대체로 우수하였다. 특히 C-7은 조지방의 경우 F-60에 비해 약 2배 이상 높았으며 이는 Schnell (19)의 7%보다 높은 것으로 지질생산이 우수한 균주로 사료된다.

**회수 균체의 아미노산 조성**

분리한 효모의 조단백질함량은 다른 효모에 비해 대체적으로 우수하였으며 Table 8에 3종의 효모 및 soya bean meal의 아미노산 조성을 FAO 표준구성 과 비교하여 높았다. 분리균 F-60의 경우에 있어서 lysine, isoleucine, leucine이 상대적으로 많았으며 methionine, cystine 등의 함량은 비교적 낮았으나 전체적으로 고른 아미노산 조성을 이루고 있었다.

## 요 약

감귤과피 착즙액으로부터 SCP를 생산하기 위하여 선정된 균주 *Candida utilis* IFO 0598, 분리균 F-60, C-7의 배양조건은 30°C, pH 6.0, 배양시간 3일이었으며 균체생산 및 단백질량을 증가시키는 영양원으로 urea 1%, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.1%, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.05%였으며 최적 조건에서 배양했을 경우 분리균 F-60은 균체량 41.2 g/l, 수율 53.9%, 균체 단백질 59.7%였으며 bench type의 20 l jar fermentor 발효의 pH 및 aeration 조건을 개선함으로써 약 15%의 균체수율을 높일 수 있었다. 또한 분리균 F-60의 경우 균체의 아미노산은 lysine, leucine, isoleucine의 함량이 높게 나타났으나 methionine, cysteine, tryptophan 함량은 낮았다.

## 참고문헌

- Burch, T. and G. Pfeleiderer: In "Methods in Enzymology" Vol. 1, Academic press N.Y., 435 (1965).
- Jauhri, K.S., K.M. Lakshmi and A. Sen: Zbl. Bakt. II. Abt. Bd., 133, 588 (1978).
- Wegner, G.H.: U.S. patent, 4,414,329 (1983).
- Okada, N., T. Ohta and H. Ebine: *Nippon Shokuhin Kogyo Kakkaishi*, 27, 213 (1980).
- Notle, A.J., H.W. Loesecke and G.N. Pulley: *Ind. Eng. Chem.*, 34, 670 (1942).
- Nishio, N., K. Tai: *Eur. J. Microbiol. Technol.*, 11, 156 (1981).
- Lequerica, J.L., B. Lafuente: *Rev. Agroquin Technol. Aliment.*, 17, 71 (1977).
- Long, S.K., R. Patrick: *Appl. Microbiol.*, 9, 244 (1961).
- McNary, R.R., M.H. Dougherty: *FIO. Univ. Agr. Expt. Sta. Bull.*, 622 (1950).
- David, W.B.: *Ind. Eng. Chem. Anal.*, 19, 476 (1947).
- 小原, 鈴木: 食品分析 Handbook, 建帛社 (1980).
- Yamada, K., et al.: In "Single Cell Protein", MIT press, Cambridge, 192 (1968).
- Park, Y. et al.: *Kor. J. Food Sci. Tech.*, 2, 61 (1970).
- Yoshida, T. et al.: *Abstract Annual Meeting of Soc. Ferment. Technol.*, Japan, 307 (1977).
- Schnell, P.G., C. Akin: *J. Ame. Oil Chem. Soc.*, 56, 82A (1979).
- Shay, L.K., G.H. Wegner: *Food Technol.*, 39, 66 (1985).
- Ridgway, J.A. et al.: U.S. Patent 3,865,691 (1975).

(Received August 22, 1989)