

## 김치 공장의 절임 폐수 및 배추 쓰레기를 이용한 효모 배양

최 민 호 · 박 연 희

아주대학교 화학·생물공학부 응용미생물연구실

### Production of Yeast Cell Mass from Waste Brine and Cabbage Waste of Kimchi Factory

Min-Ho, Choi, Yun-Hee, Park

Applied Microbiology Lab., School of Chemical Engineering and Biotechnology, Ajou University

#### ABSTRACT

The possibility of using waste brine and cabbage waste from kimchi industry as raw materials for the production of yeast cell mass was investigated. Among four strains of osmotolerant yeast, *Candida guilliermondii* ATCC 6260 showed the best growth in the waste brine containing about 1.0g/L of reducing sugar and 7% to 12% of NaCl. The growth of *C. guilliermondii* in waste brine was affected slightly between the temperature range of 25°C to 35°C and the initial pH of 3 to 6. The NaCl concentration up to 9% was not inhibitory to the growth of *C. guilliermondii* and the addition of 10mM of ammonium salts or 5mM of potassium phosphate had no effect on the growth. The growth of yeast reduced BOD of the waste brine by 85% within 24 hours. When *C. guilliermondii* was cultured in waste brine added with cabbage juice extracted from waste cabbage, the cell mass was increased significantly.

**Key words** : Waste brine, Cabbage waste, Yeast, Cell mass, *Candida guilliermondii*, BOD

#### 적 요

김치 공장의 배추 절임 폐수 및 배추 쓰레기를 이용한 효모 균체 생산 가능성을 조사하였다. 절임 폐수는 약 1g/L의 환원당과 7~12%의 높은 NaCl을 함유하고 있으며 pH는 약 5에서 6사이로 내염성 효모가 생육 가능한 것으로 밝혀졌다.

4종의 내염성 효모의 생육을 조사한 결과 *Candida guilliermondii* ATCC 6260이 가장 우수한 생육을 나타내었고, 배양 조건에 따른 절임 폐수에서의 생육 특성을 조사한 결과, *C. guilliermondii*는 25~35°C의 배양 온도, 절임 폐수의 초기 pH가 pH 3~6 그리고, 염농도 9%까지는 생육에 영향받지 않았으며 질산염이나 인산염의 첨가는 불필요한 것으로 나타났다. 이 효모를 절임 폐수에서 배양할 경우는 약 85%의 BOD 감소 효과를 보였다. 한편, 김치 공장에서 발생하는 배추 쓰레기의 자원화 방법으로 절임 폐수에 첨가한 결과 20% 첨가했을 경우 절임 폐수만 사용한 경우보다 약 5.5배 가량 균체 생산이 증가하였다.

핵심낱말 : 김치 공장, 절임 폐수, 배추 쓰레기, 효모, 균체 생산, *Candida guilliermondii*, 배양 조건, BOD, 자원화

## 1. 서 론

식품 공장 폐수는 일반적으로 유기물의 함량이 높고 안전한 폐수이므로 이를 복잡한 처리 없이도 미생물의 배지로 사용 가능한 유기성 폐기물로 알려져 있다. 김치의 공장화는 1980년대부터 본격적으로 시작되어 공장 생산되는 김치는 연간 14만 톤으로 조사되었으며, 수출과 내수의 증가로 해마다 약 25~30%의 증가 추세에 있다(김치연구회, 1992, 최, 1994). 이와 같은 김치의 산업화에 따라 최근 김치의 과학적인 생산, 가공, 보존을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 아직까지 김치 제조 중 절임 과정에서 부산물로 발생하는 절임 폐수에 관한 연구는 전무한 실정이다.

김치 공장의 절임 폐수는 그 발생량 및 성분이 조사, 보고된 바 없으나 현재 연간 약 8~10만 톤 정도로 추정하고 있다. 절임 폐수는 배추의 절임 과정중 배추로부터 유출된 당 성분 등이 함유되어 있어서 BOD 및 COD가 높으며, 소금의 함량이 약 7~12% 정도로 매우 높아서 현재와 같이 이를 그대로 버리는 것은 수질 및 토양 오염을 일으키는 심각한 문제가 되고 있으며, 절임 폐수의 유기 성분은 균체 생산 및 유용 물질 생산을 위한 기질로 재활용할 가치가 있다. 또한, 김치의 원료인 배추를 다듬는 과정에서는 약 10% 이상의 배추 쓰레기

가 생기게 되어 절임 폐수와 함께 이 배추 쓰레기를 이용하는 방법도 개발해야 할 과제이다. 현재까지 식품 공장 폐수의 이용에 대한 연구는 주로 알콜 발효 공장의 증류 폐액을 이용하여 효모를 생산하고 동시에 폐수 처리 효과를 얻기 위한 연구 결과가 보고되었다. 절간 고무마 원료의 주정 폐액에서 효모 *Torulopsis candida*를 배양하여 BOD를 39% 감소시켰다고 보고된 바 있으며(이 등, 1982), 쌀보리 알콜발효 증류 폐액에 *Candida rugosa*를 배양한 결과 균체 생산량은 높았으나 COD 감소 효과는 낮은 편이었다고 보고된 바 있다(김 등, 1993). 또, 알콜발효 증류 폐액에 단세포 지질 생산에 적합한 효모로 *Rhodotolula glutinis*를 배양하여 4g/L의 단세포 지질과 88.7%의 BOD 감소 효과를 얻었다는 보고가 있으며(이 등, 1993), 식품 공장 폐수의 특성을 조사하고 그 중 주정 공장 폐수에 *Aspergillus fumigatus*를 처리한 결과 90% 이상의 BOD와 COD 감소 효과를 얻었다는 보고가 있다(조 등, 1989). 외국에서는 김치와 유사한 채소 발효식품인 sauerkraut 생산시 발생하는 폐수가 BOD가 매우 높고, pH가 낮으며, NaCl 농도가 높으므로 상법에 의한 폐수 처리가 부적합하다고 하였으며, 이 폐수에 *Candida utilis*와 *Aspergillus niger*를 배양하는 방법으로 BOD를 감소시키고 균체를 생산하는 방법이 연구된 바 있다(Hang 등, 1976).

또, sauerkraut 폐수에 *Candida utilis*를 배양하는 방법으로 BOD를 90% 이상 제거하는 동시에 식용 또는 사료로 쓰이거나, invertase의 효소원으로 사용할 수 있는 균체를 생산하는 방법이 연구된 바 있으며(Hang, 1977), *Geotrichum candidum*을 sauerkraut 폐수에 배양하여 lipase를 생산한 보고도 있다(Hang과 Woodams, 1990).

그러므로, 본 연구에서는 김치 공장의 절임 폐수 및 배추 쓰레기를 이용한 효모 균체 생산을 목적으로 소금 농도가 높은 절임 폐수에서 생육이 우수한 효모를 선발하고, 절임 폐수에서의 생육 특성 및 BOD 감소 효과를 조사하였으며, 배추 쓰레기를 절임 폐수에 첨가하여 효모를 배양하는 방법으로 재활용 가능성을 조사하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1 사용균주

본 실험에는 아주대학교 화학·생물공학부 응용미생물연구실에 보관되어있는 내염성 효모인 *Candida guilliermondii* ATCC 6260, *Candida halonitratophila* IFO 1595, *Torulopsis versatilis* IFO 1228, *Zygosaccharomyces rouxii* KFRI 204를 사용하였으며, 5%의 NaCl을 첨가한 YM broth (yeast extract 3g, malt extract 3g, peptone 5g, dextrose 10g, distilled water 1L, pH 6.2)에 30°C에서 2일간 배양한 것을 종균으로 사용하였다.

### 2.2 김치 공장 절임 폐수

김치 공장 절임 폐수는 경기도 화성군 소재 A 김치 공장으로부터 수집한 것을 사용하였다.

### 2.3 절임 폐수 배지의 제조

시장에서 구입한 배추를 걸썩질을 벗겨 다듬은 후 네쪽으로 절단하고 배추 무게의 1.5배에 해당

하는 10%의 소금물에 15°C에서 15시간 동안 절인 후 여과지(Whatman No. 2)로 걸러 절임 폐수 배지로 사용하였다. 실제 김치 공장 배추 절임시에 소금물을 2~3회 반복 사용하므로 본 실험에서도 2회 절인 것을 사용하였고, 이때 염농도는 8%로 조절하였다.

### 2.4 배추 쓰레기

배추 쓰레기는 배추 절임시 발생된 배추 걸썩질을 모아 waring blender로 파쇄한 뒤 cheese cloth로 거른 것을 절임 폐수 배지에 첨가하여 사용하였다.

### 2.5 절임 폐수의 성분 분석

절임 폐수중의 환원당 농도는 DNS법(Miller, 1959)으로, 염농도는 Mohr의 방법(A. O. A. C, 1980)에 준하여 측정하였다. 생물학적 산소요구량(BOD)은 standard methods(Arnold, 1992)에 의거하여 5일간 용존산소 소모량을 DO meter(YSI, USA)로 측정하였고, pH는 pH meter(Orion, USA)를 사용하여 측정하였다.

### 2.6 배양 및 생육 측정

배추 절임 폐수 배지에 종균 배양액 1%를 접종하여 진탕배양기에서 180 rpm으로 교반하면서 배양하였다. 생육 측정은 spectrophotometer(Milton Roy 21DUV, USA)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였고, 건조균체량은 배양액을 4,000 × g에서 15분간 원심 분리하여 회수한 균체를 증류수로 2회 세척한 뒤 105°C에서 항량에 도달할 때까지 건조하여 건조 중량을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 김치 공장 절임 폐수의 성분

김치 공장 발생되는 배추 절임 폐수의 성분을

알아보기 위하여 경기도 화성군 소재의 A 김치 공장에서부터 절임 폐수를 수집하여 pH, 염농도, 환원당 및 BOD를 조사하였다.

그 결과(Table 1), 절임 폐수는 pH 5~6 범위였으며, 염농도는 7~12%로 염농도가 매우 높았다. 또, 환원당 농도는 약 0.3~1.0g/L였으며, BOD가 약 1,000 mg/L 내지 2,000 mg/L인 것으로 조사되어 상당량의 유기물을 함유한 것으로 나타났다. 이와 같이 김치 공장의 절임 폐수는 동일한 공장에서도 성분의 차이가 큰 것으로 나타났는데, 이는 원료인 배추의 성분이 때에 따라 차이가 있으며 소금물의 비율 및 절임 조건을 일정하게 맞추지 못했기 때문으로 볼 수 있다.

또한, 실험실에서 김치 공장과 유사한 과정으로 배추를 절여 절인 물을 분석한 결과에서도(Table 2), pH는 pH 6~7 정도였고, 염농도는 6% 부근이었으며, 0.75g/L 내지 1.1g/L의 환원당이 함유된 것으로 나타나 김치 공장 절임 폐수와 유사하였다. 김치 공장의 절임 폐수는 알콜 증류 공장의 주정 폐액의 BOD가 수만 정도로 매우 높은 것과 비교하면 유기물 함유량이 낮은 수준이지만, BOD가 1,500 mg/L에서 2,500 mg/L인 것으로 조사된(조 등, 1989) 맥주 공장, 과일 통조림 공

장, 수산물 가공 공장의 폐수와는 비슷하여 재활용이 가치가 있는 것으로 판단된다. 특히, 김치 공장의 절임 폐수는 염농도가 3~4%로 높아 일반 폐수 처리 방법이 부적합하다고 한 sauerkraut waste brine 보다 염농도가 훨씬 높은 것을 고려할 때 기존의 폐수 처리 방법으로는 처리에 문제가 있을 것으로 보이며, 단세포 단백질 및 효소원으로 이용 가능한 미생물 균체 생산에 이용하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

3.2 절임 폐수에서 생육이 우수한 효모 균주의 선발

배추 절임 폐수를 이용하여 효모 균체를 생산할 목적으로 내염성 효모를 중심으로 절임 폐수에서의 생육을 비교하였다. 실험실에서 제조한 절임 폐수 배지에 내염성 효모 균주를 1% 접종하고 30°C에서 배양한 결과(Fig. 1), 24시간 배양시 O.D가 1.2 정도를 나타낸 *Candida guilliermondii*

Table 1. Characteristics of waste brine from kimchi factory.

Sample	pH	NaCl (%)	Reducing Sugar (g/l)	BOD (mg/L)
1	5.36	11.6	0.64	1,100
2	5.70	7.56	0.30	2,100
3	4.91	9.49	0.97	1,200

Table 2. Characteristics of waste brine prepared in laboratory.

Sample	pH	NaCl (%)	Reducing sugar (g/L)
1	6.25	6.2	1.10
2	6.70	6.2	0.75
3	6.5	5.8	0.80

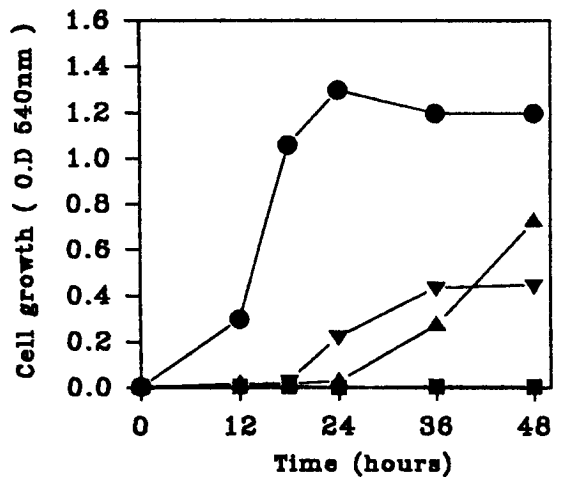


Fig. 1. The growth of osmotolerant yeast strains in waste brine.

- Candida guilliermondii* ATCC 6260 (●)
- Candida halonitratophila* IFO 1595 (▲)
- Zygosaccharomyces rouxii* KFRI 204 (▼)
- Torulopsis versatilis* IFO 1228 (■)

ATCC 6260이 가장 우수한 생육을 보였다. *Candida halonitratophila* IFO 1595, *Zygosaccaromyces rouxii* KFRI 204의 경우 생육 속도 및 최종 생육 정도가 낮았으며, *Torulopsis versatilis* IFO 1228은 염농도 10%에서도 생육이 가능한 호염성 균주로 알려져 있으나 절임 폐수에서는 생육하지 못하였다. 따라서, 생육이 가장 우수한 *C. guilliermondii*를 절임 폐수 균체 생산을 위한 효모 균주로 선발하였다.

### 3.3 절임 폐수에서 *C. guilliermondii*의 생육 특성 및 최적 배양 조건

절임 폐수를 이용하여 균체 생산을 위한 균주로 선발한 *C. guilliermondii*의 배양 조건에 따른 생육 특성을 조사하고 최적 배양 조건을 결정하였다.

#### 3.3.1 배양 온도의 영향

절임 폐수 *C. guilliermondii*를 배양시 배양 온도가 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 초기 pH가 6.5인 절임 폐수 배지에서 배양 온도를 달리하여 24시간 배양한 결과(Fig. 2), *C. guilliermondii*는 배양 온도가 25°C에서 35°C의 범위

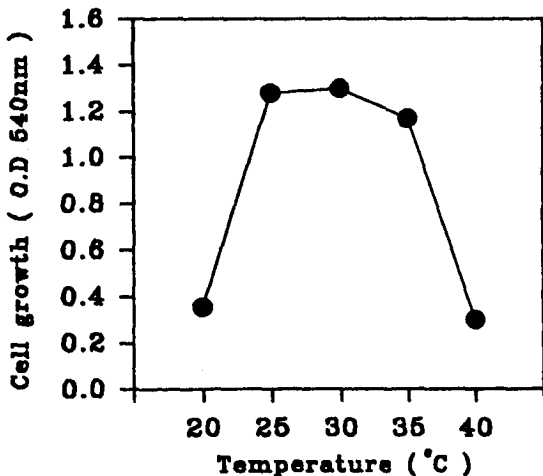


Fig. 2. Effect of temperature on the growth of *Candida guilliermondii* ATCC 6260 in waste brine.

에서 생육이 모두 양호하여 비교적 넓은 범위에서 생육이 가능하였으며, 그 중 가장 우수한 생육을 나타낸 30°C를 최적 배양 온도로 결정하였다.

#### 3.3.2 초기 pH의 영향

절임 폐수에서 *C. guilliermondii*를 배양시 초기 pH가 생육에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 3과 같았다. *C. guilliermondii*는 초기 pH가 pH 2인 경우는 생육 정도가 낮았으나, pH 3부터 pH 8의 범위에서는 모두 양호한 생육을 나타내어 생육 범위가 매우 넓었으며, pH 4에서 가장 우수한 생육을 나타내었다. 본 연구에서 김치 공장 절임 폐수가 pH 5에서 pH 6인 것으로 조사된 것을 고려할 때, 절임 폐수는 별다른 pH 조절 없이도 균체 생산에 이용 가능할 것이다.

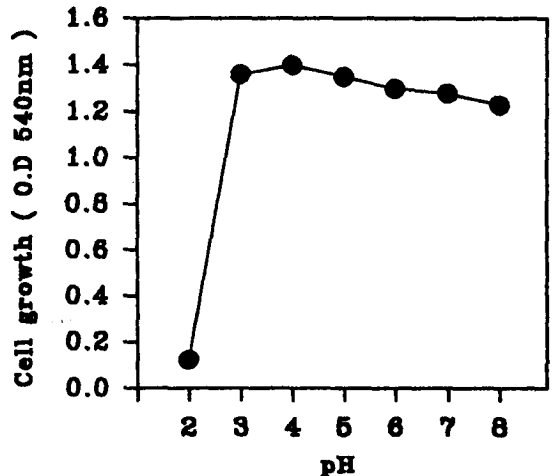


Fig. 3. Effect of pH on the growth of *Candida guilliermondii* ATCC 6260 in waste brine at 30°C.

#### 3.3.3 염농도의 영향

염농도를 6~15%로 조절된 절임 폐수 배지에서 염농도가 *C. guilliermondii*의 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과(Fig. 4), 내염성 균주로 알려진 *C. guilliermondii*는 염농도가 9%까지

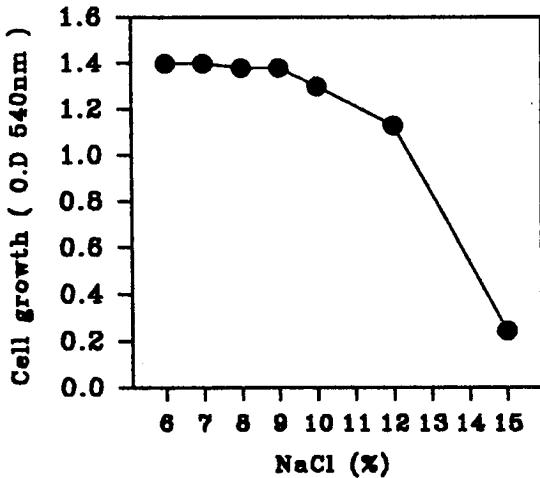


Fig. 4. Effect of NaCl concentration on the growth of *Candida guilliermondii* ATCC 6260 in waste brine at 30°C.

는 영향을 받지 않고 우수한 생육을 보였으며, 10% 이상에서부터는 생육이 약간씩 저해되었다. 이러한 결과 염농도가 7~12%인 것으로 조사된 절임 폐수는 그 염농도가 *C. guilliermondii*의 생육에 영향을 주지 않을 뿐 아니라 내염성인 이 균

주의 생육에 적합한 범위임을 확인할 수 있었다.

3. 3. 4 질소원 및 인산 첨가 효과

절임 폐수는 다른 식품 공장의 폐수에 비하여 탄소원을 비롯한 무기염류 등 균체 생육에 필요한 성분의 함량이 낮은 편이므로 *C. guilliermondii* 배양시 소량의 무기 질소원 및 인산염을 첨가하여 균체 생산량을 향상시킬 수 있는지를 조사하였다. 무기 질소원으로는 ammonium chloride, ammonium sulfate, potassium nitrate 및 urea를 각각 10 mM 첨가하였고, 인산염으로는  $K_2HPO_4$ 와  $KH_2PO_4$ 를 각각 5 mM씩 첨가하여 무첨가군과 비교하였다. 그 결과 (Fig. 5), 질소원의 경우 urea를 제외하고 모두 대조군과 비교하여 큰 차이가 없었으며 urea는 오히려 대조군 보다 생육이 낮았고, 인산염의 경우도  $K_2HPO_4$ 와  $KH_2PO_4$  모두 대조군에 비해 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 소맥분 주정 폐액에서 효모를 배양한 결과에서는 0.2%의 urea 및 0.1%의  $KH_2PO_4$  첨가로 생육을 증진시켰다고 하였고(유 등, 1974), 감귤

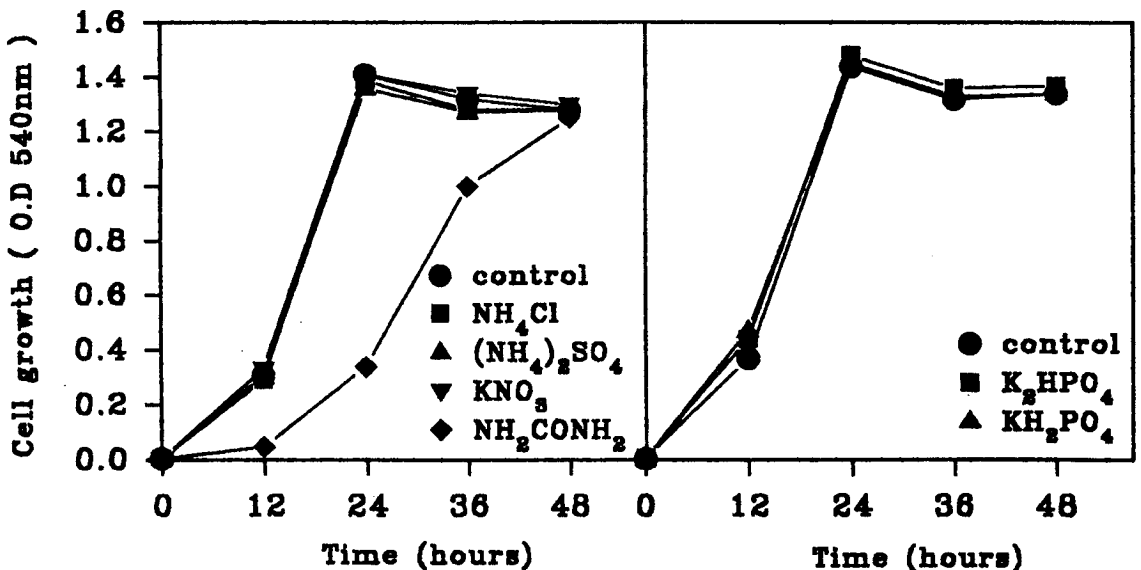


Fig. 5. Effect of nutrient addition on the growth of *Candida guilliermondii* ATCC 6260 in waste brine at 30°C.

과피 압착액의 경우 질소원으로 urea의 첨가는 균체 증가 효과가 있었으나 인산염 첨가는 별 영향이 없었다고 하였다(강과 성, 1989). 본 실험에서는 무기 질소원 및 인산염의 첨가가 *C. guilliermondii*의 생육 증진 효과를 나타내지 못하였고, 것으로 보아 절임 폐수 내에는 *C. guilliermondii*의 생육에 필요한 질소와 인이 비교적 충분히 존재하는 것으로 생각되며 절임 폐수에 이 균주를 배양시 질소원 및 인산염의 첨가 없이도 충분한 균체를 생산할 수 있을 것으로 사료된다.

### 3.4 *C. guilliermondii* 배양시 절임 폐수의 BOD 제거 효과

절임 폐수에 효모를 배양 시에는 단세포 단백질로 사용할 수 있는 균체를 생산하는 동시에 폐수에 함유된 유기물 제거에 의한 BOD 감소 효과를 얻을 수 있을 것이다. 따라서 절임 폐수에서 *C. guilliermondii*의 최적 배양 조건으로 결정한 염농도 8%, 초기 pH 4로 조절한 절임 폐수에 균주를 1% 접종하고 30°C에서 배양하면서 BOD 감소 효과를 조사하였다. 그 결과(Fig. 6), 배양 초기 BOD가 1,200 mg/L이었던 절임 폐수는 1일 배양 후 BOD가 200 mg/L로 감소하여 BOD 제거율은

약 85%였다. 이러한 결과는 절간고구마원료 주정 폐액에 *Tolulopsis candida* 배양시 38.9%의 BOD를 감소시킨 결과(이 등, 1982)에 비해서는 제거율이 훨씬 높은 것이며, 주정 공장 폐수에 *Aspergillus fumigatus*를 배양하여 94%의 BOD를 제거한 결과(조 등, 1989)와 sauerkraut waste brine에 *Candida utilis*를 배양하여 90% 이상의 BOD를 제거한 결과(Hang, 1977)와는 비슷한 정도의 제거율을 나타내었다.

### 3.5 배추 쓰레기 첨가 효과

김치 제조시에는 원료인 배추를 다듬는 과정에서 약 10% 이상의 배추 쓰레기가 발생하는 것으로 조사되었다(최와 박, 1996). 배추에는 효모 등의 미생물이 쉽게 이용이 가능한 당이 1.6~2.6% 함유되어 있으므로(심 등, 1990, 유 등, 1992) 김치 공장에서 상당량 발생하는 배추 쓰레기는 재활용 가치가 매우 높은 우수한 유기성 폐기물 자원이라 할 수 있다. 한편, 위의 실험 결과들에서 절임 폐수에서 균체의 생육은 NaCl에 의한 저해를 받지 않으며 무기 염류도 부족하지 않은 것으로 밝혀졌으므로, *C. guilliermondii* 배양 결과 균체 생산이 낮은 이유는 탄소원의 부족으로 볼 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 배추 쓰레기를 이용하여 절임 폐수에 이를 첨가하여 효모 균체 생산을 증가시키는 방법을 연구하였다.

배추 쓰레기의 파쇄액을 절임 폐수에 각각 5%, 10% 및 20%의 비율로 첨가하고 *C. guilliermondii*를 배양하면서 생육 정도를 측정하였다. 그 결과(Fig. 7), 배추 쓰레기를 첨가하지 않은 경우 최고 생육 정도는 O.D가 1.4였으나, 배추 쓰레기 파쇄액 첨가에 의해 당 성분을 비롯한 영양 성분 증가로 5% 첨가시는 2.6, 10% 첨가시는 4.0, 20% 첨가시는 5.4에 달해 첨가하지 않은 경우에 비해 각각 1.9배, 3배 및 3.9배 증가하였다. 또한, 이때 세포량 역시 상당한 증가를 보여 20%

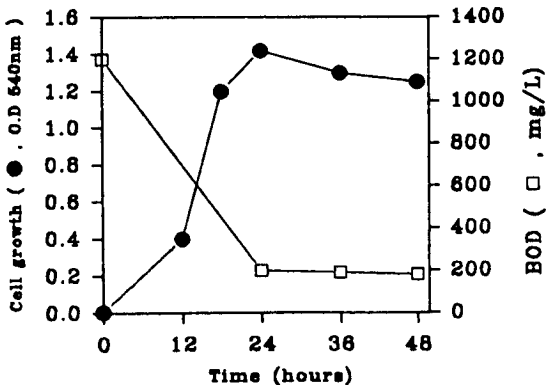


Fig. 6. BOD removal in waste brine during the growth of *Candida guilliermondii* ATCC 6260.

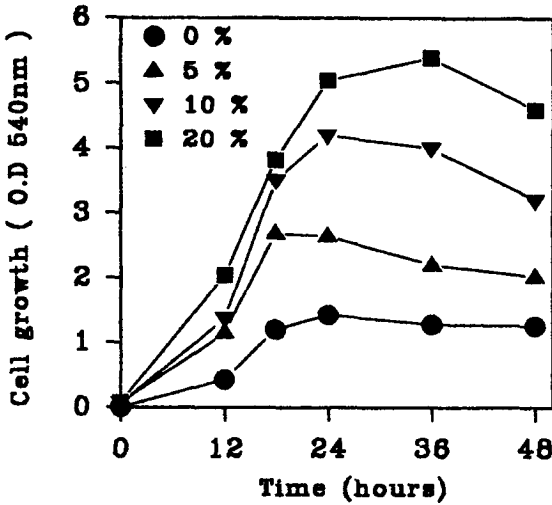


Fig. 7. The effect of cabbage juice addition to waste brine on the growth of *Candida guilliermondii* ATCC 6260 at 30°C.

Table 3. Maximum cell mass production from waste brine added with cabbage juice.

Content of cabbage waste	Maximum cell mass (dry cell weight, g/L)
0%	0.55
5%	1.17
10%	2.34
20%	3.00

첨가한 경우 건조 균체량은 3.0g/L로 나타나 절임 폐수만 사용한 경우보다 균체 생산량은 5.5배 증가하였다 (Table 3). 이러한 결과로 김치 공장에서 다량 발생되는 배추 쓰레기는 김치 공장 절임 폐수에 첨가하는 방법으로 효모 균체 및 효소원의 생산에 이용함으로써 효과적인 자원화가 가능할 것으로 보이며, 배양 조건의 최적화를 통해 자원화 효율을 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 결 론

김치 공장 배추 절임시 발생하는 절임 폐수는 염농도가 7~12%로 매우 높고 약 1g/L의 환원당

을 함유하고 있으며 BOD가 1,000~2,000 mg/L 인 것으로 조사되어 균체 생산 및 유용 물질 생산을 위한 기질로 자원화할 가치가 있는 것으로 판단되었다. 4종의 내염성 효모를 절임 폐수에서 배양한 결과 *Candida guilliermondii* ATCC 6260의 생육이 가장 우수하여 절임 폐수를 이용한 효모 균체 생산을 위한 균주로 선발하였다. 배양 조건에 따른 절임 폐수에서의 생육 특성을 조사한 결과, *C. guilliermondii*는 25~35°C의 배양 온도, 절임 폐수의 초기 pH가 pH 3~6 그리고, 염농도 9%까지는 생육에 영향받지 않고 우수한 생육을 보여 절임 폐수의 별다른 처리 없이도 균체 생산이 가능하였다. 또한, 무기 질소원 및 인산염의 첨가는 별다른 생육 증진 효과를 나타내지 않아 이들의 첨가없이도 충분한 균체를 생산할 수 있는 것으로 나타났다. 절임 폐수에 효모를 배양시 BOD 감소 효과를 조사한 결과 최적 배양 조건으로 결정된 염농도 8%, 초기 pH 4로 조절된 절임 폐수에서 배양 1일 후에 약 85%의 BOD를 제거하여 절임 폐수에서 효모 배양시 균체 및 유용 물질 생산과 동시에 BOD 제거에 의한 환경 보호 효과가 있었다. 한편, 김치 제조시 배추를 다듬는 과정에서는 약 10% 이상의 배추 쓰레기가 발생되는데, 배추 쓰레기 역시 상당량의 영양 성분을 함유하고 있으므로 재활용 가치가 매우 높은 유기성 폐기물 자원이라 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 배추 쓰레기의 자원화 방법으로서 배추 절임 폐수에 이를 첨가하여 효모 균체를 생산하는 방법을 연구한 결과, 배추 쓰레기 파쇄액의 첨가 비율 증가에 따라 균체 생산이 증가하여 20% 첨가시에는 3.0 g/L의 균체를 생산할 수 있었다. 이러한 결과들로부터 김치 공장에서 다량 발생되는 절임 폐수 및 배추 쓰레기는 단세포 단백질 및 효소원으로 사용할 수 있는 효모를 비롯한 미생물 균체를 생산하거나 고부가가치의 기타 유용 물질을 생산하는데 이용함으로써 환경 보호와 함께 효과적인 자원화가



가능할 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 1996년도 핵심전문연구비(과제번호: 961-0605-042-2) 지원으로 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

1. 강신원, 성낙계, 1989. 감귤과피 압착액을 기질로 한 SCP 생산. 산업미생물학회지. 17(6), 556-562.
2. 김영근, 이기영, 이철호, 이용익, 이관호, 김만근, 1993. 쌀보리 알콜발효 증류폐액으로부터 균체 단백질 생산을 위한 내열성 효모, *Candida rugosa*의 이용. 산업미생물학회지. 21(3), 281-287.
3. 김치 연구회, 1992. 김치 과학과 산업. 1(1).
4. 심선택, 김경제, 경규항, 1990. 배추의 가용성 고형물 함량이 김치발효에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 22(3), 278-284.
5. 유주현, 오두환, 양 용, 1974. 주정폐액의 이용에 관한 연구(제1보) 소맥분 주정폐액을 이용한 *Saccharomyces cerevisiae*의 배양. 산업미생물학회지. 2(2), 83-89.
6. 유형근, 김기현, 윤 선, 1992. 김치의 저장성에 미치는 발효성 당의 영향과 shelf-life 예측 모델. 한국식품과학회지. 24(2), 107-110.
7. 이찬용, 김종관, 이계호, 1993. 알코올 발효 공장의 폐수처리를 겸한 단세포 지질의 생산. 한국생물공학회지. 8(2), 172-177.
8. 이형춘, 구영조, 민병용, 이홍근, 1982. 절간고구마원료 주정폐액을 이용한 단세포 단백질의 생산 및 폐액의 BOD제거. 산업미생물학회지. 10(2), 95-100.
9. 조성환, 최종덕, 이상열, 기우경, 김재욱, 1989. 식품가공공장 폐수의 미생물학적 처리 및 응용. -미생물 균체단백질 회수-. 한국농화학회지. 32(4), 424-434.
10. 최민호, 박연희, 1996. 미발표 자료.
11. 최태동. 김치 산업의 시장 조직 분석, 1994. 서울대학교 박사학위 논문.
12. A.O.A.C, Official Methods of Analysis, 13th ed. p.876. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC(1980).
13. Arnold, E.G., 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WPCF, 18th ed.
14. Hang, Y.D., 1977. Waste control in sauerkraut manufacturing. Process Biochem. 12(3), 27-28.
15. Hang, Y.D., D.F. Splittstoesser, R. L. Landschoot, and D.L. Downing, 1976. Sequential use of microbes in the treatment of high-strength industrial waste. Progress in Water Technol. 8. 381-384.
16. Hang, Y.D. and E.E. Woodams, 1990) Lipase production by *Geotrichum candidum* from sauerkraut Brine. World J. of Microbiol. and Biochem. 6, 418-421.
17. Miller, G.L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Anal. Chem. 31, 426.