

전통주 제조용 발효제의 특성 및 진균류의 분리

정승찬, 유미정, 조윤경, 이종수

배재대학교 자연과학대학 유전공학과·바이오의약연구센터

Characteristics of Traditional Wine-Koji and Isolation of Fungi

Seung-Chan Jeong, Mi-Jung Yu, Yun-Kyoung Cho and Jong-Soo Lee

Department of Genetic Engineering and Bio-medicinal Resource Research Center, Pai Chai University, Deajeon, 302-735 Korea

고부가가치를 가진 전통 민속주를 개발하기 위하여 먼저 시중에서 구입한 전통주 발효제의 미생물 분포를 조사한 결과, 세균이 가장 많았고(1.3×10^7 CFU/g-koji), 효모와 곰팡이는 비슷하게 분포하였다. 또한, 발효제의 amylase 활성은 120.0 Unit/g 이었고, protease 활성은 36.6 Unit/g 이었다. 전통주 발효제로부터 최종 6균주의 효모들이 분리되었고 *Hansenula alni* (No 1), *Hansenula canadensis* (No 2), *Hansenula silvicola* (No 3), *Hansenula californica* (No 4), *Hansenula beijerinckii* (No 9), *Hansenula saturnus* var. *sturnus* (No 11) 등으로 동정되었으며 *Saccharomyces* 속균은 분리되지 않았다. 전통주 발효제로부터 14균주의 곰팡이를 순수분리하여 동정한 결과 1번~41번 균주들은 *Rhizopus* sp.으로 추정되었고, 나머지 46번, 53번과 64번 균주들은 모두 *Aspergillus* sp.로 추정되었다. 이 균주들 가운데 *Rhizopus* sp. 균들은 α -amylase 활성이 없었고, 오직 *Aspergillus* sp. (46번 균주)만이 α -amylase 활성이 5 Unit 이었으며 *Rhizopus* sp.인 8번 균주의 protease 활성이 45.2 Unit으로 가장 높았다.

Microflora and enzyme activity of traditional wine-koji were investigated. Bacteria was contained the greatest of 1.3×10^7 CFU/g-koji, and its amylase and protease activities were 120.0 u/g and 36.6 u/g, respectively. 6 Kinds of yeast were isolated from the koji and

identified as *Hansenular alni* (No 1), *Hansenular candidensis* (No 2), *Hansenular silvicola* (No 3), *Hansenular californica* (No 4), *Hansenular beijerinckii* (No 9) and *Hansenular saturnus* var. *sturnus* (No 11). Furthermore, 14 kinds of mold were also isolated from the koji and identified as *Rhizopus* sp.(No 1~41, 11 species) and *Aspergillus* sp.(No. 46, 53, 64, 3 species). Only *Aspergillus* sp. No 46 was showed α -amylase activity of 5.5 Unit and protease activity of *Rhizopus* sp. No 8 was the highest of 45.2 Unit.

Keyword: Traditional wine-koji, fungi, enzyme activity.

I. 서론

전통 민속주는 오래전부터 우리 고유의 특유한 방법에 의해서 주로 쌀과 약용식물의 잎이나 뿌리 등을 원료로 제조되는 술로서 제조과정 중에 이들 원료로부터 각종 생리기능성 물질이 생성되거나 용출되므로 건강증진 측면에서 최근 소비가 급증하고 있고 새로운 형태의 민속주들이 속속 개발되어 시판되고 있다.

현재 민속주는 순곡주와 약용주 및 기타 제재주 형태로 50여종 이상의 독특한 발효제와 원료를 사용하여 특유의 방법으로 제조되어지고 있다.¹⁾ 특히 최근 전통 민속주의 수요가 급증되면서 알콜 해독과 건강 보조 및 질병 예방 등 생리 기능성을 가진 민속주와 관련 주류들이 속속 개발되고 있다. 인삼, 구기자, 두충, 감초, 오미자, 산유주, 숙지황, 매실, 탕자, 사삼, 질경, 자약, 당귀, 천금 및 동충하초 등의 침출주들이 개발되었으며 이들의 생리 효능이 부분적으로 보고되어 있다.^{2,3)}

발효제는 전분을 당화시키는 효소를 생산하는 곰팡이를 배양해 놓은 것으로 국, 입국, 분국 등으로 구분된다.⁴⁾ 즉 누룩은 조분쇄한 생전분질 원료와 물을 혼합해 일정한 크기로 성형하여 원료에 부착한 미생물뿐 아니라 공기 중의 야생 미생물의 자연 접종으로 제조된다.⁵⁾ 한국의 전통적 누룩은 오래전부터 쌀 약주와 탁주 제조에서 전분 분해 효소 및 발효 미생물원으로 사용된 긴 역사를 지닌 미생물 유기체로서 소맥을 주 원료로 하여 제조되어 왔으며, 소맥의 분쇄 정도에 따라 거친 것은 조곡, 고운 것을 분곡으로, 계절에 따라 춘곡, 하곡, 절곡, 동곡으로 분류되고 있다. 제조방법은 증자과정을 거치지 않고 분쇄한 생소맥분에 수분을 약 30~40%로 가하고 원형판으로 성형하여 충분한 발효기간을 거친 후 건조시키는 것으로 이러한 과정 중 세균, 효모, 곰팡이

등의 미생물이 착생, 번식하게 되고 이들은 주조시 액화 및 당화, 알콜 발효 등의 중요한 역할을 하게 된다. 즉, 술을 담글 때 누룩 중에 번식한 미생물에 의해 생성된 *amylase*, *protease* 등의 효소작용으로 전분과 단백질은 당과 아미노산 등으로 분해되고, 효모에 의한 알콜 발효가 동시에 행해지는 복합발효가 일어나는 것이다.

재래식 전통 누룩 중 *amylase activity*가 우수한 곰팡이와 알콜 발효성이 우수한 효모균주들은 증가하지 않은 생밀가루를 선호하여 착생, 번식되는 미생물들이기 때문에 생전분 발효성도 있으며 사상균의 효소 작용 이외에 α -*amylase*의 활성이 높은 *Bacillus* sp. 등의 작용도 기대할 수 있고, 젖산균과 *Rhizopus* sp. 등에 의한 유기산 생성으로 맛과 향기 증진이 일어날 수 있다.⁶⁾

누룩 중에는 많은 종류의 사상균, 세균과 효모류가 존재하여 당화제와 발효제의 역할을 동시에 수행할 수 있다. 특히 누룩의 당화력은 주로 누룩사상균인 *Aspergillus* sp.와 *Rhizopus* sp. 등에 의하여 생성된다. *Aspergillus* sp.와 *Rhizopus* sp. 사상균은 우리 인간의 생활과 밀접한 관계를 맺어 왔으며 많은 종류의 효소를 생성한다고 알려져 있다.⁵⁾

한편 누룩은 자연발효상태에서 미생물을 증진 시킨 것이므로 때에 따라 당화력이 낮고 발효력이 다소 낮은 단점이 있어 저온 담금법으로 누룩의 단점을 보완하고 각종 가향 약용재료를 부원료로 첨가하여 다양한 풍미의 술을 양조한다⁷⁾.

비록, 우리 민속주의 소비가 근래에 크게 증가하여 지난해 시장규모가 약 2200억원 정도로 신장하였지만 수입 위스키와 맥주의 약 3조원 규모에는 비교가 안 될 정도로 시장 규모가 작은 실정이다. 따라서 전통 민속주의 주질 개선과 제조 방법의 과학화 및 저장성 등의 연구와 병행하여 품질 고급화를 통한 새로운 고부가가치를 가진 전통 민속주 개발에 관한 연구가 절실히 요구되고 있다.

본 연구에서는 고부가가치를 가진 전통 민속주를 개발하기 위하여 먼저 일부 전통주 제조에 사용되고 있는 발효제의 미생물 분포와 각종 효소 활성을 측정하고 이들로부터 산업적으로 응용성이 큰 곰팡이와 효모를 분리, 동정한 후 이들의 특성을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료, 배지 및 시약

전통 발효제는 현재 시판되고 있는 DS 민속주의 발효제를 구입하여 사용하였다.⁸⁾

에탄올과 염류 등의 각종 내성 실험과 알코올 발효 실험에는 20% glucose를 함유한

YPD배지를 사용하였고 곰팡이와 세균의 분리용 배지로는 각각 Streptomycin을 50 μ g/ml 함유한 PDA 배지와 육즙배지를 사용하였다.⁸⁾

또한 cycloheximide는 Wako화학사(일본) 제품을 사용하였고 기타 일반 시약은 분석용 특급을 사용하였다.⁹⁾

2. 발효제로부터 미생물의 분리 및 동정

전통주 발효제 1g을 30ml의 멸균수에 현탁시킨 후 10분간 실온에서 정치한 다음 상등액 10 μ l를 취하여 100배 희석시킨 후 육종 한천배지, 50 μ g/ml의 streptomycin을 함유한 YPD 배지와 PDA 배지에 각각 도말한 후, 각각 37 $^{\circ}$ C, 30 $^{\circ}$ C, 25 $^{\circ}$ C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양한 후 각각의 배지에서 생존하는 세균, 효모, 곰팡이의 colony 수를 측정하여 미생물 분포(microflora)를 조사하였다. 또한 분리 곰팡이들의 동정은 이들을 PDA배지에 접종하여 25 $^{\circ}$ C에서 5일간 slide 배양한 후 형태와 포자, 균사의 특징 등을 광학 현미경으로 조사하여 곰팡이 동정법을 이용하여 동정하였다.⁶⁾

효모들도 각 균들의 형태학적, 생화학적 특성 등을 효모의 분류동정법¹⁰⁾에 따라 조사한 후 Lodder의 The Yeast, a taxonomic study¹¹⁾로 동정하였다.

3. Amylase와 Protease 활성 측정

α -amylase 활성은 이 등¹²⁾의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다. 10개의 시험관에 효소액을 각각 1ml, 0.5ml, 0.25ml 씩 첨가한 후 각 관에 1% 가용성 starch액 5ml와 toluene 2~3방울을 첨가한 다음 38 $^{\circ}$ C의 shaking water bath에서 2시간 반응시켰다. 여기에 Iodine액 수 방울을 첨가하여 청색이 나타나지 않는 효소량을 정하여 활성으로 하였다. 효소 단위는 표준 조건하에서 효소액 1ml가 1분 동안 1g의 starch를 분해하는 것을 1unit로 하였다.

또한 단백질 분해 효소활성은 먼저 0.5M NaHCO₃-NaOH 완충액(pH 7.5)에 녹인 0.6% casein 용액 2.5ml에 조효소액 0.5ml을 가하여 30 $^{\circ}$ C에서 10분간 반응시킨 후 TCA 혼합액(50% TCA 36ml, 1M CH₃COONa 200ml, 1M CH₃COOH 330ml의 혼합액에 증류수를 가하여 1L로 함) 2.5ml을 가하여 상온에서 20분간 방치한 다음 5000rpm에서 15분 동안 원심분리하였다. 이 상등액 1ml에 0.55M Na₂CO₃ 2.5ml와 1N folin 시약 0.5ml을 가하여 38 $^{\circ}$ C에서 30분간 발색 시킨 후 660nm에서 흡광도를 측정하였고, 효소 단위는 표준 조건하에서 1분에 1 μ g tyrosine 상당량의 folin 발색성 비단백성 물질을 생성하는 것을 1unit로 하였다.¹⁰⁾

4. 효모의 각종 내성

YPD배지에 glucose는 50%, NaCl과 에탄올은 20% 첨가하고 30℃에서 2~4일간 시험균주를 배양한 후 생육 정도를 분광 분석기 660nm에서 흡광도를 측정하여 이들의 내성을 조사하였다.^{8,12)}

또한 화학제에 대한 내성은 효모의 생육을 억제하는 것으로 알려진 cycloheximide를 YPD배지에 1000ppm까지 첨가한 후 위와 같은 방법으로 시험균주의 내성을 조사하였다.⁸⁾

5. 발효 및 에탄올 정량

20%의 glucose를 함유한 YPD배지 (pH 5.0)에 청양군에서 가져온 구기자 전통주 발효균주 전배양액을 5%첨가하여 30℃에서 4일간 발효시켰다. 발효액의 에탄올 함량은 상법에 따라 일반 수증기 증류법으로 측정하였다.^{8,13)}

6. 당의 자화성과 발효성

분리 균주의 당 자화성과 발효성을 조사하기 위해 glucose, galactose, sucrose, lactose, maltose, raffinose, soluble starch, xylose, arabinose, sorbitol, inositol, inulin, erythritol, melezitose, citric acid를 5ml에 대한 0.5%를 4.5ml에 녹인 다음 멸균 한 후 yeast nitrogen base를 제균여과하여 0.5ml첨가한 후 접종하여 30℃에서 3일간 배양하였다.¹⁴⁾

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 발효제의 미생물 분포 및 효소활성

발효제 추출물 일정량을 각각 NBA 배지, 50 μ g/ml streptomycin을 첨가한 YPD 배지, 50 μ g/ml streptomycin을 첨가한 PDA 배지에 spreading한 후, 37℃, 30℃, 25℃에서 배양한 후 생균수를 측정한 결과 Table 1.에서 보는 바와 같이 세균의 집락수는 1.3×10^7 (CFU/g), 곰팡이는 4.4×10^6 (CFU/g)이었다. 세균이 다른 두 미생물보다 많은 것은 아마도 발효제의 보관 장소가 다습한 곳이었고 따라서 발효제의 수분활성도(Aw)가 높아 세균의 생육에 적합하였기 때문인 것으로 추정된다.

발효제의 amylase 활성과 protease의 활성을 측정한 결과 amylase 활성은 120.0 Unit/g 이었고, protease 활성은 36.6 Unit/g이었다(data not shown). 주류제조에서는 protease 활성보다 amylase 활성이 술의 생산 수율에 직접적으로 영향을 미치므로 매우 중요하다. 따라서 본 발효제는 높은 amylase 활성을 갖고 있으면서 동시에 술의 맛과 향에 관여하는 protease 활성도 어느정도 있으므로 주류공업에 매우 적합한 발효제로 생각된다.

Table 1. Viable cell counts of traditional wine-koji

(Unit; CFU/g)

Bacteria	Yeast	Mold
1.3 X 10 ⁷	1.3 X 10 ⁹	4.4 X 10 ⁹

2. 효모의 분리, 동정 및 알콜발효

전통주 발효제에서 최종 6주의 각기 다른 효모들을 분리하였고, 이들의 형태학적, 배양학적, 및 생리 생화학적 특성과 당 이용성(발효성) 등을 조사하였다. 먼저 Table 2은 형태학적 특성을 나타낸 것으로 난형 또는 구형의 모양으로 출아에 의한 무성생식을 하였고 모자 모양의 포자를 형성하였으며 의균사를 형성하지 않았다.

Table 3는 생리 생화학적 특성을 나타낸 것으로 모두 질산염을 자화시켰으며 urease 활성은 2, 9, 11번 균주를 제외하고는 없었다. 또한 cycloheximide에 대하여 1000ppm까지도 내성을 나타내었고 pellicles를 형성하는 것으로 관찰되었다.

각종 당에 대한 자화성과 발효성을 Table 4에 나타내었다. glucose에 대해서는 3, 4, 9, 11번 균주가 발효를 시켰고 glucose, galactose, sucrose, maltose, xylose, sorbitol 등을 모두 자화시켰다.

이러한 특성들을 종합하여 The Yeast, a taxonomic study로 동정한 결과 6균주 중 1번 균주는 *Hansenula alni* 로, 2번 균주는 *Hansenula canadensis* 로 동정되었다. 나머지 3번 균주는 *Hansenula silvicola* 로, 4번 균주는 *Hansenula californica* 로, 9번 균주는 *Hansenula beijerinckii* 로 동정되었고 마지막 11번 균주는 *Hansenula saturnus* var. *saturnus* 로 동정되었다. 그러나 *S. cerevisiae* 등과 같은 *Saccharomyces* 속균은 분리되지 않았는데 이는 아마도 분리 균주중 일부가 생성하는 killer toxin에 의해 이들의 생육이 억제되었거나 발효제 제조중 첨가되는 특정 약용식물에서 이들의 생육을 저해시키는 물질이 용출되었기 때문인 것으로 추정된다. 또한 이와같이 발효제에 주로

Hansenula 속균들이 많이 분포하는 것으로 보아 자체의 알콜 발효력이 매우 미약할 것으로 추정되고 따라서 전통주 제조시 보다 효율적인 에탄올 생산을 위해 별도의 효모를 첨가하는 것이 좋을 것으로 추정된다.

한편 최종 분리 균주의 알콜 생성량을 조사한 결과(Table 5), 3번 균주가 약 3% 정도의 낮은 알콜 생성량을 보였을 뿐 여타의 효모는 알콜을 생성하지 않았다.

Table 2. Morphological characteristics of the finally isolated yeasts

Isolated strain No.	Cell shape	Vegetative reproduction	Ascospore (shape)	Pseudomycelium
1	Spherical~torula type	Budding	1 ~ 4 (H)	-
2	Spherical~torula type	Budding	1 ~ 4 (H)	-
3	Spherical	Budding	1 ~ 4 (H)	-
4	Spherical~torula type	Budding	1 ~ 4 (H)	-
9	Torula type	Budding	1 ~ 4 (H)	-
11	Spherical~torula type	Budding	1 ~ 4 (H)	-

* (H) : hat shape

Table 3. Physiological characteristics of the finally isolated yeasts

Isolated strain No.	Growth						cycloheximide resistance		EtOH 20%	Pellicles formation	Urease activity	Assimilation of nitrate	TTC colorization test
	50% Glucose YPD	20% NaCl YPD	Pigment	1% Acetic acid	Vitamine free medium	37 ^o	100ppm	1000ppm					
1	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	R.P
2	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	R.P
3	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	R.P
4	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	P
9	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	R
11	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	R.P

* P: Pink, R: Red, RP: Reddish pink

Table 4. Assimilation and fermentation of carbon sources of the finally isolated yeasts

Isolated strain No.	Glu.	Gal.	Suc.	Lac.	Mal.	Raf.	S. starch	Xyl.	Ara.	Sor.	Ino.	Inu.	Ery.	Mel.	Citric acid
1	+ (-)	+ (-)	+ (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	+ (-)
2	+ (-)	+ (-)	+ (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	+ (-)
3	+ (+)	+ (+)	+ (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	+ (+)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
4	+ (+)	+ (-)	+ (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
9	+ (+)	+ (+)	+ (+)	- (-)	+ (+)	- (-)	- (-)	+ (+)	- (-)	+ (+)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
11	+ (+)	+ (+)	+ (+)	- (-)	+ (-)	- (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	- (-)	+ (-)	- (-)	- (-)

* () : fermentation

Table 5. Alcohol fermentation of the finally isolated yeasts

Isolated strain No.	Ethanol content (%)
1	n.d*
2	n.d
3	3.0
4	n.d
9	0.8
11	n.d

* n.d; not determined

3. 곰팡이의 분리, 동정 및 효소 활성

발효제로부터 50µg/ml streptomycin을 첨가한 PDA 배지를 사용하여 최종적으로 14개의 곰팡이를 순수분리하였다.

형태학적인 특성을 광학 현미경을 이용하여 조사한 결과 청록색~검정색을 띠는 포자와 균사를 가진 균들과 검정색만 띠는 포자와 균사를 가진 곰팡이들이 주로 분리되었다. 이들 균들의 포자낭, 가근과 포복지 형성, 정낭과 분생포자 등을 관찰하여 동정한 결과 1번 균주부터 41번 균주까지는 대체로 *Rhizopus* 속균으로 추정되었고 46번, 53번, 64번 균주들은 *Aspergillus* 속균으로 추정되었다(data not shown).

한편, *Rhizopus* sp.과 *Aspergillus* sp.을 각각의 PDA 액체배지에서 5일 배양하여 원심분리한 후 각각의 상등액의 amylase 활성을 측정하였다. Table 6에서 보는 바와 같이

Aspergillus sp.인 53번에서만 당화력이 5 Unit을 보였을 뿐 여타의 곰팡이들에서는 효소활성이 없었다. 이는 위에서 제시한 발효제 자체의 당화력(120 U/g)에 훨씬 못 미치는 활성으로 발효제에 분포하는 곰팡이보다는 발효제의 원료로 사용한 각종 곡류나 약용식물이 높은 α -amylase 활성을 갖고 있는 것으로 생각된다.

또한, *Rhizopus* sp.과 *Aspergillus* sp.을 각각의 PDA 액체배지에서 5일 배양하여 protease 활성을 측정한 결과 1번과 39번 균주들을 제외하고 모든 균주들이 protease 활성을 갖고 있었다. 특히 8번 균주는 45.2 Unit의 비교적 높은 효소활성을 보여서 이를 이용한 장류 산업 등에 응용성이 클 것으로 추정된다.

Table 6. Enzyme activities of the finally isolated molds

Isolated strain No.	Amylase activity (Unit)	Protease activity (Unit)
1	n.d*	n.d
4	n.d	12.4
5	n.d	4.2
8	n.d	45.2
10	n.d	4.6
16	n.d	17.3
27	n.d	36.8
38	n.d	29.7
39	n.d	n.d
40	n.d	9.1
41	n.d	15.0
46	n.d	24.5
53	5.0	5.4
64	n.d	3.6

* n.d ; not determined

IV. 참고 문헌

1. 김재호. 2002. 전통 민속주의 생리 기능성 탐색. 한국식품과학회지. 34(1):118-122
2. 이대형, 김재호, 김나미, 이종수. 2002. 케모마일(*Matricaria chamomile*)을 이용한 전통 민속주의 제조 및 생리기능성. 한국식품과학회지. 34(1):109-113
3. 이대형, 김재호, 김나미, 박정식, 이종수. 2002. 눈꽃동충하초(*Paecilomyces japonica*)를 이용한 민속주의 제조 및 생리 기능성. 한국균학회지. 30(2):142-146
4. 김찬조, 김교창, 이석건. 1988. 발효공학. 선진문화사. p85
5. 정혁준. 2001. *Aspergillus coreanus* NR 15-1과 *Aspergillus oryzae* NR 2-5의 원형질체 형성의 최적 조건. 한국산업미생물학회지. 29(1):12-17
6. 박정용, 이계호, 이찬용. 1995. 한국 전통 누룩에 존재하는 사상균의 분리 동정 및 Amyolytic 효소 활성. 한국산업미생물학회지. 23(6):737-736
7. 김태영. 1997. 전통 누룩과 민속주의 양조특성. 생물산업. 10(3):3017-3026
8. 김재호, 김나미, 이종수. 1999. 메주에서 분리한 고온성 효모 *Saccharomyces cerevisiae* OE-16의 생리적 특성과 알코올 발효. 한국식품영양학회지. 12(5):490-495
9. Lee. J. S., Y. J. Chio, S. J. Kwon, J. Y. Yoo and D. H. Chung, 1996. Screening and characterization of osmotolerant and gas-producing yeast from traditional *Doenjang* and *Kochujang*. *Foods Science and Biotechnology*. 5(1):54-58
10. 정승찬, 현광욱, 김재호, 이종수. 2001. 내염성 효모의 분리 및 세포의 Protease의 생산. 한국생물공학회지. 16(2):158-162
11. Kreger-van, F. 1984. The yeast, a taxonomic study, 3rd ed. Elsevier Sci. Amsterdam. p. 90-105
12. 이종수, 이성훈, 권수진, 안철, 유진영. 1997. 재래식 메주에서 분리한 효모들의 각종 효소 활성과 가능성. 한국산업미생물학회. 25(5):448-453
13. 정재호, 목철균, 임상빈, 박영서. 2003. 복숭아주 발효시 이화학적 특성 변화와 한외여과에 의한 품질향상. 한국식품영양과학회지. 32(4):506-512
14. 이종수, 이성훈, 권수진, 안철, 유진영. 1997. 재래식 메주로부터 효모의 분리, 동정 및 배양조건. 한국산업미생물학회. 25(5):435-441