

김치공장의 배추 절입폐수를 이용한 효모 균체 생산

최민호 · 박연희*

아주대학교 화학·생물공학부

초 록: 김치공장에서 배출되는 배추 절입폐수를 이용한 효모 균체 생산을 위하여 절입폐수에서 생육이 우수한 *Pichia guilliermondii* A9를 분리하여 생육특성을 조사하였다. 이 균주는 pH 3부터 pH 8 범위에서 생육이 양호하고 NaCl의 농도가 10%까지는 생육저해를 받지 않는 내염성을 나타내었으며 24시간 배양 후 절입폐수의 BOD가 약 90% 제거되었다. 그러나, 절입폐수에서는 생산된 균체량이 낮은 편이었으므로 *P. guilliermondii* A9의 생육 증가를 위하여 절입폐수에 암모니움염, 인산염 및 철, 망간 등을 첨가하였으나 효과를 얻지 못하였다. 한편, 김치공장에서 다량 발생되어 문제가 되고 있는 배추 쓰레기의 착즙액을 첨가한 결과 첨가량에 비례하여 균체량이 크게 증가하여 배추 쓰레기와 절입폐수를 동시에 효모 균체 생산의 기질로 이용할 수 있는 가능성을 보여 주었다. (1998년 6월 18일 접수, 1998년 8월 12일 수리)

서 론

김치는 우리나라의 대표적 전통 발효식품으로서 1980년 대부터 본격적인 산업화가 시작되었으며 공장에서 생산되는 김치는 연간 약 14만 톤으로 조사되었으나, 수출과 내수의 증가로 해마다 약 15~20%의 증가 추세가 있다.¹⁾ 이와 같은 김치의 산업화에 따라 최근 김치의 과학적인 생산, 가공, 보존을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있으나,^{2,3)} 아직까지 김치제조 중 절입 과정에서 부산물로 발생하는 절입 폐수에 관한 연구는 전무한 실정이다.

김치공장의 절입폐수는 그 발생량 및 성분이 조사, 보고된 바 없으나 현재 연간 약 8~10만 톤 정도로 추정하고 있다. 절입폐수는 배추의 절입 과정 중 배추로부터 유출된 당 성분 등이 함유되어 있어서 BOD 및 COD가 높으며, 소금의 함량이 약 7~10% 정도로 매우 높아서 현재와 같이 이를 그대로 버리는 것은 수질 및 토양오염을 일으키는 심각한 문제가 되고 있으며, 또한 절입폐수의 유기 성분을 균체 생산 및 유용물질 생산을 위한 기질로 재활용할 가치가 있는 폐수로 볼 수 있다.

지금까지 식품공장의 폐수를 이용한 균체 생산에 관한 연구로는 국내에서는 주로 알콜 발효공장의 증류 폐액을 이용하여 효모를 생산하고 동시에 폐수 처리 효과를 얻기 위한 연구 결과가 보고되었다. 이 등⁴⁾은 절간 고구마 원료의 주정 폐액에서 효모 *Torulopsis candida*를 배양하여 BOD를 39% 감소시켰다고 보고하였으며 김 등⁵⁾은 쌀보리 알콜 발효 증류 폐액에서 *Candida rugosa*를 배양한 결과 균체 생산량은 높았으나 COD 감소 효과는 낮은 편이었다고 하였다. 또한 이 등⁶⁾은 단세포 지질 생산에 적합한 효모로 *Rhodotolula glutinis*를 알콜 발효 증류 폐액에서 배양하

여 4 g/l의 단세포 지질과 88.7%의 BOD 감소 효과를 얻었다고 보고하였다. 한편, 조 등¹⁰⁾은 식품공장 폐수의 특성을 조사하고 그 중 주정공장 폐수에 미생물 배양한 결과 90% 이상의 BOD와 COD 감소 효과를 얻었다고 보고하였다.

외국에서는 Hang 등¹¹⁾이 김치와 유사한 채소 발효 식품인 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 방법을 보고하였다.¹²⁾ 또한 sauerkraut 폐수에서 *Candida utilis*를 배양하여 BOD를 90% 이상 제거하는 동시에 식용 또는 사료로 쓰이거나, invertase의 효소원으로 사용할 수 있는 균체를 생산할 수 있다고 보고하였다.¹³⁾ 한편, Welsh와 Zall¹⁴⁾은 수산물 절입 폐수에 *Candida utilis*를 배양하여 균체를 생산하는 방법을 보고하였다. 그러나, 김치공장에서 발생하는 절입폐수에 관하여는 조사된 바 없으며, 이 폐수를 이용한 균체 생산에 대한 연구가 전혀 없는 실정이다.

그러므로 본 실험에서는 김치공장 절입폐수를 배지로 이용하여 단세포 단백질로 사용할 수 있는 균체를 생산하고 절입폐수의 BOD를 제거하여 수질오염을 방지하기 위하여 김치공장의 절입폐수의 성분을 분석한 후 절입폐수에서 생육할 수 있는 효모 균주를 screening하여 생육이 우수한 균주를 선발하고 동정하였다. 선발한 균주의 절입폐수에서 배양 특성을 조사하고, 배양 조건 및 저가의 영양분 첨가 효과를 조사하여 균체 생산의 최적 조건을 구하였으며, 또한 김치공장 등에서 다량 발생하는 배추 쓰레기를 동시에 처리할 수 있는 방법으로 절입폐수에 배추 쓰레기를 첨가하여 균체 생산량을 증가시켰다.

찾는말 : 김치공장, 절입폐수, 배추 쓰레기, *Pichia guilliermondii*, 단세포 단백질
*연락처자

재료 및 방법

절임페수

김치공장의 절임페수는 경기도 소재의 생산 규모가 다른 4개의 김치공장으로부터 배추 절임페수 시료를 수집하였다. 또한 균일한 성분의 절임페수를 얻기 위하여 김치공장에서 배추를 절이는 공정과 유사한 과정에 따라 실험실에서 절임페수를 제조하여 사용하였다. 시장에서 구입한 배추를 다듬어 4조각으로 자른 후 10% 소금물에서 15°C를 유지하면서 15시간 동안 절였다. 이때 배추 무게와 소금물의 비율은 약 2:3 (w:v)로 하였으며, 절임물은 여과지(Whatman No. 2)를 사용하여 걸렸다. 또한, 김치공장에서 1회 절임에 사용한 소금물을 2회 또는 3회 재 사용하는 것을 감안하여 2회 절였으며, 이때 1회 사용한 것과 재 사용한 것의 성분차이도 비교하였다. 절임페수에서 효모의 생육 특성을 조사할 경우는 실험실 제조 절임페수를 사용하였으며, 절임페수는 NaCl을 사용하여 NaCl 농도가 8%가 되도록 하였고, 환원당 농도는 약 1.0 g/l가 되도록 glucose를 첨가하여 표준화하여 사용하였다.

절임페수의 성분 분석

김치 생산 공장으로부터 절임페수를 채취하여 생물학적 산소 요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), NaCl 농도, pH, 총당 및 환원당, 질소 함량 등의 주요 특성을 분석하였다. 절임페수의 BOD 및 COD는 Standard Methods에 따라 측정하였으며,¹⁵⁾ NaCl 농도는 Mohr의 방법¹⁶⁾으로 측정하였다. 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS) method로 측정하였고,¹⁷⁾ Kjeldahl 질소 함량은 Standard Methods¹⁵⁾ 및 A. O.A.C¹⁸⁾를 사용하였다.

효모균주의 분리, 동정 및 선발

균주 분리용 시료로 절임페수, 토양 및 간장, 된장, 고추장 등의 식품을 수집하였다. 균주 분리용 배지로 8%의 NaCl을 첨가한 YM 배지를 사용하여 균분리용 시료를 적당히 희석한 후 평판 도말하여 30°C에서 2~5일간 배양하고 형성된 colony로부터 분리하였다. 분리한 효모를 실험실에서 제조한 배추 절임물에 배양하면서 540 nm에서의 흡광도를 측정하여 생육이 우수한 균주를 선발하였다. 효모 균주의 동정은 Biolog 사(Biolog Inc., Hayward, CA)의 미생물 자동 동정 장치를 이용하여 동정하였다.

최적 균체 생산 조건 연구

(1) 최적 배양 온도, pH 및 NaCl 농도의 영향

균체 생산에 적합한 최적 배양온도를 검토하기 위해 20, 25, 30, 35, 40°C의 각 온도에서 절임페수에 선발 균주를 180 rpm으로 진탕하면서 24시간 배양한 뒤 생육 정도를 측정하여 최적 배양 온도를 결정하였다. 최적 pH를 검토하기 위해 pH 2~9 범위로 조절된 절임페수에 선발 효모를 배양하여 최적 pH를 결정하였으며, NaCl 농도를 6~15%로 조절하여 절임페수의 소금농도가 효모 생육에 미치는 영향을 조사하였다.

(2) 암모늄염, 인산염 및 미량원소의 첨가 효과

절임페수에 (NH₄)₂SO₄와 K₂HPO₄를 각각 농도별로 첨가하여 30°C에서 180 rpm으로 진탕 배양하면서 생육 정도를 측정하여 암모늄염 및 인산염의 첨가에 의한 균체 생산 증가 효과를 조사하였다. 또한 미량원소로 마그네슘, 망간, 칼슘, 철, 아연 등을 첨가하여 30°C에서 24시간 배양하여 균체 생산 증가 효과를 조사하고 효과를 나타내는 경우 최적 첨가 농도를 결정하였다.

(3) 최적 통기량

균체 생산을 위한 발효조 배양시 최적 통기량을 검토하였다. 발효조는 working volume을 1 l로 하고, 교반속도를 300 rpm으로 고정한 후, 통기량을 0.5 vvm, 1.0 vvm, 2.0 vvm으로 조절하여 배양하면서 생육을 비교하였다. 절임페수의 NaCl 농도는 8%로 하였고, 초기 pH는 4로 조절하였으며, 5%의 NaCl을 첨가한 YM broth에서 18시간동안 180 rpm에서 진탕 배양한 효모를 2% 접종하였다.

BOD 제거 효과

김치공장에서 부터 채취한 절임페수에 배양온도, 통기량, pH 및 첨가 물질 등에 대한 최적 조건에서 선발 효모 균주를 배양한 후 절임페수의 BOD 변화를 측정하여 효모 배양 처리에 의한 유기물 제거 효과를 알아보았다.

균체의 성분 분석

최적 배양조건에서 선발 효모균주를 배양한 후 배양액을 원심분리하여 균체를 회수하고 증류수로 2회 세척 후 동결 건조하여 건조 균체를 얻어, 단백질, 지질, 탄수화물 및 회분 함량을 조사하였다. 건조 균체의 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl 법으로,¹⁹⁾ 탄수화물 함량은 phenol-sulfuric acid 법²⁰⁾으로 측정하였으며, 조지방 함량은 Bligh와 Dyer의 방법²¹⁾에 따라 측정하였다. 회분 함량은 시료를 항량을 알고 있는 도가니에 넣고 무게를 측정 후 전기로에 넣어 500°C에서 수시간 태운 다음 desiccator에 옮겨 방냉한 후 실온에서 평량하였다. 항량에 이를 때까지 반복하여 회분 함량을 계산하였다.

배추 쓰레기 착즙 첨가 효과

김치 제조시 배추를 다듬는 과정에서 발생한 배추 쓰레기를 모아 Waring blender로 파쇄하고, 가제로 걸러 배추 쓰레기 착즙액을 얻었다. 배추 쓰레기의 착즙액을 절임페수에 각각 5, 10, 20% 및 30%의 비율로 첨가하고 효모를 접종하여 30°C에서 180 rpm으로 진탕 배양하면서 균체 생산량을 측정하였다. 균체 생산량은 균 배양액을 일정량 취한 후 원심분리(4,000 rpm, 15 min)하여 균체를 얻고 증류수로 세척한 뒤 다시 원심분리하여 회수한 균체를 105°C 건조기에서 항량에 도달 할 때까지 건조하여 측정하였다.

결과 및 고찰

배추 절임페수의 특성

김치공장에서 발생하는 배추 절임페수의 성분을 알아보

Table 1. Chemical composition of the waste brine sampled from four kimchi factories in Kyunggi Province and the waste brine prepared in laboratory

Sample	pH	NaCl (%)	Reducing sugar (g/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	Kjeldahl nitrogen (mg/l)
A1	5.36	11.6	0.64	1,100	1,300	25
A2	4.91	9.5	1.00	1,200	1,800	28
A3	5.48	8.4	0.60	1,100	1,600	20
A4	5.80	7.0	0.50	1,100	1,300	25
B1	6.65	7.5	0.50	900	1,000	10
B2	6.55	7.4	0.51	900	1,100	10
B3	6.25	6.2	1.10	1,300	1,800	17
B4	6.70	6.2	0.75	1,100	1,300	16
B5	6.50	5.8	0.80	1,100	1,300	15

Note:
 A: Waste brine from different kimchi factories
 B: Brine prepared in laboratory: B1 and B2 were soaked once in brine water and B3~B5, twice.
 For preparation of the waste brine in laboratory, chinese cabbage was trimmed and cut longitudinally into four pieces and soaked in 10% (w/v) brine in the ratio of 2:3 (w:v) for 15 hr at 15°C.

기 위하여 경기도 소재의 김치공장에서부터 절임폐수를 수집하여 pH, NaCl 농도, 환원당, BOD, COD 및 총질소 함량을 조사하였다. 그 결과(Table 1), 절임폐수는 pH 5~6 범위였으며, NaCl 농도는 7~12%로 매우 높았다. 또, 환원당 농도는 약 0.5~1.0 g/l였으며, BOD가 약 1,100~1,200 mg/l, COD는 1,300~1,800 mg/l인 것으로 조사되었으며, 총질소 함량은 Kjeldahl nitrogen으로 20~28 mg/l로 나타나 상당량의 유기물을 함유한 것으로 나타났다. 이와 같이 김치공장의 절임폐수는 공장에 따라서 성분의 차이가 큰 것으로 나타났다는데, 이는 원료인 배추의 성분이 시기에 따라 차이가 있으며 소금물의 비율 및 절임 조건을 일정하게 맞추지 못했기 때문으로 볼 수 있다.

또한, 실험실에서 김치공장과 유사한 과정으로 배추를 절여 절인 물을 분석한 결과에서도 pH는 6.2~6.7 정도였고, NaCl 농도는 6~7% 부근이었으며, 0.5 g/l 내지 1.1 g/l의 환원당이 함유된 것으로 나타나 김치공장 절임폐수와 그 특성이 유사하였다. 그러나, 김치공장에서 소금물을 2~3회 반복 사용하는 점을 감안하여 1회 절임물과 2회 사용한 것을 비교해 본 결과, 2회 사용한 절임물은 약 50~100% 가량 환원당 함량이 증가한 것으로 나타났으며, NaCl 농도는 약 1% 정도 낮아졌다.

김치공장의 절임폐수는 알콜 증류 공장의 주정 폐액의 BOD가 수만 mg/l 정도로 매우 높은 것과 비교하면 유기물 함유량이 낮은 수준이지만, BOD가 1,500 mg/l에서 2,500 mg/l인 것으로 조사된¹⁰⁾ 맥주공장, 과일 통조림공장, 수산물 가공공장의 폐수와는 비슷하였다. 특히, 김치공장의 절임폐수는 sauerkraut waste brine¹⁰⁾이 NaCl 농도가 3~4%로 높아 일반 폐수 처리 방법이 부적합하다고 한 점에 비추어 이 보다 NaCl 농도가 훨씬 높은 것을 고려할 때 기존의 폐수 처리 방법으로는 처리에 문제가 있을 것이므로, 단세포 단백질

질 등으로 이용 가능한 미생물 균체 생산에 이용하는 것이 효과적일 것으로 볼 수 있었다.

절임폐수에서 내염성 효모의 생육 특성

절임폐수, 토양 또는 간장, 된장 및 고추장 등의 식품 등으로부터 분리한 70여 주의 효모를 절임폐수에서 배양하여 생육 정도를 조사하고 기존의 알려진 내염성 효모와 비교하여 최적 효모 균주를 선발하였다. 실험실에서 제조한 절임폐수 배지에 YM broth에서 2일간 정치 배양한 내염성 효모 균주를 1% 접종하고 30°C에서 배양한 결과 절임폐수로부터 분리한 A9이 가장 우수한 생육을 나타내었고 이를 Biolog사의 미생물 자동동정장치로 분석한 결과 *Pichia guilliermondii*로 동정되었다.

Pichia guilliermondii A9의 절임폐수에서의 생육 특성을 조사한 결과(Fig. 1a), 배양 온도가 25°C에서 35°C의 범위에서 생육이 높았으며, 가장 우수한 생육을 나타낸 30°C를 최적 배양 온도로 결정하였다.

이 균주는 pH 3 부터 pH 8의 범위에서는 생육 정도에 차이가 극히 적어 생육 범위가 매우 넓었으며, pH 4에서 가장 높은 것으로 나타났다(Fig. 1b). 본 연구에서 김치공장 절임폐수의 pH는 5에서 6이었으므로 절임폐수는 pH 조절 없이 균체 생산에 이용 할 수 있으나, 낮은 pH에서도 생육이 우수하므로 초기 pH를 3~4 정도로 낮게 조절하여 배양할 경우에는 세균에 의한 오염을 피할 수 있어 유리하다고 볼 수 있다.

P. guilliermondii A9는 NaCl 농도가 9%까지는 영향을 받지 않고 우수한 생육을 보였으며, 10% 이상에서부터는 생육이 약간씩 낮아졌고, 12% 이상에서는 크게 저해되었다(Fig. 1c). 그러므로, *P. guilliermondii* A9는 NaCl 농도가 7~12%인 절임폐수에서 거의 저해 받지 않고 생육할 수 있는 내염성 효모로서 절임폐수에서의 배양에 적합한 균주임을 확인 할 수 있었다.

P. guilliermondii A9를 발효조를 사용하여 절임 폐수에서 배양하면서 통기량의 영향을 조사한 결과(Fig. 2), 발효조의 working volume을 1 l로, 교반속도를 300 rpm으로 하고, 통기량을 0.5, 1.0, 2.0 vvm으로 각각 조절하여 배양했을 때 효모의 생육은 생육속도 및 정도에서 거의 차이가 없어 0.5

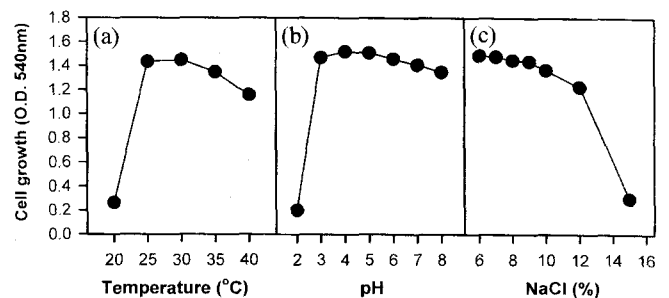


Fig. 1. The effect of (a) temperature, (b) pH and (c) NaCl concentration on the growth of *Pichia guilliermondii* A9 cultured in waste brine (pH 6.0, 8% NaCl) at 30°C.

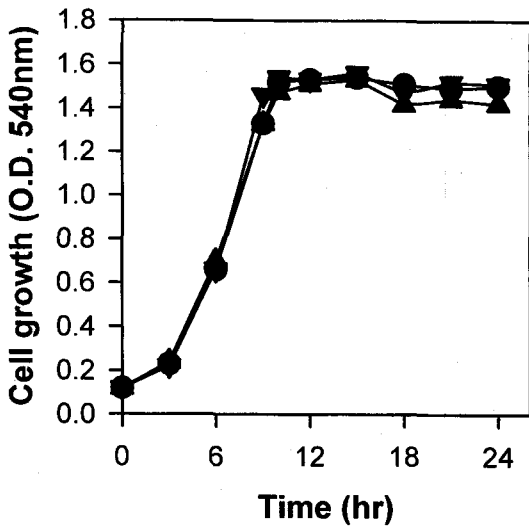


Fig. 2. The effect of air flow rates on the growth of *Pichia guilliermondii* A9 in waste brine (pH 4.0, 8% NaCl) at 30°C. The yeast was cultured in a fermenter (working volume 1 l) at impellar speed of 300 rpm. ●—●: 0.5 vvm, ▲—▲: 1.0 vvm, ▼—▼: 2.0 vvm

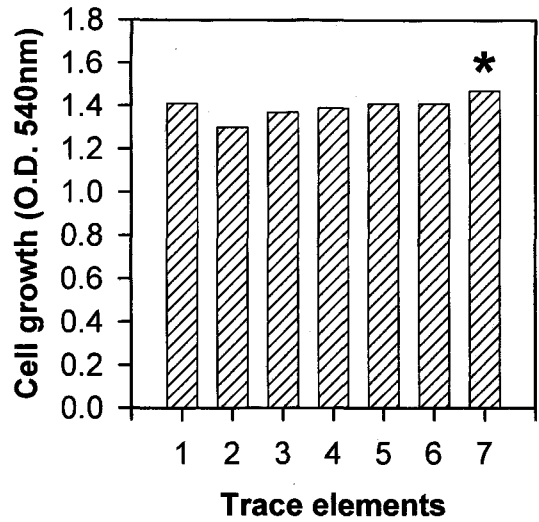


Fig. 4. The effect of micronutrients on the growth of *Pichia guilliermondii* A9 cultured in waste brine (pH 4.0, 8% NaCl) at 30°C. 1: control, 2: CuSO₄, 3: MnSO₄, 4: MgSO₄, 5: CaSO₄, 6: FeSO₄, 7: ZnSO₄

vvm의 통기량으로도 충분한 것으로 나타났다.

영양성분의 첨가효과

절임폐수는 다른 식품 공장의 폐수에 비하여 탄소원을 비롯한 균체 생육에 필요한 영양분 함량이 낮은 편이므로 *P. guilliermondii* A9 배양시 소량의 암모니움염 및 인산염을 첨가하여 균체 생산량의 증가 효과를 조사하였다(Fig. 3). 암모니움염으로는 (NH₄)₂SO₄를, 인산염으로는 K₂HPO₄를 각각 0.5%까지 첨가하여 균체 생산량 증진을 시도하였다. 그 결과, (NH₄)₂SO₄의 경우 0.5% 첨가시에도 증가 효과를 나타내지 못했으며, K₂HPO₄ 경우도 0.5% 첨가 시에도 대조군에 비해 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

미량 원소의 첨가 효과를 조사한 결과(Fig. 4), ZnSO₄가 약간의 증가효과를 보였으며 그 이외는 효과가 없었다. 아연의 농도에 따른 첨가효과를 조사한 결과(Fig. 5), 0.5 mM

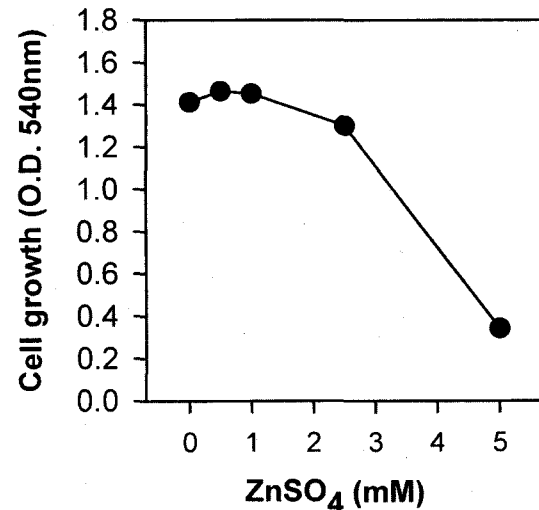


Fig. 5. The effect of zinc sulfate on the growth of *Pichia guilliermondii* A9 in waste brine (pH 4.0, 8% NaCl) at 30°C.

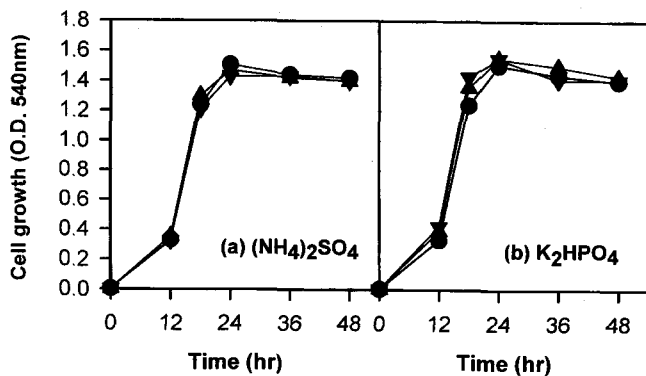


Fig. 3. The effect of (a) ammonium sulfate and (b) potassium phosphate addition on the growth of *Pichia guilliermondii* A9 in waste brine (pH 4.0, 8% NaCl) at 30°C. ●—●: 0%, ▲—▲: 0.2%, ▼—▼: 0.5%

에서 가장 생육이 높았으며 1 mM 보다 높은 농도에서는 생육 저해를 나타내었다.

이상의 실험 결과를 종합하여 절임폐수에서 *P. guilliermondii* A9 균체의 생육은 NaCl에 의한 저해를 받지 않으며 무기 염류 및 미량원소도 부족하지 않은 것으로 밝혀졌으므로 균체 생산이 낮은 이유는 탄소원의 부족으로 밝혀졌다.

BOD 제거 효과

절임폐수에서 *Pichia guilliermondii* A9의 최적 배양 조건으로 결정된 NaCl 농도 8%, 초기 pH 4로 조절된 절임폐수에 균주를 1% 접종하고 30°C에서 180 rpm으로 진탕 배양하면서 BOD 감소 효과를 조사하였다. 그 결과(Fig. 6), 배양 초기 BOD가 1,200 mg/l이었던 절임폐수는 24시간 이내에 BOD가 120 mg/l로 감소하였다.

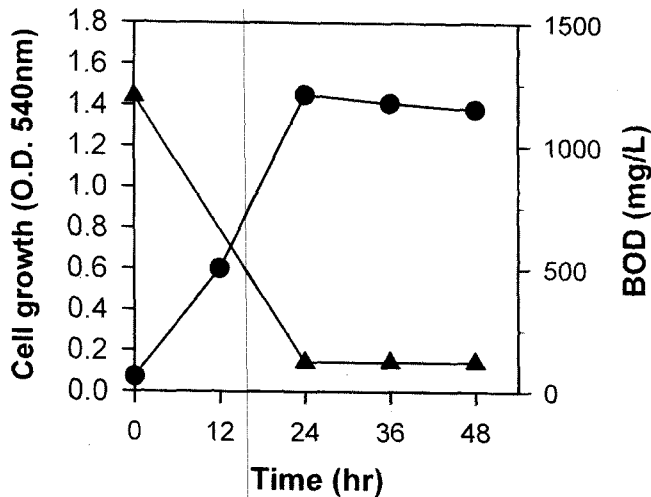


Fig. 6. BOD reduction of waste brine during the growth of *Pichia guilliermondii* A9 at 30°C. ●—●: cell growth, ▲—▲: BOD

이와 같이 절임폐수의 BOD를 약 90% 이상 제거시킨 결과는 절간고구마원료 주정 폐액에 *Tolulopsis candida* 배양시 38.9%의 BOD를 감소시킨 이 등⁷⁾의 결과에 비해서는 제거율이 훨씬 높았으며, 주정 공장 폐수에 *Aspergillus fumigatus*를 배양하여 94%의 BOD를 제거한 조 등¹⁰⁾의 결과와 sauerkraut waste brine에 *Candida utilis*를 배양하여 90% 이상의 BOD를 제거한 Hang¹²⁾의 결과와는 비슷한 정도의 제거율을 나타내었다.

절임폐수에서 생산된 균체의 성분

절임폐수에서 배양한 효모 균체의 성분을 분석한 결과 조단백질 함량은 40.0%, 조지질은 11.7%, 탄수화물은 45.4%였고, 회분은 5.9%였다. 절임폐수에서 배양된 효모의 균체 성분 조성을 영양배지인 YM broth에서 배양한 경우와 비교한 결과 단백질 함량은 약 6% 적었으며, 지질 함량은 약 6% 많았고, 회분함량은 차이가 없는것으로 나타났다 (Table 2). 이 결과는 절간 고구마 주정폐액에서 배양한 *Tolulopsis candida*⁷⁾의 단백질 함량이 48%인 것과 비교하면 적은 편이나, 치즈 유청액에서 배양한 *Saccharomyces fragilis* 등의 효모가 30~40.25%,²⁰⁾ *Candida guilliermondii*를 탄화수소에 배양했을 때 26.7%인 것²¹⁾에 비하면 훨씬 높은 것으로 나타났다.

Table 2. The chemical composition of *Pichia guilliermondii* A9 cells cultured in waste brine, YM broth and YM broth with 8% NaCl

Composition (%)	waste brine	YM broth	YM broth with 8% NaCl
Crude protein	40.0	46.1	55.0
Crude lipid	11.7	4.4	7.2
Carbohydrate	45.4	47.4	38.3
Ash	5.9	5.9	7.5

Cells were grown at 30°C for 24 hr.

Table 3. Cell mass and yield coefficient of *Pichia guilliermondii* A9 cultured in waste brine added with juice from waste cabbage at 30°C

Cabbage juice	Reducing sugar (g/l)	Maximum cell mass (g/l)	Yield coefficient (g/g reducing sugar)
0%	1.08	0.69	0.64
5%	2.15	1.35	0.63
10%	3.06	1.87	0.61
20%	4.87	2.75	0.57
30%	6.80	3.40	0.50

When the cell mass reached to a maximum value, the reducing sugar was completely consumed for all cases

배추쓰레기 착즙액 첨가 효과

김치 원료인 배추를 다듬는 과정에서는 약 10% 이상의 배추 쓰레기가 발생하며 배추에는 효모 등의 미생물이 쉽게 이용이 가능한 당이 1.6~2.6% 함유되어 있으므로,^{22,23)} 김치공장에서 상당량 발생하는 배추 쓰레기는 미생물 배지로 이용 가치가 매우 높은 우수한 유기성 폐기물 자원이라 할 수 있다. 앞의 연구 결과 김치 공장의 절임 폐수에서 균체 생산량이 낮은 것은 탄소원의 부족이 가장 큰 이유인 것으로 볼 수 있었다. 그러므로, 본 연구에서는 김치공장에서 김치 제조시 다량 발생되어 처리에 곤란을 겪고 있는 배추 쓰레기를 이용하여 절임폐수에 이를 첨가하여 효모의 생육을 증가시키는 방법을 시도하였다. 즉, 절임폐수에 배추 쓰레기 착즙액을 각각 5, 10, 20% 및 30%의 비율로 첨가한 배지를 만들어 *P. guilliermondii* A9를 배양하였다. 그 결과 (Table 3), 배추 쓰레기를 첨가하지 않은 경우 최고 균체 생산량은 0.69 g/l에 불과하였으나, 배추 쓰레기 착즙액 첨가에 의해 건조균체량은 10% 첨가시 1.87 g/l, 20% 첨가시 2.75 g/l, 30% 첨가시 3.4 g/l에 달해 첨가하지 않은 경우에 비해 각각 2.7배, 4.0배 및 4.9배 증가하여 절임폐수만 사용한 경우보다 균체 생산량이 크게 증가하였다. 이때, 환원당은 5, 10% 및 20% 첨가시에는 24시간, 30% 첨가시에는 48시간 이내에 완전히 소모되었다.

따라서, 김치공장에서 다량 발생되어 문제가 되고 있는 또 다른 폐기물인 배추 쓰레기를 김치공장 절임폐수에 첨가하는 방법으로 효모 균체 생산에 이용함으로써 두 종류의 폐기물을 동시에 처리 할 수 있는 효과적인 방법이 될 수 있을 것이다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Choi, T. D. (1994) An analysis on the market organization of kimchi industry. Ph. D. Thesis, Seoul National University, Seoul.

2. Choi, S. Y., Y. B. Kim, J. Y. Yoo and I. S. Lee (1990) Effect of temperature and salts concentration of kimchi manufacturing on storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* **22**, 707-710.
3. Kim, S. D. (1991) Effect of pH adjuster on the fermentation of kimchi. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **14**, 259-264.
4. Choi, S. Y., S. H. Lee, Y. J. Koo and S. H. Shin (1989) Production of rapid-fermented kimchi with starter. *Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng.* **14**, 403-406.
5. Park, W. S., I. S. Lee, Y. S. Han and Y. J. Koo (1994) Kimchi preparation with brined chinese cabbage and seasoning mixture stored separately. *Korean J. Food Sci. Technol.* **26**, 231-238.
6. Shin, D. H., M. S. Kim, J. S. Han, D. K. Lim and W. S. Bak (1996) Changes of chemical composition and microflora in commercial kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**, 137-145.
7. Lee, H. Y., Y. J. Koo, B. Y. Min and H. K. Lee (1982) Growth of yeasts in alcohol distiller's waste of dried sweet potato for single-cell protein production and BOD reduction. *Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng.* **10**, 95-100.
8. Kim, Y. K., K. Y. Lee, C. H. Lee, Y. I. Lee, K. H. Lee and M. K. Kim (1993) Application of thermotolerant yeast, *Candida rugosa* for the production of yeast protein from rye stilages. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **21**, 281-287.
9. Lee, C. Y., C. K. Kim and K. H. Lee (1993) Production of single cell lipid and treatment of water waste from alcohol manufactory. *Korean J. Biotechnol. Boeng.* **8**, 172-177.
10. Cho, S. H., J. D. Choi, S. Y. Lee, W. K. Ki and Z. U. Kim (1989) Utilization and application of microorganisms in treating food processing wastes - Recovery of mycelial proteins - *J. of Korean Agric. Chem. Soc.* **32**, 424-434.
11. Hang, Y. D., D. L. Downing, J. R. Stamer and D. F. Splittstoesser (1972) Waste generated in the manufacture of sauerkraut. *J. of Milk and Food Technol.* **35**, 432-435.
12. 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.
13. Hang, Y. D. (1977) Waste control in sauerkraut manufacturing. *Process Biochem.* **12**, 27-28.
14. Welsh, F. W. and R. R. Zall (1984) Single cell protein from waste fishery refrigeration brines. *Process Biochem.* **19**, 122-123.
15. APHA, AWWA and WPCF (1992). Standard methods for the examination of water and waste water, 18th ed., American Public Health Association, Washington, D.C.
16. AOAC. (1995) Official methods of analysis, 16th ed. Association of Official Analytic Chemists, Washington, D.C.
17. Miller, G. L. (1959). Use of dinirosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* **31**, 426-428.
18. Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* **28**, 350-356.
19. Bligh, E. G. and W. J. Dyer (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* **37**, 911-917.
20. El-Samragy, T. A., J. H. Chen and R. R. Zall (1988) Amino acid and mineral profile of yeast biomass produced from fermentation of cheddar whey permeate. *Process Biochem.* **23**, 28-30.
21. Sabry, S. A., M. El-Sayed, S. Y. Gamati and A. H. El-Refai (1991) Hydrocarbon utilization by *Candida guilliermondii*. *Biomed. Lett.* **46**, 615-618.
22. Shim, S. T., K. J. Kim and K. H. Kyung (1990) Effect of soluble solids contents of chinese cabbages on kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **22**, 278-284.
23. Yu, H. G., K. H. Kim and S. Yoon (1992) Effects of fermentable sugar on storage stability and modeling prediction of shelf-life in kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* **24**, 107-110.

Production of Yeast Biomass from Waste Brine of Kimchi Factory

Min Ho Choi and Yun Hee Park*(Division of Chemical Engineering and Biotechnology, Ajou University, Suwon 442-749, Korea)

Abstract : The possibility of using waste brine from kimchi factory as a substrate for the production of the single cell protein was investigated. The growth of *Pichia guilliermondii* A9 isolated from waste brine was not inhibited by the NaCl up to 10% (w/v). BOD of the waste brine was reduced to one tenth after 24 hours of yeast culture. The addition of ammonium salt, phosphate, and micronutrients to the waste brine did not enhance the growth of *P. guilliermondii* A9. However, when the brine was enriched with juice from waste cabbage, the final cell mass increased proportionally with the amount of added organic material, suggesting a practical application for the treatment of two different types of waste produced during kimchi manufacturing.

Key words : Kimchi, waste brine, cabbage waste, *Pichia guilliermondii*, single cell protein, BOD

*Corresponding author