

맥주 공장 부산물 효모의 최적 자가 소화 조건 결정

손상목 · 김재식^{1,*}

영동대학교 식품공학과, ¹경북대학교 식품공학과

Optimization for Autolysis of Brewers Yeast Slurry

Sang-Mok Son and Jae-Sik Kim^{1,*}

Department of Food Science and Technology, Youngdong University

¹Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

The optimum autolysis conditions were investigated to prepare yeast autolyzate (extract) using yeast slurry collected from brewery plants. Brewers yeast slurry was washed with caustic soda to eliminate bitter hof substances attached to yeast cell walls. The pH of brewers yeast slurry was adjusted to 9.8 with caustic soda, and centrifuged at 3,000 rpm for 5 min. The supernatant was discarded, and the bottom cake was rehydrated and collected. Bitterness unit (BU) of washed yeast slurry was 24.1 BU, below the threshold value of 25.0. Yeast extract could be obtained from washed brewers yeast slurry at maximum yield up to 38% by autolyzing at pH 6.8 and 53°C for 20 h.

Key words: autolysis, brewers yeast, washing, bitterness, yeast extract

서 론

맥주공장에서 부산물로 얻어지는 맥주효모 슬러리의 양을 정확히 집계할 수는 없으나 맥주 생산량으로부터 추정할 때 국내에서만 연간 12,000톤가량의 효모 슬러리가 얻어진다^(1,2). 이는 대부분 식용으로 가공되며 일부가 분말로 혹은 그대로 동물사료로 이용된다. 식용 중에도 가장 많은 것이 효모 추출물(yeast extract)인데 75% 가량을 차지한다. 기타 비타민 B 보충제 혹은 식품첨가소재, 건강식품의 부형제, 분유 원료 등 그 용도가 다양하다⁽³⁻⁷⁾. 최근에는 자가소화법에 의해 효모 추출물을 제조하고 남은 효모 껍질을 무미 무취화하고 글루칸이나 만난과 같은 세포벽 성분을 식품이나 의약품의 소재로 사용하고자 한 연구도 있었다⁽⁸⁾. 또한 효모를 단세포단백질로 이용하고자 세포벽물질, 항영양인자 등을 제거한 연구도 있었으며⁽⁹⁾ 통풍을 일으키는 핵산물질을 succinic anhydride로 제거하여 효모의 영양적 가치를 높이고자 한 연구도 있었다⁽¹⁰⁾. 또한 리보핵산을 다량으로 함유하는 효모 균주를 돌연 변이를 일으켜 얻고⁽¹¹⁾, 이를 효소적으로 분해하여 고핵산 함유 정미성 효모 추출물을 얻고자하는 연구도 있었다⁽¹²⁾.

맥주 공장에서 사용하는 맥주효모는 상면 발효 효모인 *Saccharomyces cerevisiae*와 하면 발효 효모인 *Saccharomyces uvarum*으로 대별되며 우리나라에선 주로 하면 발효 효모를 사용한다⁽¹³⁾. 맥주 공장에서 분말 맥주 효모를 생산하기 위해 선 발효 과정 중에 증식이 된 효모를 회수하여 일부 발효에 재사용하고 나머지는 드럼 건조기를 이용하여 건조한 후 분말화한다⁽²⁾.

그러나 맥주 효모는 세포벽에 흡착되어 있는 호프(hop) 물질로 인해 쓴맛이 매우 강하여 식용으로 이용되기에는 제한적이다. 호프의 쓴맛 성분 중에 isohumulone이 가장 쓴맛이 강하며 이는 대부분 효모의 세포벽에 단단하게 흡착되어 있는 것으로 보고되어 있다^(14,15). 맥주 효모에 존재하는 쓴맛을 제거하기 위하여 가성소다 액으로 세척한다는 것은 알려져 있으며⁽¹⁶⁻¹⁸⁾, 가성소다의 농도나 효모와의 접촉 시간 등 정확한 세척 조건을 보고한 바가 있다⁽¹⁹⁾. 국내에서도 제빵용 효모 및 맥주 효모를 사용하여 조미료로 이용되는 효모 추출물을 제조하고자 하는 다양한 시도는 있었으나⁽²⁰⁻²²⁾, 맥주 효모의 경우 호프의 쓴맛 성분을 사전에 제거하지 않아 식미감이 떨어지는 경우가 많았다. 따라서 본 연구에서는 가성소다 액을 이용하여 맥주 공장의 부산물 효모 슬러리를 세척하여 호프의 쓴맛 성분을 제거하고, pH, 온도, 자가 소화 시간, 효모 농도 등 여러 가지 조건을 달리하여 자가 소화시켜 효모 추출물을 제조하였으며, 자가 소화물의 수득 수율과 정미성이 가장 뛰어난 자가 소화 조건을 규명하고자 하였다.

*Corresponding author : Jae-Sik Kim, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, 1370, Sankyuk-dong, Buk-ku, Daegu, Korea
Tel: 82-53-950-7339
Fax: 82-53-950-6772
E-mail: dstsik@wmail.knu.ac.kr

재료 및 방법

재료

맥주 공장 부산물 효모는 *Saccharomyces uvarum*으로 맥주 공장에서 전발효가 끝나고 효모저장탱크로 이송된 효모를 공급받아 사용하였으며, 효모 세척 및 분석에 필요한 NaOH, HCl, isooctane, octyl alcohol, methylene blue 등은 전부 Junsei(Japan) 시약을 사용하였다.

맥주 공장 부산물 효모의 일반 성분

맥주 공장 부산물 효모의 일반 성분은 AOAC 방법⁽²³⁾으로 5회 분석하여 평균값과 표준 편차로 나타내었다. 즉 수분은 105°C 상압가열건조법으로 정량하였으며, 회분은 550°C에서 회화시켰으며, 단백질은 마이크로켈달법에 의하여 정량하였으며, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 정량하였다. 100에서 수분, 단백질, 지방, 섬유질, 회분을 더한 값을 빼고 남은 값을 가용성무질소물로 하였다.

효모 균체의 생존율 측정

Methylene blue로 맥주 효모를 염색한 후 현미경을 이용하여 100배 배율로 관찰하면서 파랗게 염색이 된 죽은 효모와 염색이 되지 않은 살아 있는 효모를 계수하였다. 총 효모 균수에 대한 살아 있는 효모의 백분율을 생존율로 표현하였다.

쓴맛 제거를 위한 맥주 공장 부산물 효모의 세척

맥주 공장 부산물 효모를 100 mesh 체로 거른 다음 효모 슬러리 (초기 pH 5.0) 2 kg 정도에 20%(w/v) NaOH 용액을 약 20 mL 가하여 pH 9.8로 맞추고 잘 저어 준 후 3,000 rpm에서 5분간 원심 분리하였다. 상등액은 버리고 다시 적당량의 물을 넣고 원심분리기 용기 바닥에 가라앉은 효모 cake를 풀고 다시 원심 분리하는 조작을 2회 반복한 다음 원심분리기 용기 바닥의 효모를 수거하여 세척을 종료하였다.

맥주 공장 부산물 효모의 bitterness unit 측정

맥주 공장 효모 슬러리의 쓴맛 정도는 bitterness unit(BU)로 나타내었으며 BU 측정은 isooctane을 이용한 방법⁽²⁴⁾을 변형하여 실시하였다. 50 mL 용량의 원심분리기 용기에 효모 슬러리 20 g의 무게를 재고, 여기에 3 N HCl 1 mL와 isooctane 20 mL를 가하고 뚜껑을 잘 막은 후 진탕교반기(vortex mixer)에서 15분간 격렬하게 흔들어서 주었다. 이를 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리시켜 상등액을 취한 다음 275 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 isooctane 20 mL와 octyl alcohol 1 mL를 섞은 액을 대조구(blank)로 하였다. BU는 아래의 식에 의해 계산하였다.

$$BU = \text{흡광도} \times 50$$

자가 소화법에 의한 효모 추출물의 제조

5 L 용량의 유리 반응조에 세척한 맥주 효모 슬러리를 약 1~2 kg 넣고 일정 온도와 일정 pH에서 서서히 교반하면서 일정 시간 동안 자가 소화시켰다. 자가 소화가 끝난 후 반응액을 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액인 자가 소

화 추출물(autolyzate)을 분리하였다. 또한 침전물에 다시 물을 첨가하여 재차 원심 분리하여 잔사에 남아 있는 자가 소화 추출물을 회수하였다. 자가 소화 전의 효모 슬러리의 무게와 고형분 함량, 그리고 자가 소화 추출물의 무게와 고형분 함량을 측정하였으며, 자가 소화 추출물의 수득율 혹은 자가 소화 수율(autolysis yield)은 자가 소화 전의 효모 슬러리 고형분에 대한 자가 소화 추출물의 고형분의 비로 아래의 식에 의해 계산하였다.

자가 소화 수율, % =

$$\frac{\text{자가 소화 추출물의 고형분 함량 (g)}}{\text{자가 소화 전 효모 슬러리의 고형분 함량 (g)}} \times 100$$

결과 및 고찰

맥주 공장 부산물 효모의 일반 성분 및 생존율 측정

맥주 공장 부산물 효모를 공급받아 100 mesh 체로 거른 다음 일반 성분 분석의 시료로 사용하였으며, 5회 분석한 결과의 평균 및 표준 편차 값으로 Table 1에 나타내었다. 맥주 공장의 효모 슬러리의 함유율은 85.3%였고, 고형분 함량은 평균 14.7%를 나타내었다. 전 발효가 끝나고 발효 탱크 바닥으로 가라앉은 효모를 수거하면 대개 10% 전후의 고형분을 나타내나, 본 실험에서는 평균 14.7%의 높은 고형분 수치를 나타내었다. 이는 전 발효가 끝난 효모가 효모저장탱크로 이송되어 저온에서 방치되는 동안 효모가 탱크 바닥으로 침전하여 농축되므로 실제 효모 농도보다 시료로 취한 탱크 밑바닥 부위의 효모 농도가 더 높기 때문인 것으로 사료되었다. 단백질은 평균 7.6%로서, 건물량 기준으로 환산하면 51.7%의 매우 높은 수치를 나타내었다. 이로 보아 맥주 효모를 자가 소화시키면 단백질이 아미노산으로 분해되면서 정미성을 나타내는 자가 소화물을 충분히 제조할 수 있을 것으로 판단되었으며, 또한 식품 공전 상의 식용 건조 효모 단백질 함량 규격인 40.0%를 훨씬 상회하여 건강보조식품으로도 사용할 수 있음을 알 수 있었다. 반면 지방과 섬유질은 평균 0.3%와 0.04%로 낮은 값을 나타냈으며 가용성무질소물은 평균 5.1%를 나타내었다. 발효가 끝나고 효모 저장 탱크로 회수된 효모 균체의 평균 생존율은 평균 95%로서 효모의 보관 상태가 우수함을 알 수 있었으며, 수송 후 4°C에서 3일간 저장한 후의 생존율은 평균 94%를 나타내어 저장 중의 효모 생존율 변화도 거의 없었다.

Table 1. Component composition and yeast cell viability of brewers yeast slurry

Components ¹⁾	Composition (%)
Moisture	85.3±0.7
Protein	7.6±0.3
Fat	0.3±0.05
Fiber	0.04±0.01
Ash	1.7±0.1
Nitrogen-freeextract	5.1±0.4
Yeastcellviability	95±2

¹⁾It represents mean ± standard deviation of 5 times measures.

Table 2. Changes of bitterness and viability of yeast cell after washing brewers yeast slurry with caustic soda solution

Bitterness and cell viability	Before washing	After washing
Bitterness unit (BU)	45	24.1
Cell viability (%)	95 ± 2	89 ± 2

쓴맛 제거를 위한 맥주 공장 부산물 효모의 세척

맥주 효모의 세포벽에 흡착되어 있는 호프의 쓴맛 성분을 제거하기 위하여 NaOH 용액을 사용하여 세척한 후 세척 전후의 BU와 효모 균체의 생존을 변화를 비교한 결과를 Table 2에 나타내었다. 세척 전 맥주 효모 슬러리의 BU는 45로서 매우 강한 쓴맛을 나타내었으며 입 안에서 강한 거부감을 나타내었다. 이를 NaOH 용액으로 세척한 결과 BU는 threshold value 25.0 이하인 24.1을 나타내어 세척 후에는 전혀 쓴맛을 느낄 수 없었다. 반면 생존율은 평균 95%에서 89%로 감소하였으며, Kim⁽¹⁹⁾이 보고한 효모 알칼리 세척 후의 평균 생존율을 84~90% 범주 내에 드는 것으로 확인되었다.

자가 소화 시간별 수율 변화

NaOH 용액으로 세척한 효모를 유리 반응조로 넣고 pH 조정 없이 53°C에서 저어주면서 각각 4, 10, 20, 30시간 자가 소화시키고 난 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리시켜 상등액을 회수하고 고형분 함량과 수율을 측정된 결과는 Table 3과 같았다. 시간이 경과할수록 수율이 증가하여 자가 소화 후 4시간 만에 23.6%(w/w), 10시간 만에 29.0%(w/w), 20시간 만에 34.1%(w/w)에 도달하였으며, 이 후로는 거의 수율 증가를 보이지 않아 30시간 후에는 20시간 시점보다 수율이 1.2% 증가된 35.3%(w/w)를 나타내었다. 이로 보아 맥주 효모의 자가 소화는 20시간 정도가 지난 시점부터는 큰 수율

증가가 없으며 20시간 정도로 자가 소화 시간을 한정하는 것이 좋을 것으로 사료되었다. 보통 효모의 자가 소화는 50°C 이상의 온도에서 행하면서 자가 소화 촉진제로 톨루엔이나 ethanol을 첨가하기도 하고, 자가 소화 기간 중에 잡균에 의한 이미와 이취의 생성을 방지하기 위하여 NaCl이나 ethyl acetate를 첨가하기도 한다. 본 시험에서는 효모 슬러리에서 순수한 효모 자가 소화물을 얻어 정확한 수율을 계산하기 위하여 첨가물을 전혀 사용하지 않았다. 그러나 50°C에서 자가 소화 촉진제나 NaCl 등의 첨가물 없이 자가 소화시킬 경우 가끔 잡균 오염에 의한 부패 현상을 관찰할 수 있어서 온도를 3°C 증가시킨 53°C에서 자가 소화를 행하였으며 이 경우 잡균에 의한 부패가 관찰되지 않았으며 이미, 이취도 발생되지 않았다.

자가 소화 온도별 수율 변화

자가 소화 온도를 달리하여 pH 6.8에서 20시간 맥주 효모를 자가 소화시킨 후 원심 분리기로 상등액을 회수하여 고형분 함량과 수율을 측정된 결과를 Table 4에 나타내었다. 53°C에서 맥주 효모를 자가 소화 시킬 경우 수율은 34.1%였으며, 58°C와 63°C에서는 수율이 낮아져 21.4%와 18.1%를 나타내었다. Hough와 Maddox⁽²⁵⁾는 효모 자가 소화를 일으키는 단백 분해 효소에는 네 가지 종류가 있으며, 최적 온도가 35~60°C이나 50°C가 최적 온도인 효소가 주된 효소인 것으로 보고하였으며, 본 실험에서도 최적 온도 50°C에 가까운 53°C에서 분해하는 것이 가장 높은 수율을 나타내었다. 이보다 낮은 온도인 45~50°C에서 맥주 효모를 자가 소화시키면 앞에서 기술한 바와 같이 잡균 오염에 의한 부패 현상을 관찰할 수 있었다.

자가 소화 pH별 수율 변화

자가 소화 시 pH를 달리하여 53°C에서 20시간 자가 소화

Table 3. Autolysis yield at the different autolysis time¹⁾

Autolysis time (hr)	Weight of brewers yeast slurry (g)	Solid content of brewers yeast slurry (%)	Weight of autolyzate (g) ²⁾	Solid content of autolyzate (%)	Brix of autolyzate (Brix)	Autolysis yield (%) ³⁾
4	1208.3	10.12	896.50	3.22	3.9	23.6
10	1206.9	10.12	899.90	3.93	4.7	29.0
20	1206.8	10.12	898.90	4.63	5.5	34.1
30	1204.2	10.12	896.79	4.80	5.8	35.3

¹⁾A washed brewers yeast slurry was autolyzed at pH 6.8 and 53°C for 30 h.

²⁾Supernatant of yeast autolyzate weight (g) obtained through the centrifugation at 3,000 rpm for 10 min.

³⁾Autolysis yield (%) = $\frac{\text{Solid weight of autolyzate supernatant (g)}}{\text{Solid weight of brewers yeast slurry (g)}} \times 100$.

Table 4. Autolysis yield at the different autolysis temperature¹⁾

Autolysis temperature (°C)	Weight of brewers yeast slurry (g)	Solid content of brewers yeast slurry (%)	Weight of autolyzate (g)	Solid content of autolyzate (%)	Brix of autolyzate (Brix)	Autolysis yield (%)
53	1206.8	10.12	898.90	4.63	5.5	34.1
58	1284.7	11.36	898.50	3.47	4.3	21.4
63	1294.0	11.50	889.80	3.03	3.5	18.1

¹⁾A washed brewers yeast slurry was autolyzed at pH 6.8 for 20 h.

Table 5. Autolysis yield at the different pH¹⁾

Autolysis pH	Weight of brewers yeast slurry (g)	Solid content of brewers yeast slurry (%)	Weight of autolyzate (g)	Solid content of autolyzate (%)	Brix of autolyzate (Brix)	Autolysis yield (%)
5.0	1808.0	10.11	1647.0	6.46	7.2	58.2
5.5	1783.0	10.78	1621.0	7.00	7.9	59.1
6.0	1799.0	10.53	1634.0	4.44	5.4	38.3
6.8	1790.0	10.67	1630.0	4.47	5.4	38.1

¹⁾A washed brewers yeast slurry was autolyzed at 53°C for 20 h.

Table 6. Autolysis yield at the different concentration of yeast slurry¹⁾

Yeast slurry concentration (%)	Weight of brewers yeast slurry (g)	Weight of autolyzate (g)	Solid content of autolyzate (%)	Brix of autolyzate (Brix)	Autolysis yield (%)
5.3	2554.4	2122.5	2.41	3.0	38.0
9.4	1552.8	881.6	5.94	6.8	35.9
10.1	1206.8	898.9	4.62	5.5	34.1
12.7	1198.7	827.4	3.13	3.8	17.0

¹⁾A washed brewers yeast slurry was autolyzed at pH 6.8 and 53°C for 20 h.

시킨 후 원심 분리기로 상등액을 회수하여 고형분 함량과 수율을 측정된 결과는 Table 5와 같았다. pH 5.0과 5.5에서 맥주 효모를 자가 소화시킬 때 수율이 비슷하게 높아서 각각 58.2%와 59.1%를 나타낸 반면, pH 6.0과 6.8에서 자가 소화시키면 수율이 각각 38.3%와 38.1%로 낮았다. Hough와 Maddox⁽²⁵⁾에 의하면 효모 자가 소화에 관여하는 단백질 분해 효소의 최적 pH가 3.50~7.5인 것으로 보고하였으며, 제빵용 효모의 경우 pH 4.3~4.9가 최적인 것으로 보고하였다. 맥주 공장 부산물 효모를 pH 5.0이나 5.5에서 자가 소화시킬 경우 세포질의 단백질 성분이 단백질 분해 효소에 의해 아미노산 및 일부 펩티드 단위로 분해되어 세포질 밖으로 나와 자가 소화물의 상등액으로 용해되어 수율이 높았던 것으로 사료되며, pH 6.0과 6.8에서는 분해가 불충분하여 수율이 낮은 것으로 나타났다. 그러나 pH 5.0과 5.5에서 자가 소화시키면 얻어진 자가 소화물은 아미노산에 의한 맛 성분은 많으나 간장 맛에 가까운 맛을 나타내었으나, pH 6.0과 6.8에서 얻어진 자가 소화물은 아미노산에 의한 정미 성분 외에 덜 분해된 펩티드 성분에 의하여 맛이 더욱 깊어져 소고기 추출물(beef extract)에 가까운 새로운 맛이 얻어졌다. 이 점은 아미노산과 펩티드 분석 그리고 관여 효소의 최적 pH와 정확한 관능 검사를 통하여 규명할 필요가 있으며, 결론적으로 pH 5.0~5.5에서 분해하여 아미노산에 의한 간장 맛보다는 라면 스프 등에 소고기 추출물 대용으로 많이 사용되는 효모 자가 소화물의 용도를 생각하면 수율이 다소 낮더라도 pH 6.0~6.8 정도에서 분해하여 맛의 폭이 넓은 소고기 맛으로 유도해 내는 것이 더욱 바람직한 것으로 여겨졌다.

자가 소화 농도별 수율 변화

자가 소화를 시작할 때의 효모 고형분 농도를 5.3%(w/w)에서 12.7%(w/w)까지 각각 달리하여 pH 6.8, 53°C에서 20시간 자가 소화시킨 경우 자가 소화물 상등액의 고형분 함량과 수율은 Table 6과 같았다. 예상한 바와 같이 맥주 효모

슬러리를 희석하여 5.3%로 한 경우가 세포질 성분의 확산이 빨라 네 가지 시험구에서 가장 높은 수율인 38.0%를 나타냈으며, 9.4%와 10.1% 효모 고형분 농도에서는 수율이 약간 감소하여 각각 35.9%와 34.1%를 나타내었다. 그러나 효모 자가 소화물을 조미료로 사용할 경우 유통 과정 중의 부패를 방지하기 위하여 70% 이상의 고형분 함량으로 농축시키거나, 건조하여 분말 형태로 하기 때문에 5.3%와 같이 자가 소화 전의 효모 고형분 함량이 너무 낮으면 농축이나 건조 시 에너지 비용이 많이 들기 때문에 오히려 불리하다. 따라서 자가 소화 전의 효모 고형분 함량이 높을수록 에너지가 적게 소요될 것이나 12.7%로 고형분 농도를 높인 경우 수율이 고형분 농도 9.4%나 10.1% 경우의 절반에도 못 미치는 17.1%로 나타났다. 이로 볼 때 자가 소화 전 고형분 농도가 9~10%(w/w) 정도로 하는 것이 수율 향상이나 에너지 절약 측면에서 가장 바람직한 것으로 생각되었다.

요 약

맥주 공장 부산물 효모의 용도를 다양화하기 위하여 효모 슬러리를 자가 소화시키고 상등액을 농축하여 조미료로 이용할 수 있는 효모추출물을 제조하였다. 맥주 효모의 세포벽에 부착되어 있는 호프 쓴맛 성분을 제거하기 위하여 효모 슬러리에 20%(w/v) NaOH 용액을 가하여 pH 9.8로 맞추고, 약 5분간 방치한 후 즉시 원심분리하면서 물로 세척하였다. 세척 후 효모 쓴맛 정도는 24.1 bitterness unit(BU)로서 threshold value 25.0 BU 미만이었다. 세척한 효모를 자가 소화시킨 후 수율[(수득한 효모추출물의 고형분 무게)/(투입 효모슬러리의 고형분 무게)×100]을 조사한 결과, 효모슬러리 농도를 9~10%(w/w)로 하고, 온도 53°C, pH 6.8에서 20시간 이상 자가 소화시키면 34%(w/w)이상, 최대 38%(w/w)까지의 수율로 효모 추출물을 얻을 수 있었다.

문 헌

1. The Agriculture, Fisheries and Livestock News. The trend of production and sales in alcoholic beverage industries, pp. 468-484. In: Korean Annual Report of Food Industries. The Agriculture, Fisheries and Livestock News, Seoul (1997)
2. Ellison, J. The commercial utilization of waste brewery yeast. *The Brewer*. 601-606 (1973)
3. Nagodawithana, T. Yeast derived flavors and flavor enhancers and their probable mode of action. *Food Technol.* 11: 139-144 (1992)
4. Sugimoto, H. Changes of yeast extract preparation methods. *New Food Ind.* 36: 41-45 (1994)
5. Matsunaga, M. Physiological function of nucleic acid and its application. *Food Proc.* 29: 15-17 (1994)
6. Matsunaga, M. Properties and application of edible nucleic acid. *Food Proc.* 39: 92-94 (1997)
7. Guenter, W. and Helmut, G. Brewery effluent treatment: Recovery of surplus yeast. *The Brewers Digest*. 86-89 (1972)
8. Ishima, N. Yeast material and its preparation method. *JP* 9-103266 (1997)
9. Young, V.R., Scrimshaw, N.S. and Milner, M. Foods and plants. *Chem. Ind.* 17: 588-587 (1976)
10. Shetty, K.J. and Kinsella, J.E. Preparation of yeast protein isolate with low nucleic acid by succinylation. *J. Food Sci.* 44: 633-638 (1979)
11. Kim, J.S., Kim, J.W., Shim, W., Min, B.C., Kim, J.W. Park, K.H. and Pek, U.H. Development of *Saccharomyces cerevisiae* strains with high RNA content. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 465-474 (1999)
12. Kim, J.S., Kim, J.W., Shim, W., Kim, J.W. Park, K.H. and Pek, U.H. Preparation of flavor-enhancing yeast extract using a *Saccharomyces cerevisiae* strains with high RNA content. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 475-481 (1999)
13. Gerald, R. and Henry, J.P. Brewers yeast, pp. 237-303. In: *Yeast Technology*. Gerald, R. and Henry, J.P. (eds.). AVI Publishing Co., Westpost, USA (1973)
14. Dixon, I.J. and Leach, A.A. The adsorption of hop substances on the yeast cell wall. *J. Inst. Brew.* 74: 63-67 (1968)
15. Wackerbauer, B. and Balzer, U. Hop bitter compounds in beer. *Brauwelt Int.* 144-148 (1992)
16. Acramen, A.R. Processing brewers yeasts. *Process Biochem.* 1: 313-317 (1966)
17. Karata, S., Itagaki, D. and Kono, I. Debitting method of brewers yeast. *JP* 55-162983 (1980)
18. Takata, H. Flavor improvement of brewers yeast. *JP* 63-22177 (1988)
19. Kim, J.S. Washing for debittering of brewers yeast slurry. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 205-208 (2001)
20. Lee, C.H., Park, C.R. and Chung, K.S. Changes in the chemical composition and flavor of yeast extracts during the autolysis of baker's yeast. *Korean J. Food Sci. Technol.* 13: 181-187 (1981)
21. Lee, Y.C. and Kim, Y.S. Development of a new processing method and quality evaluation of yeast autolyzate. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 78-82 (1993)
22. Lee, S.K., Park, K.H., Pek, U.H. and You, J.H. Preparation of brewers yeast extract by enzymatic method. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 21: 276 (1993)
23. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1990)
24. ABSC. Bitterness units, p. 23. In: *International Method of ABSC*, ABSC (eds.). New York, USA (1976)
25. Hough J.S. and Maddox, I.S. Yeast autolysis. *Process Biochem.* 5: 50-53 (1970)

(2002년 12월 26일 접수; 2003년 3월 18일 채택)