

감자 알콜발효를 위한 액화 및 당화 조건

정용진* · 서지형 · 윤성란 · 이진만 · 이기동 · 김옥미 · 방광웅**

*계명대학교 응용과학부 식품가공학과, 경북과학대학 전통식품연구소, **경북전문대학 식품가공과

Liquefaction and Saccharification Conditions of Potatoes for Alcohol Fermentation Using Potatoes

Yong-Jin Jeong*, Ji-Hyung Seo, Sung-Ran Yoon, Jin-Man Lee, Gee-Dong Lee,
Ok-Mi Kim and Kwang-Woong Bang**

*Department of Food Science and Technology, Keimyung University
Traditional Food Institute, Kyongbuk College of Science

**Department of Food Science and Technology, Kyungbuk College

Abstract

To produce liquor and vinegar using potatoes needs to liquefy and saccharify potatoes. So selecting the efficient fermenter for proceeding these process successfully is very important. This study was investigated several fermenter and crush types of potatoes for alcohol fermentation. Final sugar contents was high in potatoes saccharification by *Nuruk* or crude enzyme. But pure enzyme and glucoamylase ended liquefaction and saccharification within short time. So complex type fermenter mixed several fermenters was superior to single type fermenter. Complex fermenter III using crude enzyme and glucoamylase saccharified excellently potatoes with 150% of water contents by treatment of 3 hours. Through alcohol fermentation using pressure steamed potatoes (PSP), it could be obtained 6.4%, 150% of alcohol content and yield. However to perform a series process efficiently, crush steamed potatoes (CSP) was suitable. When it was fermented after saccharification using crush steamed potatoes and complex fermenter III, it could be obtained 6.6% of alcohol and 6.7% of acidity.

Key words : potato, alcohol, liquefaction, saccharification, starch

서론

저온성 작물인 감자는 생육기간이 짧고 단위 면적당 생산량이 높을 뿐만 아니라 토질에 대한 적응성이 커서 전세계적으로 재배되고 있다(1). 우리나라에서 생산되는 감자는 6월 중순부터 수확하는 봄 감자와 9월 하순부터 수확하는 가을감자로 대별할 수 있

다(2). 감자는 전분질 이외에 칼륨, 인, 마그네슘 등의 무기질과 비타민 B군 및 비타민 C가 풍부하고 아미노산의 구성도 우수하여 서구에서는 오래 전부터 주식으로 이용해 왔다(3). 최근 식생활의 변천과 경제성장에 따른 건강지향적 식생활 추세로 감자의 이용에 대한 관심이 증가하고 있다. 감자는 증자, 가열 등의 방법으로 조리되거나 가공품으로 이용되지만, 현재 감자를 이용한 가공제품은 냉동프렌치프라이, 건조감자(감자칩), 감자가루 등 일부 항목에 국한되어 있어 소비자의 다양한 기호성을 충족시키지 못하고 있다(4) 또한 감자는 수분함량이 높아 저장이 어렵고 수

Corresponding author : Yong-Jin Jeong, Department of Food Science and Technology, Keimyung University, Taegu 704-200, Korea
E-mail : yjjeong@knu.ac.kr

확시 손상되거나 중량 80g 이하의 상품성이 없는 불량감자가 약 30% 정도 발생되어 재배 농가에 경제적 손실을 초래(5)하고 있을 뿐만 아니라, 최근 냉동감자의 수입으로 가격 불안정 양상이 가중되고 있어 국내산 감자의 효율적인 활용을 위한 신수요 창출이 요구되고 있다. 이러한 측면에서 감자에 함유된 다량의 전분질을 이용한 주류 및 식초의 개발이 가능할 것으로 생각된다. 그러나 감자를 이용한 술·식초의 개발에 관한 연구는 국내·외적으로 거의 없는 실정으로, 감자를 효율적으로 가공하기 위하여 액화 및 당화 등의 전처리 조건에 대한 연구는 공정의 단순화 및 경제성을 위하여 대단히 중요하다.

감자는 가열하면 그 품종에 따라 뚜렷한 텍스처 차이를 나타내어 분질과 점질로서 구분되며 이러한 텍스처 차이는 감자의 수분을 제외한 대부분의 성분인 전분의 성질에 기인한다(6). 감자전분은 포도당 잔기의 6탄소에 결합된 인산을 함유하기 때문에 호화할 때 점도가 높고, 전분 제조시 용수에 따른 점도 특성에는 품종간에 큰 차이가 있어서 인산함량과 양이온의 비율을 변화시킴으로써 감자전분의 물성을 폭넓게 변화시킬 수 있다(7). 또한 감자 전분입자는 그 크기에 따라 성질이 다르며, 겔형성능, 아밀로오스 분자량 등의 특성도 쌀이나 옥수수 전분과는 다른 특성을 가진 것으로 보고되었다(8). 따라서 본 연구에서는 감자를 이용한 주류 및 식초를 생산하기 위하여 효소제의 종류, 가수량 및 원료처리 방법에 따른 수득율을 비교하여 알콜발효를 위한 액화·당화공정을 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 감자는 1998년도 강원도에서 생산된 감자를 시장에서 구입하여 이용하였으며, 효소제로는 양조용으로 시판되고 있는 누룩((주)상주곡자), 조효소제(도일산업사), 정제효소((주) 배한산업) 및 glucoamylase(Daiwa Kasei Co.)를 각각 원료 감자량에 대한 백분율 (w/w)로 사용하였다.

주모 및 종초

경북과학기술대학 전통식품연구소에 보관중인 *Zygosaccharomyces fermenti* KJ98을 정 등(9)의 방법에 따라 감자추출액에 배양하여 주모로 이용하였으며, 종초는 *Aceobacter* sp. PA97을 이용하였다.

효소제 선별

원료감자 500g을 세척후 파쇄하여 증자한 다음 500ml의 물을 가하고 각각 양조용으로 시판되는 누룩 80g, 조효소제 15g, 정제효소 4.5g 및 glucoamylase 0.5g씩 첨가하여 60℃에서, 6시간동안 당화하면서 당함량을 측정하였다.

가수량 설정

원료감자 500g을 세척후 파쇄하여 증자한 다음 각각의 효소제를 혼합하고 원료감자 중량에 대한 백분율로 각각 80, 110, 140, 170 및 200%씩 가수(加水)하여 60℃에서 6시간동안 당화후 당함량을 측정하였다.

혼합효소제 조건

원료감자 500g에 150%의 가수(加水)후 조효소제 55g과 정제효소 4.5g을 혼합효소제 I, 조효소제 25g과 누룩 80g을 혼합효소제 II, 조효소제 40g과 glucoamylase 0.3g을 혼합효소제 III로 하여 각각 첨가한 다음 60℃에서, 6시간동안 당화하여 당함량을 측정하였다.

감자원료 조건

원료감자의 증자, 건조 및 절편처리에 따른 당화력을 비교하기 위하여, 감자를 2mm 두께로 slice 하여 121℃에서 15분간 가압증자처리(PSP) 및 45℃에서 열풍건조처리(PCDP)시킨 절간감자와, 무절편상태에서 blander mixer로 파쇄후 증자처리(CSP)한 감자 1kg에 각각 150%의 가수상태에서 조효소제 40g과 glucoamylase 0.3g을 혼합한 혼합효소제 III를 넣고, 60℃에서 3시간동안 발효시킨후 당함량을 측정하였다. 또한 각각의 감자당화액 2ℓ에 감자추출액을 이용한 주모 100ml씩 넣은 후 25℃, 150rpm으로 72시간동안 알콜발효시켜 알콜함량과 그 수득율을 측정하였다.

알콜 및 초산발효

원료감자 1kg을 파쇄하여 증자한 다음 150%씩 가수(加水)하고 각각의 혼합효소제(I, II, III)를 첨가하여 60℃에서, 5시간동안 당화시킨 후, 감자추출액을 이용한 주모를 125ml씩 넣은 후 정 등의 방법(9)에 따라 30℃ 진탕배양기에서 3일간 알콜발효시켰다. 초산발효는 알콜발효액을 착즙·여과하여 잔사를 제거하고 얻은 여액과, 감자 알콜발효액을 이용한 종초 250ml를 발효조(Ltd KF-5, Korea fermentor Co.)에 넣은 후 30℃에서 250rpm으로 8일간 발효시켰다. 또한 이때 각 발효액을 원심분리하여 얻은 상정액을 분석용 시료로 하여 알콜함량 및 초산을 측정하였다(10).

결과 및 고찰

효소제에 따른 당화력 비교

Fig. 1은 감자전분의 당화공정을 확립하기 위하여 감자를 파쇄·증자하여 산업적으로 양조용 효소제로 널리 이용되고 있는 누룩, 조효소제, 정제효소 및 glucoamylase를 사용하여 60℃에서 6시간 당화하면서 당함량의 변화를 조사한 결과이다. 각각의 효소제 모두 5, 6시간에서 당의 생성이 가장 높았으며, 6시간 후에는 누룩, 조효소제, glucoamylase, 정제효소 순으로 당의 생성이 높았다. 그러나 누룩과 조효소제는 자체에 일부의 전분질을 함유하고 있어 최종 당의 생성량이 많았으며, 정제효소와 glucoamylase는 당화력은 약하지만 짧은 시간(2~3시간) 내에 당화가 완료되어 더이상 진행되지 않았다. 이 등(11)도 전통누룩 및 조효소제를 이용한 발효주의 제조에서 전통누룩은 내산성 당화력이 약하고 조효소제는 당화력은 뛰어나지만 발효시간, 온도 등의 조건에 의해 실제 효율면에서 차이가 큰 것으로 보고하였다. 따라서 감자전분의 경우 단일 효소제의 사용보다는 2종 이상의 효소제를 혼합하여 당화시키는 것이 적합한 것으로 사료된다.

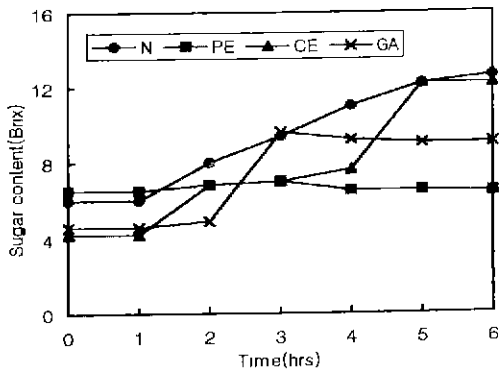


Fig. 1. Sugar contents in saccharification using various fermenters. N Nuruk, PE Pure enzyme, CE Crude enzyme, GA Glucoamylase

가수량에 따른 당화력 비교

Table 1은 감자의 당화과정에서 첨가된 가수량에 따른 당화효율을 검토하기 위하여 원료감자의 중량에 대한 백분율(w/w)로 가수를 한 다음 각각의 효소제를 사용하여 60℃, 6시간 당화하여 당함량을 조사한 결과이다. 그 결과 효소제 종류에 따른 당화력은 비슷한 경향을 나타내었으며 가수량이 적을수록 당의 생성량은 높았으며, 가수량이 많을수록 당의 생성

량은 낮았다. 그러나 전체적인 수율과 당의 농도를 고려할 때 가수량은 150% 정도가 적당한 것으로 사료된다. 이 등(12)에 따르면 분쇄미를 이용하여 무증자 당화 탁주를 제조시 원료량에 대해 급수 150%로, 숙성된 탁주 주요에서 12% 이상의 알콜 함량을 얻을 수 있는 것으로 보고되었다.

Table 1. Sugar contents in saccharification as affected by water content and various fermenters (Brix)

Fermenter*	Water content(%)			
	80	110	140	170
N	14.0	12.0	13.2	12.3
PE	13.2	14.0	11.6	11.2
CE	6.9	6.9	6.8	6.2
GA	11.9	11.0	8.9	8.9

* Abbreviations are the same as in Fig. 1

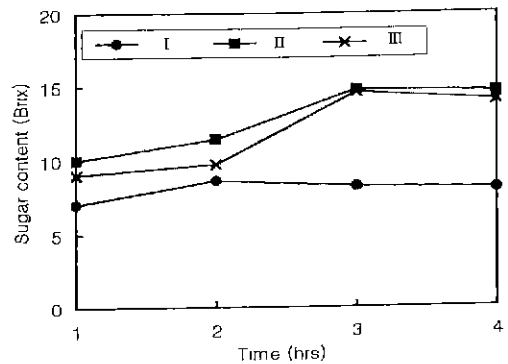


Fig. 2. Changes of sugar contents in saccharification using complex fermenters.

I : Complex fermenter mixed crude enzyme and pure enzyme, II : Complex fermenter mixed crude enzyme and Nuruk, III : Complex fermenter mixed crude enzyme and glucoamylase

혼합효소제에 따른 당화력 비교

앞서 효소제의 종류 및 가수량에 따른 감자의 당화력을 비교한 결과 단기간 대량처리 및 당화시간의 단축과 당화력을 높이기 위해서는 단일 효소제보다는 초기 당화력이 높은 정제효소 또는 glucoamylase를 조효소 등과 혼합시킨 복합형 효소제를 사용하고 가수량은 150%정도가 적합한 것으로 나타났다. 따라서 Fig. 2는 조효소제에 정제효소(혼합효소제 I), 누룩(혼합효소제 II) 및 glucoamylase(혼합효소제 III)를 각각 첨가하고 가수량을 150%로 하여 당함량의 변화를 조사한 결과이다. 3종의 혼합효소제 모두 첨가후 3시간 이후에는 당함량이 거의 변하지 않고 당화가 완료되어, 앞서 단일 효소제 사용에 비해서 전반적인 당화력이 높아서 당화시간이 단축되었다. 또한 혼합

효소제 II는 조효소제에 glucoamylase를 혼합한 혼합 효소제 III보다 당화력이 다소 높게 나타났으나, 이는 누룩 자체에 함유된 전분질에 따른 차이로 추정된다. 이상의 결과에서 감자전분은 조효소제와 glucoamylase의 혼용 및 가수량 150%로 3시간의 당화처리가 가장 효율적인 것으로 나타났다. 또한 이는 이 등(11)이 발효주 제조시 당화력은 발효중의 술덧이 나타내고 있는 pH, 용존산소, 탄산량, 당화시간, 온도 기질농도 등에 영향을 받으며 효소제의 종류에 따라 담금을 달리한다는 보고와 유사하였다.

감자원료 조건에 따른 당화력 및 알콜발효 수득을 비교

Table 2는 감자의 전처리방법 즉, 절편후 가압증자 처리한 감자(PSP)와 열풍건조처리한 절간감자(PCDP) 및 무절편상태에서 파쇄증자처리한 감자(CSP) 각각에 조효소와 glucoamylase를 혼합한 혼합효소제 III을 첨가하고 60℃, 3시간동안 당화시킨 후 알콜발효하여 알콜함량과 수득율을 조사한 결과이다. 그 결과 당화 후 당의 생성은 가압증자감자(PSP)에서 14.2, 파쇄증자감자(CSP)에서 11.0, 열풍건조감자(PCDP)에서 9.0brix로 나타났으며, 당화 후 발효하여 생성된 알콜함량은 각각 6.4, 5.6 및 5.5%로 가압증자 처리된 감자(PSP)에서 가장 높았다. 하지만 원료의 전처리에 따른 조건을 확립하기 위하여 다양한 조건이 검토되어야 될 것으로 사료되며, 열풍건조감자(PCDP)의 경우 수율 및 대량생산시 단계별 공정에 따른 생산원가 상승요인과 관능적인 이취(異臭)의 발생으로 산업화 공정에는 적합하지 않는 것으로 추정되었다. 또한 파쇄증자 처리한 감자는 절간감자 및 열풍건조감자에 비해 연속적인 처리가 용이할 것으로 판단되며, 차후 연속공정의 효율성을 감안한 연구가 요망된다.

Table 2. Comparison in sugar and alcohol content by different pretreatments of potatoes

Item	Potato pretreatment		
	PSP*	CSP	PCDP
Sugar (Brix)	14.2	11.0	9.0
Alcohol (%)	6.4	5.6	5.5
Yield (%)	150	150	80

* Abbreviations PSP: Pressure steamed potatoes, CSP: Crush steamed potatoes, PCDP: Plain cubed dry potatoes

알콜 및 초산발효 비교

Fig. 3과 4는 감자를 파쇄, 증자하여 가수량을 150%로 조절하고 혼합효소제 I, II, III을 사용하여 60℃에서, 3시간동안 당화시킨 후 알콜발효 및 초산발효시켰을 때 알콜함량 및 초산의 변화를 조사한 결과이

다. 1단계 알콜발효 과정에서는 Fig. 3과 같이 3종의 혼합효소제(I:조효소 + 누룩, II:조효소 + 정제효소, III:조효소 + glucoamylase)처리시 발효 3일째에 알콜함량이 각각 3.6, 6.2, 6.6%로 나타났다 2단계 초산발효에서는 발효 3일째부터 산의 생성이 시작되어 발효 8일째에 초산 함량이 혼합효소제 I에서 3.5, 혼합효소제 II에서 5.8, 혼합효소제 III에서 6.7%로 가장 높게 나타났다. 혼합효소제 III에 의한 알콜함량 및 초산함량은 사과(13), 포도(14) 등을 이용한 발효 중의 수치와 근사한 수준으로 고품질의 감자발효제품 생산이 가능할 것으로 사료되었다.

이상의 결과에 의하면 감자를 이용한 고품질 효소제품 생산을 위해서는 먼저 원료감자를 파쇄 후 증자하여 150% 정도의 가수량으로 조효소와 glucoamylase를 혼합한 혼합효소제를 사용하여 3시간의 당화처리하는 공정이 가장 효율적인 것으로 나타났다.

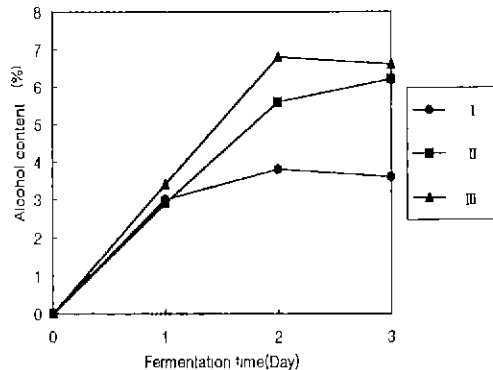


Fig. 3. Changes of alcohol content during alcohol fermentation of potatoes. *Abbreviations are the same as in Fig. 2

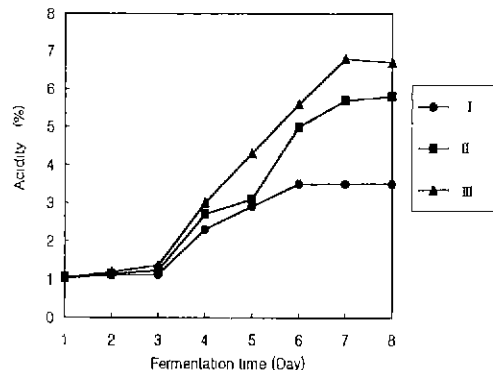


Fig 4 Changes of acidity during acetic acid fermentation of potatoes. *Abbreviations are the same as in Fig. 2

요 약

감자를 이용해서 발효제품을 생산하기 위해서는 먼저 감자전분의 액화 및 당화공정이 요구되며, 누룩, 조효소제, 정제효소, glucoamylase 등 다양한 효소제의 효율적 활용은 대량생산 공정에서 가장 중요한 현장 애로과제가 된다. 본 연구에서는 감자의 원료조건(가압증자, 절간건조, 파쇄증자) 및 4가지 효소제의 당화력, 발효수율 등을 상호 비교하여 최적 당화·액화조건을 설정하고자 하였다. 당화력을 조사한 결과 최종 당함량은 누룩과 조효소제에서 높았으나 정제효소와 glucoamylase는 빠른 시간내에 당화가 완료되어 단일 효소제 보다는 2가지 이상의 효소제를 혼합한 혼합효소제가 적합한 것으로 나타났다. 혼합형 효소제로는 조효소제와 glucoamylase를 사용하여 150%의 가수량으로 3시간의 당화처리가 가장 효율적이었다. 또한 원료감자 조건에 따른 수득율은 가압증자처리구에서 6.4% 알콜함량으로 150%의 수득율로 가장 높았으나 연속적인 공정을 감안할 때 파쇄증자처리구(5.6%, 150%)가 적합한 것으로 판단되었다. 이상의 처리조건으로 감자를 당화시켜 알콜·초산발효시킨 경우 알콜함량은 6.6%, 초산함량은 6.7%를 각각 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 98 한국학술진흥재단 대학부설연구소 과제 '감자소주 및 감자식초 제조방법의 최적화(98-005-G00328)'에 의하여 수행된 결과의 일부입니다.

참고문헌

1. 최옥자, 고무석 (1991) 마이크로파 가열이 감자가루 저장중 지방산 조성에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, 20(5), 461-466
2. 남경아, 노완섭 (1992) 감자의 전처리 방법에 따른 환원당 함량과 potato chip의 색상. 한국농화학회지, 35(6), 437-442

3. 신용서, 성현주, 김동한, 이갑상 (1994) 감자를 첨가한 요구르트의 제조와 특성. 한국식품과학회지, 26(3), 266-271
4. 김향숙, 이영은 (1996) 가교결합 감자 전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, 28(3), 573-579
5. 김정상, 오상룡, 신동화, 민병용 (1986) 동결건조 감자의 환원성에 미치는 동결건조조건의 영향. 한국농화학회지, 29(4), 352-358
6. 나환식, 박종훈, 강길진, 김성곤, 김관 (1996) 품종별 감자전분의 분자 구조적 특성. 한국농화학회지, 39(3), 212-217
7. 석호문, 박용곤, 남영중, 민병용 (1987) 품종별 감자 전분의 이화학적 특성. 한국농화학회지, 30(2), 133-140
8. 김향숙, 이영은 (1996) 가교결합 감자 전분의 호화특성과 형태학적 변화. 한국식품과학회지, 28(3), 580-586
9. 정용진, 서권일, 이기동, 윤광섭, 강미정, 김광수 (1998) 반응표면분석에 의한 단감식초 제조조건의 모니터링. 동아시아식생활학회지, 8(1), 57-62
10. 정용진, 서권일, 김광수 (1996) 시판 및 속성 감식초의 이화학적 특성. 동아시아식생활학회지, 6(3), 355-360
11. 이미경, 이성우, 윤태현 (1994) 전통누룩으로 빚은 발효주의 품질 평가. 한국영양식량학회지, 23(1), 78-89
12. 이순애, 박희동 (1995) 원료백미의 분쇄정도가 무증자 당화 탁주의 발효에 미치는 영향. 한국농산물저장유통학회지, 2(2), 269-276
13. 정용진, 서지형, 이기동, 박난영, 최태호 (1999) 2단계 발효에 의한 사과식초와 시판 사과식초의 품질비교. 한국식품영양과학회지, 28(2), 353-358
14. 정용진, 이명희, 서권일, 김주남, 이용수 (1998) 2단계 발효에 의한 포도식초와 재래식 포도식초의 품질 비교. 동아시아식생활학회지, 8(4), 462-467

(1999년 11월 25일 접수)