

*Saccharomyces cerevisiae*를 이용한 호박분말의 알코올발효 특성

이상목 · 조규성[†]

안성산업대학교 식품공학과

Alcohol Fermentation of Ripe Pumpkin(*Cucubita moschata* Duch.) by *Saccharomyces cerevisiae*

Sang-Mok Lee and Gyu-Seong Cho[†]

Dept. of Food Science and Technology, Anseong National Polytechnic University, Kyunggi-do 456-749, Korea

Abstract

In order to investigate the characteristics of alcohol fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*, compositions and free sugar content of dried riped pumpkin powder were determined. The proximate compositions of ripe pumpkin powder were as follows: moisture 11.98%, total sugar 62.18% (dried weight basis 70.64%), protein 13.38%, lipid 0.85%, fiber 7.07% and ash 4.54%. The compositions of free sugar in well ripe pumpkin were: glucose 85.36mg/g, fructose 40.68mg/g, sucrose 68.25mg/g, lactose 18.60 mg/g and maltose 3.82mg/g. The optimum conditions for alcohol fermentation by *S. cerevisiae* were as follows; incubation temperature of 30°C, initial pH of 6.0, ripe pumpkin powder concentration of 10% and cells inoculation of 1.3×10^6 cells/ml liquid medium. Ethanol production under the optimum conditions was 5.85g/100g in liquid medium containing 10% ripe pumpkin powder after 4 days incubation.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae*, pumpkin, alcohol fermentation

서 론

호박(*Cucurbita* spp.)은 박과에 속하는 일년생의 넝쿨식물로 열대아메리카가 원산지이며, 이들은 크게 동양계 호박(*C. moschata* Duch.)과 서양계 호박(*C. maxima* Duch.) 및 페포호박(*C. pepo* L.) 등 3가지로 구분하며, 현재 우리나라에서 재배되고 있는 호박은 종류와 품종이 여러가지가 있지만 동양계 호박이 주종을 이루고 있다(1).

호박은 성숙함에 따라 당질 등의 영양성분이 증가하게 되어 주식으로도 가치가 높아서, 옛부터 우리나라에서는 늙은 호박(완숙호박)의 구수하면서도 들끓한 맛을 이용하여 호박죽, 호박범벅, 물호박떡 등 간단한 주식 또는 간식으로 이용한 별미식품의 제조에 이용하였으며, 또 위장이 약한 사람, 회복기 환자, 산후에 부기가 난 사람들에게 좋은 식품으로도 전래 활용되어 왔다(2). 그러나 지금은 국민 생활패턴이 점차 현대화, 서구화 되어 감에 따라 그 이용빈도는 급격히 줄어들었으나, 최근 우리 것을 찾자는 바람이 일기 시작하

면서 호박 가공제품(3-8)을 생산, 수출상품으로까지 개발하기에 이르렀다. 특히 호박은 가식부에 탄수화물, 단백질 등의 화학성분(9,10)을 비롯하여, 비타민(11,12), carotenoid 등의 색소(13), 향기성분(14,15) 등을 가지고 있어서, 그 활용도 개발(16)이 다양하게 검토되고 있다. 예를 들면, 호박죽(7), 호박꿀차(8), 호박음료(7,17), 호박건조분말(18), 호박푸레, diced piece(19) 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 완숙호박 중에 탄수화물이 건물 중으로 70% 이상 함유하고 있는 점을 감안하여, 늙은 호박(ripened pumpkin, 완숙호박)의 유리당 함량을 측정하고, 호박의 당을 이용하는 알코올발효 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

시료호박

본 실험에 사용한 호박은, 1994년 경기도 평택시 팽성읍에서 수확한 동양계 호박으로서, 표피와 종자를 제거하고, 육질을 분리하여 40°C의 열풍에서 3일간 건

[†]To whom all correspondence should be addressed

조한 다음 5°C의 냉장고에 보관하면서 알코올발효의 원료로 사용하였다.

일반성분

수분은 105°C 직접건조법, 조지방은 ethyl ether을 이용한 Soxhlet추출법, 조단백은 micro-Kjeldahl법(N×6.25), 회분은 600°C의 직접회화법, 조섬유는 AOAC 법으로 각각 정량하였다(20).

사용균주

본 실험에 사용한 효모는 시판 건조효모(*Saccharomyces cerevisiae*, 조흥화학제품, 서울)를 4% 포도당 액체배지, 30°C, 24시간 배양하여 활성화시킨 후, Hayduck 씨 액체배지에서 배양(30°C, 24시간)하여 종균으로 사용하였다.

호박중의 유리당 분석

호박 중의 유리당 분석은 시료 10g을 Olano 등(21)의 방법에 따라 처리한 다음 HPLC(Waters 740 Data Modul, ALC-244, USA)를 이용하여 분석하였다.

알코올발효 조건의 선정

호박 시료 10g과 증류수 200ml를 500ml용 삼각플라스크에 넣고 가압멸균(120°C, 20분)한 후, 미리 준비한 종균액을 접종(1.3×10^6 cells/ml)하여 배양기간(0, 1, 2, 3, 4일)에 따른 발효액의 알코올발효 최적 조건 선정을 위하여, 배양온도(20~35°C), 초기 pH(4~8) 및 호박의 양(5~20g/200ml)을 각각 다르게 조절하여 조사하였다(22).

발효액의 성분분석

알코올함량 측정

알코올의 정량은 발효액 50ml를 상압증류하여 얻은 증류액 40ml에 물을 채워 50ml로 정용한 후, 2ml를 삼각플라스크에 취하고, K₂Cr₂O₇용액(34g K₂Cr₂O₇+325ml H₂SO₄/L) 10ml를 넣고 발색시킨 후, spectrophotometer(Shimadzu-uv 160, Japan)로 600nm에서 표준검량선을 이용하여 정량하였다(23).

총당량 측정

발효액 20ml에 2.5% HCl 200ml를 가하여 가수분해시킨 다음, Bertrand법으로 당량을 측정(20)하였으며, 이때의 배양액 중의 당 소비율 및 발효율을 다음 식에 따라 산출하였다.

$$\text{당소비율(\%)} = \frac{\text{발효직전의 당량} - \text{잔당량}}{\text{발효직전의 당량}} \times 100$$

$$\text{발효율(\%)} = \frac{\text{발효액중의 알코올 함량(g)}}{\text{배양액중의 전당량(glucose)} \times 0.511} \times 100$$

CO₂ 생성량측정

배양액 중의 CO₂의 생성량은 효모 균체를 접종한 다음에 30°C로 배양하면서, 일정시간 마다 배양 플라스크의 중량을 측정하여, 그 감량을 CO₂의 생성량으로 하였다.

생균수 측정

배양액 중의 생균수 측정은 발효액 0.5ml를 취하여 0.1% methylen blue액으로 생체염색한 다음, Thoma 혈구계수기로 측정한 총 균수에서 사멸세포를 제하는 방법으로 생균수를 측정하였다(24).

Amylase의 처리

호박분말을 기질로 하여 효모의 알코올 발효력을 높이기 위하여 혼합 amylase(1% 사용시 optimum activity 480KNU/g, Nobo사)를 2%씩 첨가하여, 온도 60°C, pH 6.0으로 조정하여 6시간 처리한 다음, 효모를 접종하여 30°C, 60rpm에서 4일간 진탕배양하면서 알코올 함량을 측정하였다.

결과 및 고찰

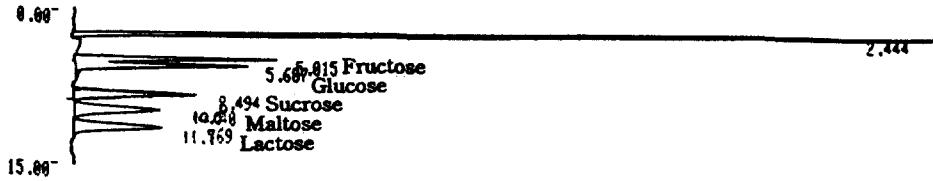
호박의 일반성분

본 연구에서 사용한 호박분말의 수분 함량은 11.98% 이었고, 총 당질은 62.18%(건물 중으로 70.64%)였으며, 조단백, 조지방, 회분, 조섬유는 각각 13.38%, 0.85%, 4.54% 및 7.07%의 조성을 보였다. 이는 신 등(7)이 분석한 일반성분 수분 82.7%, 단백질 1.2%, 지질 0.2%, 당질 14.2%(건물 중 82.08%), 섬유 0.8%, 회분 0.9%와는 다소 함량차를 보이고 있으며, 또 식품성분표(25)의 호박꼬지의 함량(수분 15.6%, 단백질 11.5%, 지질 1.3%, 당질 62.6%, 섬유질 4.4%, 회분 4.6%)과 비교하면 단백질과 회분 함량은 많지만, 다른 성분은 비슷한 경향을 보였다. 이러한 결과는 호박의 품종과 생산지, 수확시기 등의 차이 때문으로 생각된다.

호박의 유리당 함량

완숙호박 중의 유리당을 HPLC로 분석한 결과의 HPLC-chromatogram은 Fig. 1과 같으며, 이때 완숙호

Standard sugars



Riped pumpkin

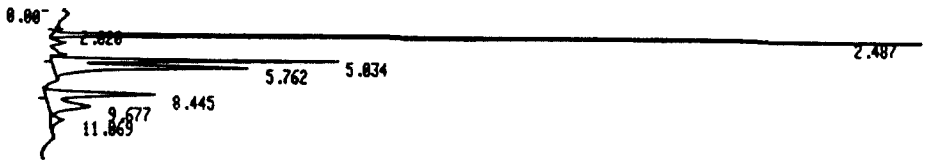


Fig. 1. HPLC chromatogram of free sugars in ripe pumpkin.

[Operating conditions]

Instrument: Waters 740 Data Modul Waters Associate Inc., ALC-244, USA

Column: Waters Carbohydrate analysis column 3.9×300 mm

Column temp.: 85°C, Detector: RI-Detect 32X

Flow rate: 1.5ml/min, Mobile phase: Acetonitrile: Water(17 : 83, v/v)

Free sugar(mg/g)=(SPA×SSC×D)/(SSPA×SW)

SPA; sample peak area SW; sample weight

SSC; sugar standard concentration

D; dilution SSPA; sugar standard peak area

박 중의 유리당은 glucose, fructose, sucrose, lactose 및 maltose가 각각 확인되었으며, 그 함량은 각각 glucose 85.36mg/g(총 유리당의 39.39%), fructose 40.68 mg/g(총 유리당의 18.77%), sucrose 68.25mg/g(총 유리당의 31.50%), lactose 18.60mg/g(총 유리당의 8.58%) 및 maltose 3.82mg/g(총 유리당의 1.76%)을 함유하고 있었다. 이처럼 호박속의 유리당은 glucose, fructose, sucrose, lactose, maltose 등이 확인되므로 호박속의 유리당의 유형을 확인할 수 있었다. 석 등(16)은 호박분말의 저장 중 빛의 영향에 대한 유리당 함량의 변화를 Ion Chromatography법으로 조사하였다. 즉 호박분말은 저장기간에 따른 유리당 함량의 변화는 없었고, 호박분말 중의 유리당은 fructose(9.84%), glucose(17.25%), sucrose(5.50%)의 조성으로, 이들 중 glucose가 가장 높아 전체 유리당의 53%를 차지하였으며 fructose, sucrose의 순으로 나타났다고 보고 하였다. 이를 본 실험의 결과와 비교하면 sucrose 함량은 비슷하나, glucose와 fructose는 거의 2배 가량 많은 결과로, 이와 같은 차이는 시료의 차이 및 분석방법에 기인한 것으로 생각한다.

알코올발효에 미치는 효과

호박분말의 알코올발효에 미치는 최적 조건을 선정하기 위하여 배양온도, 초기 pH, 호박분말의 농도 등 몇가지 조건을 조사한 결과는 Table 1~3과 같다.

배양온도

호박분말 10g, 배양액 pH 6.0, 효모 접종량 1.3×10^6 cells/ml로 하고서, *S. cerevisiae*의 배양온도를 달리하여 알코올발효를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 이때 알코올 함량과 균체의 증식량을 조사한 결과는, 배양온도 30°C로 4일 배양에서 알코올 함량 5.60g/100g과 균체량 6.4×10^8 cells/ml로 가장 좋은 상태를 보였다. 다음은 25°C와 35°C로 각각 4.08g/100g, 5.5×10^8 cells/ml 및 3.82g/100g, 5.1×10^8 cells/ml로 나타났다. 이러한 효모의 배양온도는 일반적으로 알려진 배양온도에서와 같이 생육이 양호함을 알 수 있다. 따라서 이하의 실험에서는 배양온도를 30°C로 하였다.

초기 pH

호박분말 10g, 배양온도 30°C, 효모 접종량 1.3×10^6 cells/ml로 하고서, 배양액의 초기 pH를 달리한 때의

Table 1. Effect of fermentation temperatures on the production of ethanol in the ripe pumpkin powder by *S. cerevisiae*

Days	20°C		25°C		30°C		35°C	
	Alc. ¹⁾	Cells ²⁾	Alc.	Cells	Alc.	Cells	Alc.	Cells
1	0.86	0.2	1.60	0.5	2.28	1.8	2.01	1.4
2	2.47	2.0	2.94	2.1	4.53	4.2	3.11	4.3
3	3.02	4.5	3.85	4.7	5.45	6.0	3.59	4.6
4	3.26	4.8	4.08	5.5	5.60	6.4	3.82	5.1

¹⁾Concentration of ethanol(g/100g)

²⁾Cells counts $\times 10^8$ /ml

Table 2. Effect of initial fermentation pH on the production of ethanol with ripe pumpkin powder by *S. cerevisiae* (Unit : g/100g)

Fermentation time(days)	Initial pH				
	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
1	0.85	1.06	0.95	1.08	0.69
2	1.42	2.05	1.98	1.84	1.06
3	3.24	4.17	4.83	4.61	3.18
4	4.50	5.62	6.05	5.48	4.04

생성된 알코올의 함량을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 이때 생성된 알코올 함량은 초기 pH 6.0에서 6.05g/100g으로 가장 좋았다. 다음은 초기 pH 5.0 및 7.0에서 각각 5.62g/100g 및 5.48g/100g로 나타났다. 따라서 본 실험에 사용한 효모는 배양액의 초기 pH가 6.0 전후에서 생육이 양호하므로, 이하의 발효액의 초기 pH를 6.0 전후로 조절하여 알코올발효를 진행하였다.

당 소비율 및 발효율

호박분말의 함량을 달리하고서, 배양온도 30°C, 효모 접종량 1.3×10^6 cells/ml, 배양액 pH 6.0으로 하여, 당 소비율과 발효율을 조사한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

호박시료의 함량을 10%로 하여 4일간 발효시켰을 때, 당 소비율 및 발효율이 각각 97.90% 및 95.02%로 가장 좋았고, 다음은 5%로서 당 소비율 및 발효율이

각각 97.65% 및 94.01%를 보였다. 이들은 10% sucrose 만을 사용한 control의 당 소비율 및 발효율 97.92% 및 95.41%와 비슷한 경향을 보였다. 본 실험 결과는 최 등(23)의 오미자 추출물을 첨가하여 *S. cerevisiae*의 알코올 발효시의 당 소비율 및 발효율을 조사한 결과와 유사한 경향을 보였다.

최적조건에서의 알코올발효

앞서의 최적 조건 검토 결과를 기초로 하여, 즉 온도 30°C, pH 6.0, 효모 접종량 1.3×10^6 cells/ml, 호박시료의 기질 농도 10g으로 한 다음, *S. cerevisiae*를 이용하여 호박분말의 알코올 발효를 하였을 때의 알코올 함량, CO₂량, 잔당량, 균체중식 등을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다.

먼저 알코올 생성량은 배양 2.5일까지는 급격히 증가(5.40g/100g)하였으나, 그 이후는 생성이 중지하였다. 또한 CO₂의 생성도 알코올의 생성과 유사한 경향으로 배양 2.5일까지는 급격히 증가(4.80g/100g)하였으나, 그 이후는 감소(배양 4일에서 4.90g/100g)하는 경향을 보였다. 균체의 증식은 배양 1일까지는 완만한 증식(8.0×10^5 cells/ml)을 하였으나, 그 후 배양 3일까지는 급격한 증식(3.0×10^9 cells/ml)을 보였다가 정상기에 도달하는 효모의 전형적인 증식곡선을 형성하였다. 한편 균체의 증식과 더불어 잔당의 함량은 급격히

Table 3. Comparison of sugar conversion efficiency(SCE) and fermentation efficiency(FE) in liquid media containing ripe pumpkin powder during fermentation by *S. cerevisiae* (Unit : %)

Pumpkin powder(%)	1 ¹⁾		2		3		4	
	SCE ²⁾	FE ³⁾	SCE	FE	SCE	FE	SCE	FE
Control	50.30	40.29	86.13	87.35	96.76	91.54	97.92	95.41
5.0	52.48	46.34	89.28	88.14	97.20	93.73	97.65	94.01
10.0	55.47	48.61	90.92	90.40	97.84	94.75	97.90	95.02
15.0	39.01	39.23	85.37	84.25	91.52	91.23	91.54	91.34
20.0	36.48	36.21	82.76	83.22	90.31	91.29	90.35	91.30

¹⁾Days, ²⁾Ratio of sugar conversion efficiency(SCE), ³⁾Ratio of fermentation efficiency(FE)

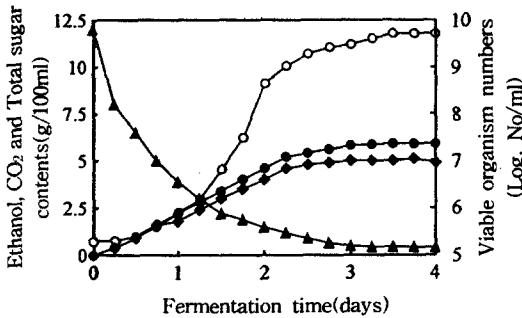


Fig. 2. Change of total sugar, CO₂, ethanol contents and *S. cerevisiae* growth during alcohol fermentation with pumpkin powder under optimum conditions (pH 6.0, 30°C).
 ▲: Total sugar, ◆: CO₂
 ●: Alcohol, ○: Cells growth

발효하여 4.87g까지 감소하였으며, 배양 3일 후에는 대부분의 당이 발효하고 잔당은 0.5g으로 나타났다.

이러한 결과는 *S. cerevisiae*의 증식과 생리에 인삼 추출물(26), 커피(27,28), 영지추출물(29) 등의 첨가시 큰 영향을 받지만, 호박에서의 알코올발효시는 영향을 받지 않았던 것으로 생각된다.

효소처리에 따른 알코올발효

호박분말의 발효 효율을 높이기 위하여 효소 amylase로 처리한 다음 앞서의 최적 조건으로 알코올발효를 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 효소처리를 한 경우 배양 1일에서 2.25g/100g로서 효소처리를 하지 않은 경우 1.70g/100g 보다 약 1.2배 가량 알코올 생성이 높았으나, 배양 3일에서는 각각 5.0g/100g 및 4.50g/100g으로 서로 비슷한 상태를 보였다. 따라서 효소에 의한 호박의 다당류의 분해는 초기 알코올발효에서는 영향

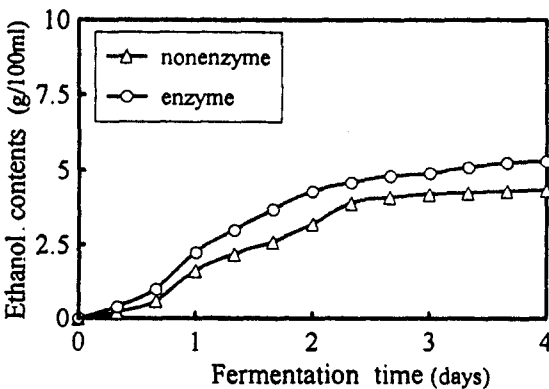


Fig. 3. Effect of addition of amylase on the ethanol fermentation with pumpkin powder by *S. cerevisiae*.

을 미쳤으나, 배양 후기에는 별 영향을 미치지 않았던 것으로 생각된다.

요 약

호박분말의 일반성분 및 당질, *Saccharomyces cerevisiae*를 이용한 호박분말의 알코올발효 특성을 조사한 결과, 1. 일반성분은 수분 함량 11.98%, 총 당질은 62.18%(건물 중 70.64%)이었으며, 조단백, 조지방, 회분, 조섬유는 각각 13.38%, 0.85%, 4.54% 및 7.07%의 조성을 보였다. 2. 완숙 호박 중의 유리당 함량은 glucose, fructose, sucrose, lactose 및 maltose가 각각 85.36mg/g, 40.68mg/g, 68.25mg/g, 18.60mg/g 및 3.82mg/g을 함유하고 있음이 확인되었다. 3. *S. cerevisiae*의 호박분말의 알코올발효 최적 조건은 배양온도 30°C(알코올 함량 5.60g/100g과 균체량 6.4×10^8 cells/ml), 배양액의 초기 pH 6.0(알코올 함량 6.05g/100g), 호박시료의 함량을 10%로 하였을 때 당 소비율 및 발효율이 각각 97.90% 및 95.02%로 가장 좋은 결과를 보였다. 4. 최적 조건으로 *S. cerevisiae*를 이용 호박시료의 알코올발효를 하였을 때의 알코올 생성량은 배양 2.5일까지는 급격히 증가(5.40g/100g)하였으나, 그 이후는 생성이 중지되었다. 또한 CO₂의 함량도 알코올의 생성과 유사한 경향을 보였다. 균체의 증식은 배양 1일까지는 완만한 증식(8.0×10^5 cells/ml)을 하였으나, 그 후 배양 3일까지는 급격한 증식(3.0×10^9 cells/ml)을 보였다가 정상기에 도달하는 효모의 전형적인 증식곡선을 형성하였다. 한편 균체의 증식과 더불어 잔당의 함량은 급격히 감소하는 경향을 보였다. 즉 배양 1일만에 약 60%가 발효하여 4.87g까지 감소하였으며, 배양 3일 후에는 대부분의 당이 발효하고 잔당은 0.5g으로 나타났다. 5. 효소처리를 한 경우 배양 1일에서 2.25g/100g로서 효소처리를 하지 않은 경우 1.70g/100g 보다 약 1.2배 가량 알코올 생성이 높았으나, 배양 3일에서는 각각 5.0g/100g 및 4.50g/100g으로 서로 비슷하였다.

감사의 글

본 연구의 일부는 1994년도 안성산업대학교 산학연구소의 연구비 지원에 의하여 수행되었기에 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 동아출판사편 : 동아원색백과사전. 동아출판사, 서울,

- p.263(1983)
2. 조재선 : 호박. 식품재료학. 문운당, 서울, p.162(1985)
 3. 김길용 : 호박밀의 제조방법. 특허공보 91-11162(1991)
 4. 김길용 : 호박분말의 제조방법. 특허공보 91-282(1991)
 5. 김길용 : 남과주(호박술)의 제조방법. 특허공보 90-3706(1990)
 6. 이국재 : 분말 호박죽의 제조방법. 특허공보 91-2484(1991)
 7. 신용서, 이갑상, 김동한 : 고구마와 호박을 첨가한 요구르트 제조에 관한 연구. 한국식품과학회지, 25, 666(1993)
 8. 박명희 : 호박꿀차. 한국영양식량학회지, 24, 625(1995)
 9. Wills, R. B. H., Lim, J. S. K. and Greenfield, H. : Composition of Australian foods, 39 vegetable fruits. *Food Technology in Australia*, 39, 488(1987)
 10. Sharma, B. R., Singh, D., Saimbhi, N. S., Bawa, A. S. and Shukla, F. C. : Varietal variation in the chemical composition of Summer Squash. *Indian J. Agri. Sci.*, 49, 30(1979)
 11. Kiziriya, K. P. and Kaisauri, G. N. : Technological characteristics of pumpkin varieties. *Carotofel'i Ovoshchi*, 1, 37(1983)
 12. Sazanova, N. M. : New pumpkin varieties. *Carotofel'i Ovoshchi*, 1, 35(1983)
 13. Hidaka, T., Anno, T. and Nakatsu, S. : The composition and vitamin A value of the carotenoids of pumpkins of different colors. *J. Food Biochemistry*, 11, 59(1987)
 14. Banev, B., Dyuboa, O. and Rigo, Z. : Composition of the aroma substance of pumpkins. *B''l garski Plodove Zelenchutsi i Konservi*, 10, 12(1977)
 15. Parliment, T. H., Kolor, M. G., Rizzo, D. J. and Giordano, D. H. : Volatile constituents of pumpkin. ACS Symposium Series, 170, 129(1981)
 16. 석호문, 박용근, 허우덕, 하재호 : 호박의 활용도 개발 연구. 한국식품개발연구원 보고서 E-1117-0208(1991)
 17. Usacheva, G. G. : Improvement of technology and layout of equipment for pumpkin beverage. *Konservnaya i Ovoshchesushil'naya Promyshlennost*, 7, 25(1981)
 18. Korhec, G., Veljkovic, S. and Vucetic, J. : Nutritive and dietetic value of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) and the possibilities of its use by the food industry. *Hrana i Ishrana*, 23, 19(1982)
 19. Dall'Aglio, G., Carpi, G. and Versitano, A. : Industrial processing of squash. *Industria Conserve*, 56, 244(1982)
 20. 주현규, 조규성, 조광연, 박충균, 마상조, 채수규 : 식품 분석법. 학문사, 서울(1995)
 21. Olano, A., Calvo, M. M. and Reglero, G. : Analysis of free carbohydrates in milk using micropacked column. *Chromatographia*, 21, 538(1986)
 22. 채은미, 최연호 : 돼지감자 분말을 이용한 *Kluyveromyces marxianus*의 알코올 발효. 한국산업미생물학회지, 19, 265(1991)
 23. 최재천, 주현규, 이시경 : 오미자 추출물이 *Saccharomyces cerevisiae*의 알코올 발효 및 효소활성에 미치는 영향. 한국농화학회지, 38, 278(1995)
 24. 전흥기 : 미생물 세포의 관찰. 미생물실험. 세진사, 서울, p.78(1989)
 25. 농촌영양개선연수원 : 식품성분표(제3개정판). 농촌진흥청, 경기도(1986)
 26. 주현규, 이교철 : 인삼추출물이 *Saccharomyces cerevisiae*의 생리에 미치는 영향. 한국인삼학회지, 13, 67(1979)
 27. 최낙성 : 커피가 *Saccharomyces cerevisiae*의 증식과 알코올탈수소효소에 미치는 영향. 건국대학교 석사학위논문(1990)
 28. 김요승 : Caffein이 *Saccharomyces cerevisiae*의 생리와 효소활성에 미치는 영향. 건국대학교 석사학위논문(1991)
 29. 주현규, 김성조 : 영지추출물이 효모의 증식과 생리에 미치는 영향. 한국균학회지, 15, 250(1987)

(1995년 12월 28일 접수)