

## 콩분말 첨가에 따른 타피오카의 무증자 알콜발효에 미치는 영향

하 영 덕

계명대학교 식품가공학과

### Effect of Addition Soy Flour on Tapioca Non-steamed Fermentation

Young-Duck Ha

Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Daegu 702-701, Korea

#### Abstract

This study was conducted to examine the effect of soy flour on tapioca non-steamed fermentation. A whole soy flour was higher than roasting soy flour in alcohol content. Alcohol content was increased up to 2% of soy flour, and decreased after adding 3% soy flour. The pH and total acidity were showed no significant differences by adding soy flour, roasted soy flour, water and enzyme. The optimum conditions for alcohol production were 2% (w/w) of soy flour, 0.5% (w/w) of enzyme and 250% (v/w) of water at 96 hr. Addition of soy flour increased yield of alcohol.

**Key words:** tapioca, soy flour, alcohol fermentation, roasted soy flour

#### 서 론

국내에서 시행되고 있는 주정생산 방법은 전분질 원료를 증자, 당화, 발효 및 증류공정으로 알콜을 생산하고 있으며, 증자공정에서 알콜생산에 필요한 모든 에너지의 30~40%를 소비하는 것으로 원가절감을 위한 연구가 요구되어 원료를 증자 하지 않는 알콜 생산방법이 기대되고 있다(1,2). 알콜 생산을 위한 당화법은 크게 증자법과 무증자법으로 나누며, 최근에는 무증자 당화법에 대한 연구가 많이 진행되고 있다(3,4). 전분분해력이 강한 효소를 이용한 효소 분해법, 산·알칼리 처리에 의한 화학적 분해법 및 효소 처리법에 분쇄마찰매체를 함유한 bioreactor를 활용하는 방법 등이 있으며, 이들 중에서 분쇄마찰매체가 함유된 효소분해법은 산업적 활용이 기대되고 있는 방법이다(4). 국내 주정생산에 주원료로 사용되는 타피오카(*Monihot esculenta crantz*)는 남미지역에서 주로 자생하는 열대식물로서 주로 뿌리를 건조하여 사용하며 건물의 약 75%가 전분으로 구성되어 있어 연료용 알콜생산용, 주정 원료 및 사료 등으로 널리 이용되고 있으며, 전량 수입하여 사용하고 있다(5-7). 또한 매년 생산량이 감소하는 국내산 전분질 원료를 대체하여 타피오카의 수입량은 매년 꾸준히 증가하여 2000년에는 전체 원료소비량의 약 80%를 차지하고 있어서 타피오카를 이용한 주정생산의 원가절감에 관한 연구가 절실히 요구되고 있다(8). 콩은 품종에 따라 영양조성이 다르나 일반적으로 단백질이 풍부하고 각종 비타민과 양질의 지방성분이 함유되어 있어 영양학적 우

수한 식품일 뿐만 아니라 성인병 예방이라는 차원에서도 그 유용성이 인정 된 식품 중의 하나이다. 예로부터 대두는 전통 식품으로서 널리 가공되어 왔고, 이를 이용한 가공식품으로는 두부, 된장, 간장, 콩나물 등 매우 다양하다. 콩에 대한 연구 결과들이 과거에서부터 지속적으로 보고되고 있다(9,10). 알콜발효과정에서 질소원으로 콩분말을 첨가하여 알콜수율에 미치는 영향에 관한 보고는 있으나(11-15), 무증자 생전분분해효소 특히 타피오카를 원료로 한 콩분말 첨가에 따른 연구는 거의 없다. 최근까지 생전분분해효소를 사용하는 당화공정에서 지상전분 즉 쌀, 보리, 옥수수 등에 비하여 감자, 고구마, 타피오카 등의 지하전분의 수율이 낮은 것은 원료의 단백질 조성 또는 함량에 따른 차이도 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 타피오카의 무증자 알콜발효과정에 콩분말을 첨가하여 알콜발효에 미치는 영향을 조사하고자 한다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

본 실험에는 2001년에 수입된 베트남산 타피오카를 (주)풍국주정에서 제공받아 40 mesh이하로 분쇄한 분말을 시료로 사용하였다. 콩분말은 국내산 메주콩을 농협에서 구입 후 40 mesh 이하로 분쇄하여 각각의 조건으로 사용하였다.

##### 사용 균주 및 주모배양

본 실험에서 사용한 알콜발효용 균주는 *Saccharomyces*

*kluyveri* DJ97을 YPD(yeast extract 1%, peptone 2%, glucose 2%, agar 2%) 사면배지에 30°C에서 24시간 배양한 후 4°C에 보관하면서 사용하였으며, 주모는 4°C에 보관하던 균주 한 백균이를 YPD액체배지에 접종하여 30°C, 24시간 정지 배양하여 10%(v/v)주모로 사용하였다(8).

**효소제**

본 실험에서 사용된 생전분 분해효소제는 *Rhizopus* sp.에서 분리 정제된 pH 4.5~5.0, 온도 55~58°C의 최적조건에서 당화력이 30,000 sp/g인 starch saccharifying enzyme DAI-ZYME G(Daiwa kasei Co., Japan)를 사용하였다(8).

**생콩분말 및 볶음콩분말에 따른 영향**

콩분말의 최적농도를 설정하기 위해 전처리하지 않은 생콩분말과 볶음 처리한 콩분말을 각각 1, 2, 3, 4 및 5%(w/w)를 첨가하여 그 영향을 조사하였다. 콩분말 최적조건을 설정하기 위하여 타피오카 100 g을 40 mesh로 분쇄하여 1000 mL 삼각플라스크에 넣고 가수량을 250%로 조절하여 10%(v/v) 주도를 접종한 후 30°C 진탕 항온배양기에서 50 rpm, 96시간 동안 발효하였다(8). 발효 종료 후 압착 여과한 다음 상등액을 분석시료로 사용하였다. 이때 효소제 첨가량은 타피오카 건물량 대비 0.5%(w/w)로 하였으며 콩의 볶음 처리는 220°C에서 20분간 처리하였다.

**가수량의 영향**

분쇄한 타피오카 분말 100 g을 1000 mL 삼각플라스크에 넣고 앞에서 설정된 생콩분말 2%(w/w)를 첨가한 후 가수량별로 150~550%(v/w)으로 각각 조절하여 주모 10%(v/v)를 접종한 후 30°C 진탕 항온배양기에서 50 rpm, 96시간 동안 발효시켰다. 발효종료 후 각각의 가수량별 발효액은 전체 가수량을 550%로 동일하게 조절하여 압착 여과한 상등액을 분석시료로 사용하였다. 이때 효소제 사용량은 타피오카 건물량 대비 0.5%(w/w)로 동일하게 사용하였다.

**효소제 농도의 영향**

앞에서 설정된 조건에 따라 타피오카 100 g에 생콩분말 2%(w/w), 가수량 250%(v/w)의 동일한 조건에서 생전분 분해효소제 농도를 각각 0.1~0.8%(w/w)로 달리하여 첨가 후 주모 10%(v/v)을 접종하고 30°C 진탕 항온배양기에서 50 rpm, 96시간 동안 배양하였다. 발효 종료 후 압착 여과한 상등액을 분석시료로 사용하였다.

**알콜함량 및 당도**

알콜함량 측정은 압착여과 후 여과액을 증류하여 alcohol hydrometer로 측정된 값을 Gay Lussac Table로 환산하여 산출하였다(16). 당도의 측정은 굴절당도계(NI Atago Co., Japan)를 사용하였다.

**총산 및 pH**

총산 함량은 0.1 N NaOH용액으로 중화 적정하여 초산함

량으로 환산하였으며(17), pH는 pH meter(Metrohm 691, Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

**통계 분석**

각각의 실험구간에 대한 3반복 실험결과를 SAS 통계처리에 의한 Duncan's multiple range test(ANOVA programmed computer)로 실시하였다(18).

**알콜 성분 분석**

알콜 성분 분석은 국제청 기술연구소 주류분석규정(19)에 따라 gas chromatography(Hewlett Packard 6890, Hewlett Packard Co., USA)로 분석하였으며, 표준물질로 99.9% 무수 알콜을 사용하여 각각의 알콜성분을 일정량 첨가하여 작성한 표준곡선을 이용하여 정량하였다. 이때 GC의 분석조건은 fused silica capillary column(30 m×0.25 mm)과 FID 검출기를 사용하였으며, 시료 주입온도 200°C, 검출온도 230°C, carrier gas는 N<sub>2</sub>(60 mL/min)였다.

**결과 및 고찰**

**생콩분말 및 볶음콩분말 첨가에 따른 영향**

콩분말의 전처리에 따른 조건 설정을 위하여 생콩분말과 볶음처리한 분말을 각각의 농도별로 첨가하여 발효시킨 후 당도, 알콜함량, pH 및 총산을 각각 측정하였다. 그 결과 생콩분말 첨가구간이 볶음콩분말 첨가 구간보다 알콜함량이 전반적으로 높게 나타났다. 콩분말 농도별 첨가에 따른 영향은 생콩분말 첨가의 경우 알콜함량이 2% 첨가구까지는 증가하다가 3% 이상 첨가구 이후로 감소하는 경향을 나타내었으며, 볶음콩 분말의 경우에는 첨가농도에 따른 알콜함량이 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 1). 콩분말 첨가에 따른 발효 후 당도를 비교한 결과 Fig. 2에서와 같이 볶음콩 분말 첨가 구간보다 생콩분말 첨가 구간이 2% 까지는 높게 나타났으며 그 이후로는 두 첨가구간이 유사한 경향을 나타내었다. 이 때

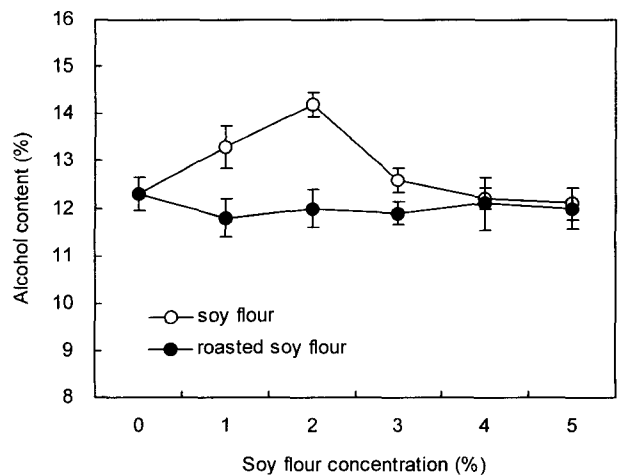


Fig. 1. Comparison of alcohol content after alcohol fermentation added soy flour.

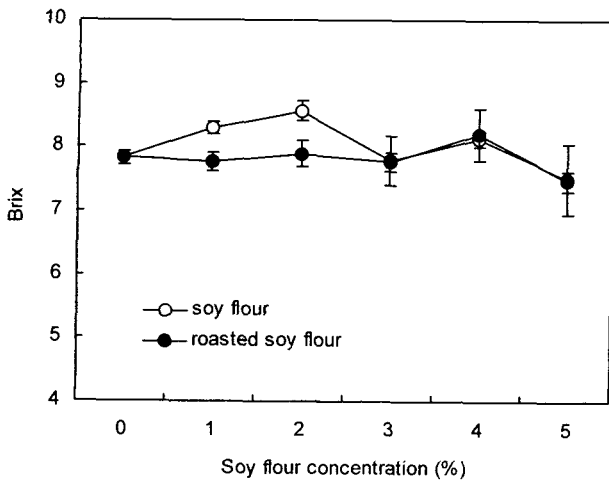


Fig. 2. Comparison of brix after alcohol fermentation added soy flour.

생콩분말 2% 첨가구간의 당도가 가장 높게 나타났으며, 이는 Damiano와 Wang(11)의 보고에서와 유사한 경향이였다. 이와같은 결과로 볼 때 생콩분말 첨가가 생전분 분해효소에 의한 당화율을 증가시켜 당의 생성과 알콜함량을 높인 것으로 사료된다. pH의 경우 대조구에서 4.27을 나타내었으며, 생콩분말 첨가구의 pH는 첨가농도가 3%일 때까지 증가하나 그 이후로 감소하였으며, 볶음 콩분말 첨가구의 pH는 계속 증가하는 경향을 보여서 3% 이후로는 생콩분말 첨가구의 pH 보다 높게 나타났다(Fig. 3). 총산의 경우 대조구가 0.34였고 생콩분말 첨가의 경우 대조구보다 오히려 감소하는 경향을 보이다가 3% 이후로 약간의 증가하는 경향을 나타내었다. 볶음 콩분말 첨가에서는 대조구보다 약간 증가하다가 3% 이후로 약하게 감소한 후 그 이후로는 차이가 없었다(Fig. 4). 콩분말의 전처리 조건 설정에 대한 분산분석을 하여본 결과, Table 1에서와 같이 생콩분말 첨가에 대한 회귀모형에 대해서는 pH, 알콜함량과 총산에 대한 F-ratio가 각각 35.74, 18.73과

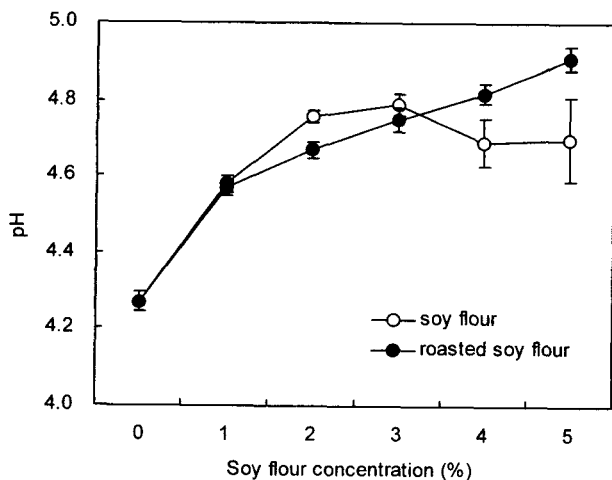


Fig. 3. Comparison of pH after alcohol fermentation added soy flour.

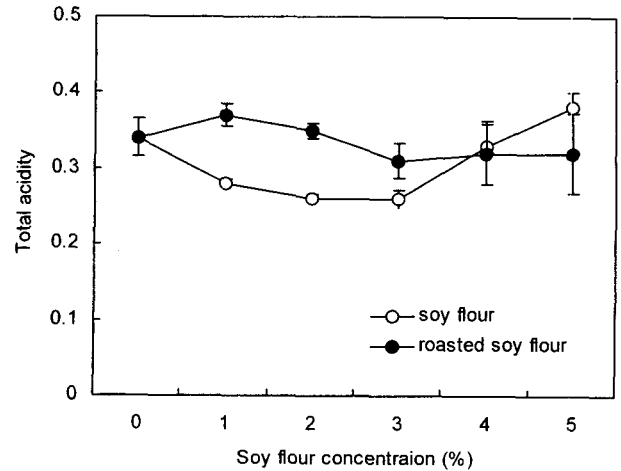


Fig. 4. Comparison of total acidity after alcohol fermentation added soy flour.

Table 1. Anova analysis of brix, alcohol content, pH and total acidity on the non-steamed tapioca fermentation condition

Tapioca fermentation condition	F-ratio			
	Brix	Alcohol content (%)	pH	Total acidity
Added soy flour content	2.79*	18.73***	35.74***	18.10***
Added roasted soy flour content	4.18**	0.98	113.57***	13.50***
Added water content	37.32***	28.85***	14.29***	0.20
Added enzyme content	28.57***	29.50***	18.23***	0.64

\*Significant at 10% level (p<0.10).  
 \*\*Significant at 5% level (p<0.05).  
 \*\*\*Significant at 1% level (p<0.01).

18.10으로서 높았고 유의성은 유의수준 1% 이내에서 인정되었다. 볶음콩분말 첨가에 대해서는 pH와 총산에 대한 F-ratio가 113.57과 13.50으로서 1% 내에서 유의성이 인정되었으나 알콜함량에 대해서 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다. 볶음 콩분말을 첨가하여 알콜발효를 한 결과 대조구와 모든 첨가구간에는 비슷한 경향을 보였으며 대조구의 알콜함량이 가장 높았다. 당도는 볶음처리한 콩분말 4% 첨가구가 가장 높았으며 다른 모든 구간에는 큰 차이를 보이지 않았다. Damiano와 Wang(11)이 보고한 glucose를 원료로 하여 콩분말 2% 수용액을 첨가하여 알콜발효를 하였을 때 첨가하지 않은 대조구에 비해 알콜함량이 상승하였다는 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 Ju 등(12)의 콩분말 첨가 cell mass 보호와 알콜수를 증대효과를 나타내었다는 결과와 본 실험에서의 결과가 유사한 것으로 나타났으며, Viegas 등(13)의 콩분말을 2% 첨가하였을 때 효모가 알콜에 대한 내성이 강해지며, 따라서 알콜함량 및 알콜수율이 향상되었다는 결과와도 유사하게 나타났다. 이와같은 결과를 토대로 생콩분말 2% 첨가 구간이 알콜함량이 가장 높은 것으로 나타나 콩분말 첨가 농도를 2%로 설정하였다.

가수량 및 효소제 농도에 따른 영향

앞에서의 콩분말 첨가농도에 따른 결과를 바탕으로 생콩

분말 2%를 기준으로 원료대비 가수량 150~550%(v/w)를 첨가 후 30°C 진탕 항온배양기에서 50 rpm으로 96시간 알콜 발효 시킨 결과를 Table 2에 나타내었다. 가수량 250%에서 알콜함량이 14.0%로 가장 높았으며 가수량이 250% 이후로 증가할수록 알콜함량은 감소하는 경향을 나타내었다. 가수량에 따른 당도는 가수량 250%에서 8.5 Brix로 가장 높았고 가수량이 증가할수록 당도는 감소하여 알콜함량과 유사한 경향을 보였다. 총산과 pH는 가수량에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 따라서 콩분말을 첨가한 타피오카 무증자 알콜발효에 대한 가수량은 250%(v/w)가 우수한 것으로 나타났다. 가수량에 대한 알콜발효를 Duncan's multiple range

test로 유의성을 검정한 결과 당도, 알콜함량 및 pH에 대한 F-ratio는 각각 37.32, 28.85와 14.29로서 높았고 유의수준 1% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 총산은 영향을 받지 않는 것으로 나타났다(Table 1). Lee 등(1)이 보고한 일반적인 주정생산법에서의 가수량 400%라는 결과와는 차이를 보였으나 이것은 증자법과 무증자법에 따른 차이로 생각된다. 알콜생성량이 가장 높았던 생콩분말의 농도 2%와 가수량 250%(v/w)를 기준으로 효소제 첨가농도를 설정하기 위하여 효소제 농도 0.1~0.8%(w/w)를 첨가한 후 동일한 조건으로 알콜발효를 한 결과, 효소제 농도 0.5%일 때 알콜함량이 13.8%로 가장 높게 나타났으며, 효소제 농도가 높아질수록 알콜함량은 증가하다가 효소제 농도 0.5% 이상에서는 오히려 감소하는 경향을 보였으며, 당도의 경우에도 유사한 경향을 나타내었다(Table 3). pH와 총산은 효소제 농도에 따른 차이가 거의 나타나지 않았다. 효소제 농도에 대한 알콜발효 결과 (Table 1), 알콜함량, 당도 및 pH는 F-ratio가 각각 29.50, 28.57과 18.23으로 높게 나타났으며 유의수준 1% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 총산은 효소제 첨가에 대한 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

**Table 2. Effect of water content on brix, alcohol content, pH and total acidity after alcohol fermentation**

Added water content (%)	Brix	Alcohol content (%)	pH	Total acidity
150	5.9 <sup>de1)</sup>	9.8 <sup>c</sup>	4.67 <sup>abc</sup>	0.33 <sup>a</sup>
200	7.8 <sup>c</sup>	13.1 <sup>a</sup>	4.57 <sup>cd</sup>	0.34 <sup>a</sup>
250	8.5 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>	4.71 <sup>ab</sup>	0.34 <sup>a</sup>
300	8.4 <sup>ab</sup>	13.4 <sup>a</sup>	4.65 <sup>abc</sup>	0.34 <sup>a</sup>
350	7.8 <sup>bc</sup>	11.3 <sup>b</sup>	4.62 <sup>abc</sup>	0.32 <sup>a</sup>
400	7.7 <sup>c</sup>	10.9 <sup>b</sup>	4.73 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>
450	6.4 <sup>de</sup>	10.7 <sup>b</sup>	4.73 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>
500	5.8 <sup>de</sup>	10.8 <sup>b</sup>	4.60 <sup>c</sup>	0.34 <sup>a</sup>
550	5.5 <sup>e</sup>	9.7 <sup>c</sup>	4.32 <sup>d</sup>	0.33 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means in the column followed by the same letters are not significantly different at p<0.05 level by Duncan's multiple test.

**Table 3. Effect of enzyme content on alcohol content, brix, pH and total acidity after alcohol fermentation**

Added enzyme content (%)	Alcohol content (%)	Brix	Total acidity	pH
0.1	8.9	6.6	0.33	4.37
0.2	11.0	6.6	0.34	4.50
0.3	12.1	6.6	0.32	4.52
0.4	12.6	8.1	0.31	4.58
0.5	13.8	8.3	0.31	4.68
0.6	13.2	7.2	0.31	4.72
0.7	12.3	7.3	0.30	4.65
0.8	11.7	7.2	0.33	4.62

**알콜성분의 함량 비교**

생콩분말을 각 농도별로 첨가하여 알콜발효를 시킨 후 알콜성분을 분석한 결과 Table 4에 나타난 바와 같이 N-butanol과 N-amylalcohol을 제외한 6종의 알콜성분이 검출되었다. Acetaldehyde는 대조구의 함량이 43.3 ppm인 반면에 첨가구인 1%, 2% 및 5%에서는 극미량만이 검출되었으며 3%와 4%는 각각 43.78 ppm, 17.55 ppm으로 대조구와 유사하거나 낮은 함량을 나타내었다. Methanol의 함량은 대조구의 139.64 ppm 보다 생콩분말 첨가구에서 낮게 나타났으며, 생콩분말 1% 첨가구에서 107 ppm으로 가장 낮은 함량을 나타내었으며 생콩분말 첨가 농도가 증가할수록 methanol 함량도 증가하여 5%에서는 134 ppm을 나타내었다. 그외 알콜성분들은 대조구와 비슷하거나 낮은 함량을 나타내었다. 이와 같은 결과로 볼 때 생콩분말의 첨가량에 알콜성분의 함량에도 영향을 미치는 것으로 나타났다.

**Table 4. Comparison of alcohol component and acetaldehyde after alcohol fermentation using soy flour (ppm)**

Alcohol component	Soy flour content (%)					
	0	1	2	3	4	5
Acetaldehyde	43.3	trace	trace	43.78	17.55	trace
Methanol	139.64	106.76	109.03	117.87	124.79	133.8
Iso-propanol	43.89	trace	trace	41.08	42.53	46.94
Ethanol <sup>1)</sup>	12.3	13.3	13.6	12.6	12.2	12.1
N-propanol	130.37	121.76	137.70	128.97	121.85	142.12
Iso-butanol	131.12	109.94	126.39	105.18	87.13	99.04
N-butanol	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
Iso-amylalcohol	777.02	604.73	638.90	467.83	342.75	367.60
N-amylalcohol	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total	1,265.34	943.19	1,012.02	904.71	736.6	789.5

<sup>1)</sup>Unit: %.

<sup>2)</sup>ND: Not detected.

## 요 약

콩분말을 질소원으로 첨가하여 타피오카의 무증자 알콜발효에 미치는 영향을 조사하였다. 생콩분말 첨가가 볶음콩분말 첨가 보다 알콜함량이 전반적으로 높게 나타났으며, 콩분말 농도별 첨가에 따른 영향은 생콩분말 첨가의 경우 2%까지는 증가하다가 3% 이후로 감소하는 경향을 나타내었으며, 볶음콩 분말의 경우 첨가농도에 따른 알콜함량은 큰 차이를 나타내지 않았다. pH와 총산은 생콩분말, 볶음콩분말의 첨가, 가수량과 효소제 첨가에 따른 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타났다. 생콩분말 2%(w/w), 가수량 250%(v/w), 효소제 0.5%(w/w)를 사용하여 30°C, 96시간 발효하였을 때 알콜 함량이 가장 높은 것으로 나타나 콩분말을 이용하여 타피오카의 무증자 알콜발효 조건을 설정 할 수 있었다. 콩분말 첨가는 타피오카의 무증자 알콜발효에서 알콜수율을 증가시켰다.

## 감사의 글

본 연구는 2002년도 계명대학교 비사 연구기금으로 이루어 졌으며, 연구지원에 감사 드립니다.

## 문 헌

1. Lee SY, Shin YC, Lee SH, Kim HS, Byun SM. 1984. Saccharification of uncooked starch. *Korean J Food Sci Technol* 16: 463-471.
2. Han MS, Chung DH. 1985. Saccharification and ethanol fermentation from uncooked starch using *Aspergillus niger* Koji. *Korean J Food Sci Technol* 17: 258-264.
3. Park KH, Oh BH, Hong SS, Lee KH. 1984. Production of alcohol from starch without cooking. *J Korean Agric Chem Soc* 27: 98-203.
4. Lee YH, Jo KH. 1998. A novel saccharification method of uncooked concentrated corn starch using an agitated bead reaction system. *Korean J Appl Microbiol Bioeng* 14: 399-405.
5. Kwon KR, Kim JH. 1987. Studies on the utilization of cassava starch by a strain of *Rhizopus* and *Aspergillus niger*. *Korean J Mycol* 15: 158-168.
6. Chee KM. 1986. Nutritive values of tapioca. *Korean J Animal Nutrition & Feedstuffs* 10: 17-18.
7. Kim KH, Park SH. 1995. Liquefaction and saccharification of tapioca starch for fuel ethanol production. *Korean J Bio-technol Bioeng* 10: 304-316.
8. Jeong YJ, Baek CH, Woo KJ, Woo SM, Lee OS, Ha YD. 2002. Alcohol fermentation characteristics of tapioca using raw starch enzyme. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 405-410.
9. Kang JH. 1999. Functional characterization of soy protein hydrolysate. *Food industry and nutrition* 4: 66-72.
10. Lee JS, Ko YT, Paik JK. 1984. Effects of defatted soy milk on the growth of *Lactobacillus acidophilus*. *J Korean Agric Chem Soc* 27: 7-12.
11. Damiano D, Wang SS. 1985. Improvements in ethanol concentration and fermentor ethanol productivity in yeast fermentations using whole soy flour in batch, and continuous recycle systems. *Biotechnology Letters* 7: 135-140.
12. Ju NH, Damiano D, Shin CS, Kim NK, Wang SS. 1983. Continuous ethanol fermentation of *Zymomonas mobilis* using soy flour as a protective agent. *Biotechnology letters* 5: 837-842.
13. Viegas CA, Sá-correia E, Novais JM. 1985. Rapid production of high concentrations of ethanol by *Saccharomyces layanus* mechanisms of action of soy flour supplementation. *Biotechnology Letters* 7: 515-520.
14. Viegas CA, Sá-correia E, Novais JM. 1985. Nutrient-enhanced production of remarkably high concentrations of ethanol by *Saccharomyces bayanus* through soy flour supplementation. *Environmental Microbiology* 50: 1333-1335.
15. Casey GP, Magnus CA, Ingledew WM. 1983. Nutrient enhance production of high concentrations of ethanol by brewing yeast. *Biotechnology Letters* 5: 429-434.
16. Jeong YJ. 1997. Optimization for the fermentation condition of persimmon vinegar using response surface methodology. *PhD Dissertation*. Yeungnam Univ.
17. AOAC. 1990. *Official Method of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. p 148.
18. SAS institute, Inc. 1988. *SAS/STAT User's Guide*. Version 6. 4th ed. Cary, NC, USA.
19. 국제청 기술 연구소. 1999. 주류 분석 규정. 6: 65-67.

(2003년 1월 28일 접수; 2003년 4월 3일 채택)