

맥아당 전처리에 의한 제빵용 효모의 발효활성 개선

이기평 · 강원진

공주대학교 자연과학대학 화학과

Improvement of the Leavening Activity of Baker's Yeast by Maltose-pulsing Pretreatment

Key-Pyoung Lee and Won-Jin Kang

Department of Chemistry, College of Natural Sciences, Kongju National University,
Kongju, Chungnam 314-701, Korea

Abstract

This study was performed to improve the quality of mass-produced fermented bread by enhancing the leavening activity of baker's yeast in sugared dough. In order to increase sugar fermentation and CO₂ production, maltose-pulsing of baker's yeast was introduced for induction of maltose-utilizing enzyme activities before inoculation. Pre-exposure of baker's yeast (3% in wet weight per volume) to maltose(3%) at 30°C for 2 hr led to the highest level of CO₂ production in a fermentation medium which mimicked the composition of sugars in yeasted bread doughs. Pulsing yeast with commercial starch syrup containing 55% maltose brought about much higher increase in CO₂ production than the homogeneous maltose-pulsing at the equivalent maltose concentration (3%) for 1.5 hr. Concomitant increase in maltase activity without any considerable change in the pulsed cell mass suggested that the enhanced CO₂ production might be due to the induced maltose-utilizing enzyme activities in yeast cells. Baked bread also showed about 11% increase in volume as a result of the enhanced leavening activity of maltose-pulsed yeast in sugared dough. With the advantages of low price and using one of the intrinsic components of sugared dough, pulsing baker's yeast with commercial starch syrup could be useful for enhancing fermentations relevant to baking industry.

Key words: baker's yeast, fermentation, leavening activity, maltose-pulsing, starch syrup

서 론

효모의 반죽 내 당분 발효활성은 빵의 제조과정 중에서 제품의 질을 결정하는 가장 중요한 요소 가운데 하나이다. 발효 빵의 제조에서 반죽의 발효는 여러 종류의 발효 현상들이 복합적으로 일어나는 과정이다(Randez-Gil and Sanz, 1994). 효모의 발효 작용으로 발생하는 탄산가스의 양과 반죽의 팽창 효과는 적절한 환경아래에서만 최대의 효과를 볼 수 있으며 발효온도, 반죽온도, pH, 설탕의 함량, 물

의 정도 등에 따라 그 효과가 상당한 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

밀가루 속에는 소량의 유리된 포도당, 과당, 자당 등의 발효성 당분들이 존재하지만 효모 발효에 이용되는 주된 탄소원 화합물은 맥아당이다. 초기에는 반죽에 포함된 포도당을 주로 사용하지만 발효가 진행되면서 밀가루의 녹말성분에서 β -amylase에 의해 분해되어 나오는 맥아당을 발효에 이용하게 된다(Randez-Gil and Sanz, 1994). 이러한 발효체계의 전환은 세포 내의 맥아당 발효 관련 효소들의 유전자 발현에서 비롯되는데, 이때 유전자 발현을 유도하는 기작과 맥아당의 세포 내 유입 및 대사를 촉매하는 효소활성들을 주위에 잔존하는 포도당이 억제하는 것으로 알려져 있으며(Hu *et al.*, 1995; Klein

Corresponding author: Key-Pyoung Lee, Department of Chemistry, College of Natural Sciences, Kongju National University, Kongju, Chungnam 314-701, Korea
Phone: (041) 850-8497. E-mail: kplee@kongju.ac.kr

et al., 1998) 이러한 이유 때문에 효모의 맥아당 발효체제 전환이 지연되어 발효속도가 감소하고 결과적으로 생성되는 탄산가스의 양이 제한되어 성형화된 반죽 내에서의 충분한 팽창이 이루어지지 않는 것으로 추정되고 있다(Hazell and Attfield, 1999).

효모의 맥아당 발효체제가 갖고 있는 이러한 특성은 발효 빵 품질의 개선을 목적으로 하는 제빵 분야만이 아니라 맥아당 발효와 관련하여 생산효율을 높이고자 하는 맥주나 위스키 등의 양조산업 분야에서도 종종 문제가 되고 있는 부분이다. 맥아당 발효 관련 효소들, 해당 유전자 및 유전자 발현 기작에 대한 최근의 연구들은 효모의 맥아당 발효체제에 대한 포도당의 억제작용은 상당히 복합적인 기작에 의해 나타나는 현상임을 제시하여 왔으며(Hazell and Attfield, 1999), 따라서 관련 유전자들의 발현조절 및 효소활성의 조절에 대한 지속적인 연구가 필요한 것으로 보고 있다(Rodicio and Zimmermann, 1985; Vanoni et al., 1989; Charron and Michels, 1987; Dubin et al., 1988; Naumov et al., 1994; Zimmermann and Eaton, 1974).

본 연구에서는 이러한 반죽 내 포도당에 의한 맥아당 발효 억제 현상의 개선을 통해 발효 빵 제품의 품질 향상을 도모하고자, 맥아당 자극에 따른 효모 내의 맥아당 발효 관련 효소 유전자들의 발현을 사전 유도함으로써 상대적으로 포도당에 의한 억제 현상을 약화시키는 방법을 시도하였으며 그 효과를 실제 발효 빵의 제조과정에 적용시켜 보았다.

재료 및 방법

시약 및 기기

실험에 사용된 효모(*Saccharomyces cerevisiae*)는 국내에서 시판되고 있는 (주)오뚜기의 압착 생효모 (compressed fresh yeast)로부터 단일 균주를 분리하여 실험 효모 균주로 사용하였다. 배지의 제조에 사용된 yeast extract, peptone은 Difco 제품, glucose, maltose, glycerol, ethanol, fructose, potassium phosphate dibasic(K_2HPO_4), dithiothreitol, p-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside는 Sigma 제품, Bradford 단백질 정량시약은 Bio-Rad 제품을 사용하였으며 그 밖의 시약들도 모두 특급 또는 일급시약을 사용하였다. 식용 물엿(맥아당 55% 함유)을 비롯한 모든 반죽재료는 흥진제과(충남 금산군 소재)에서 제빵 공정에 사용하고 있는 제품을 사용하였으며, 제

빵 관련 기구도 동 회사에서 제작한 것을 사용하였다. 효모 배양에 사용된 incubator(규격: DI-2265-SI)는 한국엔지니어링의 BOD shaking incubator를 사용하였으며, 무균 조건의 실험에 사용된 clean bench는 대일엔지니어링의 제품을 사용하였다.

맥아당 자극에 의한 효모의 발효활성 변화

효모의 단일 균주 분리 및 증식 배양을 위해서는 2% GYP(2% glucose, 0.5% yeast extract, 1% peptone, 0.3% KH_2PO_4) 배지를 사용하였으며, 고체 배지 제조에는 2% agar를 첨가하였다. 맥아당 전처리 과정에는 1~5% MYP(1~5% maltose, 0.5% yeast extract, 1% peptone, 0.3% KH_2PO_4) 배지를 사용하였으며, 전처리에 대한 대조실험을 위해서는 GlyEtYP(3% glycerol, 2% ethanol, 0.5% yeast extract, 1% peptone, 0.3% KH_2PO_4) 배지를 사용하였다. 또한 효모의 발효활성 측정에는 빵의 반죽과 유사한 당 성분의 조성을 가진 FMGYP(0.33% fructose, 4.3% maltose, 0.38% glucose, 0.5% yeast extract, 1% peptone, 0.28% KH_2PO_4) 배지를 사용하였다(Hazell and Attfield, 1999).

효모 배양액을 4°C에서 2,500×g로 5분간 원심분리하여 상층액을 완전히 제거한 다음 세포 침전물의 질량을 측정하였다. 이를 20% 세포 용액이 되도록 배양용 배지로 희석한 다음 각 100~500 mg의 세포 질량이 되도록 분주하고 원심분리로 배지를 제거한 후 각 조건에 따른 전처리 배지를 가하여 10 mL가 되도록 함으로써 1~5% 효모 용액 상태로 전처리 되도록 하였다. 전처리가 완료된 효모는 원심분리로 침전시키고 발효활성측정용 배지 10 mL로 세척한 후 같은 배지를 가하여 10 mL가 되도록 함으로써 각 1~5% 효모 용액 상태로 발효활성이 측정되도록 하였다.

모든 배양 및 전처리 온도는 30°C를 이용하였으며, 발효활성의 측정은 같은 온도에서 각 효모 농도별로 10 mL 배양용액에 대해 0~3시간 동안의 CO_2 기체 발생량을 이용하여 측정하였다. 발생된 기체의 부피는 발효용기에 부착된 기체 측정용 syringe cylinder를 사용하였다.

물엿 전처리에 의한 효모의 발효활성 변화

정제된 맥아당 대신 실제 빵 생산에 이용이 되고 있는 식용 물엿(맥아당 55% 함유)을 맥아당원으로 사용하였다. 기본적으로 효모의 배양, 전처리 및 발

Table 1. The composition of sugared dough. The 2nd dough components were added to the 1st after primary fermentation

Component (w/w %)	Flour	Sugar	Yeast	Yeast food	Fats and fatty oils	Starch syrup	Sodium chloride	Water
1st dough	38.79	8.82	1.76	0.08				25.86
2nd dough	12.93	1.53			6.72	0.26	0.67	2.59

효활성 측정 등은 앞에서 언급된 실험 방법과 동일하며, 식용 물엿을 55%의 맥아당 수용액인 것으로 대체하여 사용하였다.

전처리에 따른 전체 효모질량의 변화 및 말타아제 (maltase) 효소활성 측정

전처리에 따른 효모질량의 변화는 앞의 “맥아당 자극에 의한 효모의 발효활성 변화”에서 언급된 실험 방법과 동일하게 처리된 효모 용액 가운데 3% 효모 용액에 대해 각 조건의 전처리 배지를 가하기 직전의 효모와 전처리 후 배양 배지를 가하기 직전의 효모 침전물의 질량을 측정함으로써 확인하였다.

말타아제 효소 시료는 3% 효모 용액에 대해 각 조건별로 전처리 된 후 배양 배지를 가하기 직전의 효모 침전물을 준비하여 4°C의 증류수로 원심분리를 이용해 2회 세척한 다음, 1 mM dithiothreitol을 포함한 4°C의 50 mM potassium phosphate, pH 6.8 완충용액을 침전물과 동일한 부피로 가하여 잘 섞은 후 얼음 냉각된 조건에서 초음파 파쇄기로 10 초 파쇄 후 20초 냉각 과정을 12회 반복하여 세포 내용물을 추출하고 4°C에서 10,000×g로 10분간 원심분리하여 얻은 상층액을 사용하였다.

활성측정은 30°C에서 수행되었으며, 50 mM potassium phosphate, pH 6.8 완충용액에 녹인 0.1%(w/v) p-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside 용액 1 mL에 효소 시료 100 μ L를 가하고 반응 시간에 따른 400 nm에서의 흡광도 변화를 이용하였다 (Higgins *et al.*, 1999). 반응 생성물인 p-nitrophenol의 흡광계수는 9.6×10^3 을 사용하였으며 (Halvorson, 1996), 말타아제 효소 활성 1 unit은 1분당 1 nmole의 p-nitrophenol을 생성하는 활성으로 정의하여 사용하였다. 단백질의 정량은 Bradford의 방법을 이용하였다 (Bradford, 1976).

빵 반죽을 이용한 맥아당 전처리 효모의 발효활성 분석

물엿으로 전처리 한 실험군과 대조군의 두 시료 효모에 대한 발효활성의 비교는 반죽 발효과정에서 가스제거 단계가 포함되기 때문에 CO₂ 기체 발생

량으로는 비교가 어려우므로 이와 비례적으로 나타나는 결과로 볼 수 있는 반죽질량의 변화를 측정하거나 또는 굽기 과정을 거친 완성된 빵의 부피 변화를 측정함으로써 발효활성을 평가하였다.

빵의 제조과정은 효모의 맥아당(물엿) 전처리→1차 반죽→1차 발효→2차 반죽→2차 발효→굽기 단계로 수행되었으며 각 단계의 실험조건은 다음과 같았다.

효모의 맥아당 전처리는 30°C에서 3%의 효모 농도에 대해 3%의 맥아당 농도를 이용하여 1.5~2시간 처리하였다. 실험 대조군으로는 4°C에 보관된 효모를 그대로 사용하였으며 이와 조건을 맞추기 위해 전처리 된 효모 역시 반죽에 투입되기 전에 2시간 이상 4°C로 유지시킨 후 사용하였다.

1차 반죽과 발효는 Table 1에 나타난 대로 1차 반죽 재료를 모두 섞은 후 온도를 26°C로 유지하며 저속으로 3분, 고속으로 2분 혼합하여 반죽을 제조하였다. 1차 발효는 27°C, 77% 습도로 유지시킨 발효기에서 2시간 동안 발효시켰다. 2차 반죽과 발효는 2차 반죽 재료를 발효된 1차 반죽에 모두 추가한 후 온도를 28°C로 유지하며 저속으로 3분, 고속으로 7분 혼합하여 반죽을 완료하고, 20분 동안 상온에 방치한 다음 밀대를 이용하여 가스를 제거해 준 후 알루미늄 용기에 옮겨 성형하였다. 2차 발효는 39°C, 80% 습도로 유지시킨 발효기에서 40분 동안 발효시켰다.

굽기는 알루미늄 용기에 성형된 채로 2차 발효가 끝난 반죽을 190°C 오븐에서 20분 동안 구워낸 후 상온에서 냉각시켜 빵 제조를 완료하였다.

반죽 질량의 변화는 각 발효 단계의 전후에 측정된 질량을 이용하였으며, 굽기를 거쳐 완성된 빵의 부피는 시료의 표면에 밀착될 수 있는 얇은 비닐 봉지에 시료를 담아 물 속에 넣고 증가된 물의 부피를 mass cylinder로 측정하였다.

결과 및 고찰

맥아당 자극에 의한 효모의 발효활성 변화

맥아당의 자극에 의해 효모의 당 발효활성이 증

Table 2. Effects of maltose concentration in yeast-pulsing medium and pulsing time on CO₂ evolution (mL) measured after the pulsed yeast fermentation in a medium which mimicked the levels of sugars in yeasted bread doughs

(A)										
Pulsing time		1 hr			2 hr			3 hr		
Time (min)	Pulsing media	3% Maltose-MYP	5% Maltose-MYP	GlyEt YP	3% Maltose-MYP	5% Maltose-MYP	GlyEt YP	3% Maltose-MYP	5% Maltose-MYP	GlyEt YP
	20		-	-	-	-	-	-	-	-
40		-	0.4	-	0.4	-	-	0.4	0.4	-
60		-	0.4	0.3	1.0	0.4	0.3	0.8	0.9	0.3
75		-	0.4	0.3	1.6	0.7	0.4	1.4	1.6	0.4
90		0.3	0.4	0.5	2.6	1.4	0.7	2.0	2.5	0.7
105		0.4	0.7	0.8	3.5	2.1	1.0	2.7	3.1	1.1
120		0.8	1.0	1.4	4.8	2.9	1.5	3.5	4.0	1.6
135		1.4	1.5	2.0	6.4	3.7	2.2	4.4	4.9	2.2
150		2.0	2.1	2.7	8.1	4.7	2.8	5.3	5.6	2.8

(B)										
Pulsing time		1 hr			2 hr			3 hr		
Time (min)	Pulsing media	3% Maltose-MYP	5% Maltose-MYP	GlyEt YP	3% Maltose-MYP	5% Maltose-MYP	GlyEt YP	3% Maltose-MYP	5% Maltose-MYP	GlyEt YP
	10		-	-	-	-	-	-	-	-
15		-	0.2	-	0.3	0.2	-	0.3	0.3	-
20		-	0.3	0.2	0.6	0.6	0.2	0.5	0.6	0.2
25		-	0.3	0.2	1.1	0.9	0.3	1.0	1.0	0.3
30		0.3	0.4	0.3	1.8	1.6	0.4	1.3	1.6	0.4
35		0.4	0.7	0.5	2.5	2.2	0.7	1.8	2.1	0.8
40		0.7	1.0	0.9	3.5	3.0	1.0	2.4	2.7	1.1
45		1.1	1.5	1.4	4.7	4.0	1.6	3.0	3.4	1.6
50		1.6	2.0	1.8	5.9	5.1	2.0	3.6	3.9	2.0

(C)										
Pulsing time		1 hr			2 hr			3 hr		
Time (min)	Pulsing media	3% Maltose-MYP	5% Maltose-MYP	GlyEt YP	3% Maltose-MYP	5% Maltose-MYP	GlyEt YP	3% Maltose-MYP	5% Maltose-MYP	GlyEt YP
	3		-	-	-	-	-	-	-	-
6		-	-	-	-	0.4	-	-	-	-
9		-	-	-	-	0.5	-	-	-	-
12		-	-	-	-	0.9	-	-	-	-
15		0.2	0.3	-	0.3	1.3	-	0.2	-	-
18		0.2	0.5	-	0.4	1.9	-	0.2	-	-
21		0.3	0.7	-	0.7	2.4	-	0.3	0.3	0.3
24		0.4	1.1	-	1.2	3.3	-	0.4	0.4	0.3
27		0.7	1.5	0.3	1.6	4.5	0.4	0.5	0.7	0.4
30		1.0	2.0	0.4	2.0	5.9	0.5	0.7	1.0	0.5

Glycerol and ethanol were used instead of maltose as the control. Yeast cell concentrations were 1%(A), 3%(B) and 5%(C), respectively, in wet weight per volume during maltose-pulsing and fermentation. Values shown were means of data derived from three experiments. MYP and GlyEtYP stand for maltose-yeast extract-peptone and glycerol-ethanol-yeast extract-peptone media, respectively. "-" means the value under the detection limit.

가되는가를 조사하고자 MYP 배지에서 30°C로 1~3 시간 동안 전처리 한 효모를 사용하여 빵 반죽과 유사한 당 조성을 가진 30°C의 FMGYF 발효 배지에서의 발효활성을 0~3시간 동안 CO₂ 기체 발생량을 이용하여 측정한 결과는 Table 2에서 볼 수 있듯이 발효시간이 진행됨에 따라 대조군에 비해 뚜렷한 발효활성 증가 현상이 관찰됨으로써 맥아당 전처리가 효모의 발효율을 명확히 증가시키는 것으로 확인되었다. 이들 결과는 5%의 효모가 사용된 경우를 제외하고는 대체로 전처리에 사용된 맥아당의 농도가 3%인 경우에서 가장 향상된 발효활성을 보였으며 이러한 효과를 나타내기 위해서는 최소한 2시간 정도의 전처리 시간이 요구됨을 알 수 있었다. 이들 가운데 실제 빵 발효시 이용되는 효모의 농도가 2% 내외임을 고려할 때 3%의 효모가 사용된 결과로부터 3%의 맥아당 농도에서 2시간 정도의 전처리를 수행하는 것이 최적 조건으로 사용될 수 있음을 확인하였다.

물엿 전처리에 의한 효모의 발효활성 변화

고가의 정제된 맥아당 대신에 실제 발효 빵 제품 생산에 사용되고 있으며 원료 수급이 용이한 물엿(맥아당 55% 함유)을 사용하여도 정제된 맥아당에서와 같은 효모의 발효활성 증가 효과가 나타나는지를 조사해 본 결과, Table 3에서 볼 수 있듯이 동

일한 맥아당 농도 조건에서 정제된 맥아당보다 더 향상된 활성 증가 효과를 보임으로써 정제된 맥아당보다 경제성이 높은 물엿을 효모의 전처리에 효과적으로 사용할 수 있음을 확인하였다. 또한 이러한 결과가 맥아당 전처리 후 효모 세포의 양이 증가하여 나타난 현상인지를 확인하고자 전처리 전후의 총 효모 질량을 측정한 실험의 결과는 거의 변화가 없는 효모 질량을 보임으로써 효모 개체수의 증식에 따른 전체 활성의 증가 현상이 아님을 명확히 보여주었으며, 효모로부터 추출한 단백질 1 mg 당 말타아제 효소활성을 측정한 실험의 결과는 이러한 효모 활성의 향상이 맥아당 자극에 의한 유전자의 발현 유도로 맥아당 대사에 관련된 효소활성이 세포 내에 증가된 데 따른 결과임을 뒷받침 해주었다.

실제 반죽 조건에서 맥아당 전처리 효모의 발효활성 분석

앞의 실험결과를 토대로 하여 실제 빵 반죽에 사용되고 있는 물엿(맥아당 55% 함유)을 효모의 전처리에 사용한 후 반죽 발효 상태를 조사하였다. 전처리 조건은 앞의 실험에서 확인된 조건과 동일하게 3% 효모 농도에 대하여 3% 맥아당 농도로 30°C에서 2시간 처리방법을 사용하였다. 각 1, 2차 반죽의 발효를 전후하여 측정한 반죽질량은 Table 4의

Table 4. Effect of starch syrup-pulsing of yeast on the dough mass after fermentation

Treatment of yeast	Starch syrup-pulsing			Control(w/o pulsing)			Reduction ratio (a/b)
	Dough mass (g)	Reduction in mass(g)	(a)Percent reduction	Dough mass (g)	Reduction in mass (g)	(b)Percent reduction	
Before 1st ferment.	203.34			204.09			
After 1st ferment.	200.61	2.73	1.34%	201.94	2.15	1.05%	1.28
Before 2nd ferment.	243.40			244.61			
After 2nd ferment.	243.01	0.39	0.16%	244.29	0.32	0.13%	1.23

Values shown were means of data derived from three experiments.

Table 5. Effect of starch syrup-pulsing of yeast on the volume of baked bread

Treatment of yeast	Baked bread volume(mL)			Volume ratio	
	(a)Starch syrup-pulsing	(b)Starch syrup-pulsing followed by storing at 4°C for 48 hr	(c)Control (w/o pulsing)	(a/c)	(b/c)
Expt. number					
1	433	429	388	1.12	1.11
2	388	386	350	1.11	1.10
3	397	397	360	1.10	1.10
4	418	422	377	1.11	1.12

Volume variations between experiments were caused by slight differences in baking condition. Values shown were means of data derived from triplicate experiments for respective experiment numbers.

결과에서 볼 수 있는 것처럼 물엿으로 전처리 한 효모를 사용한 반죽에서 대조군에 비해 1, 2차 각 28%와 23%의 반죽질량 감소를 향상이 있었음을 보여주었는데 이는 이에 상응하는 발효를 증가에 의해 이루어진 결과임을 보여주는 것으로 앞의 물엿 전처리에 의한 효모의 발효활성 증가 현상과 잘 일치하는 결과이다.

그러나 이 같은 질량 변화의 양상은 빵의 종류에 따라 달라지는 반죽의 조성 및 각 성분의 1, 2차 반죽 투입 순서, 그리고 반죽의 정도에 의해서도 상당한 변화를 보이므로 발효활성 분석의 객관적인 비교 척도로 이용하기에는 부적합한 면이 있는 것으로 보였다. 이에 비해 반죽공정을 완료한 후 굽기 과정을 거쳐 완성된 빵의 부피를 측정하는 방법은 상당히 재현성이 있는 결과를 제시하는 것으로 나타났다. Table 5에서 볼 수 있듯이 각 3중 실험으로 4회에 걸쳐 수행한 부피 측정의 결과는 물엿으로 전처리 한 효모의 발효에 의해 11% 정도의 부피 증가가 일정하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한 물엿으로 전처리 한 효모를 4°C에서 48시간 동안 방치한 후 그 발효활성을 조사한 결과 전처리 직후와 거의 동일한 활성을 보임으로써 전처리로 향상된 효모의 발효활성이 손상됨이 없이 보존될 수 있는 활성임을 확인하였다. 이러한 결과는 향상된 발효활성이 세포 내에 증가된 맥아당 대사 관련 효소 단백질의 양에 기인하는 것임을 뒷받침해 주는 것으로, 전처리에 의해 말타아제 활성이 증가되었음을 보여준 앞의 실험결과(Table 3)와 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

전처리 된 효모의 정확한 저장 조건 및 유효 기간은 제품 생산 공정을 관리하는 측면에서는 상당히 중요한 요인이 될 수 있다. 따라서 추가적인 실험을 통해 보다 구체적으로 보존에 관한 특성이 규명되어야 하지만 효모를 전처리 하여 수거한 후 적어도 수 일 동안은 저장하여 사용하는 것이 가능한 것으로 제시됨으로써 기존의 제품 생산 체제에서와 같이 효모의 사전 비축 및 공급에 문제가 없을 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 제시된 결과는 효모에 대한 맥아당의 전처리가 빵 반죽의 발효를 향상시키는 기술로 충분히 발전될 수 있음을 보여주었으며, 이 과정에 사용된 맥아당 또한 반죽의 조성성분 중 하나이며 기존에 저렴하게 판매되고 있는 물엿으로 대체할 수 있어 품질에 변화를 주지 않으면서 생산원

가에 큰 영향을 주지 않는 실용적인 방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

제빵용 효모의 발효활성 개선을 목적으로 맥아당 자극 방법을 적용하였다. 빵 반죽과 유사한 조성을 가진 배지에서 CO₂ 기체 발생량을 이용하여 발효활성을 측정한 결과, 3% 효모와 3% 맥아당 농도에서 30°C로 2시간 전처리 할 경우 최적의 발효활성 증가가 관찰되었다. 저가의 물엿(맥아당 55% 함유) 또한 순수한 맥아당 이상의 활성 증가 효과를 보였으며, 말타아제(maltase) 효소활성 측정결과는 이러한 발효활성 증가 현상이 맥아당 대사와 관련된 유전자 발현이 촉진된 데 따른 결과임을 제시하였다. 실제 반죽 조건 및 완성품의 조건에서는 각각 23~28%와 11%의 발효활성 증가에 따른 결과가 관찰되었으며, 전처리 된 효모를 4°C에서 48시간 방치 후 사용하여도 증가된 활성이 손실되지 않은 결과를 보였다. 본 연구의 결과는 효모에 대한 맥아당 전처리가 발효활성을 명확히 향상시키며, 반죽 조성성분 중 하나인 저가의 물엿을 사용함으로써 성분 변화에 따른 제품변형의 위험성 없이 경제성을 갖춘 효모 발효활성의 개선 방법이 될 수 있음을 제시하였다.

감사의 글

이 연구는 2000년도 산·학·연 공동기술개발 컨소시엄사업(공주대학교 주관, 중소기업청 및 충청남도 지원) 연구비에 의한 결과이며, 이에 감사드립니다. 또한 본 연구에 적극적으로 협조하여 주신 흥진제과(충남 금산군 소재)에도 감사드립니다.

문 헌

- Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* **72**: 248-254
- Charron, M.J. and Michels, C.A., 1987. The constitutive, glucose-repression-insensitive mutation of the yeast *MAL4* locus is an alteration of the *MAL43* gene. *Genetics*, **115**: 23-31
- Dubin, R.A., Charron, M.J., Haut, S.R., Needleman, R.B. and Michels, C.A., 1988. Constitutive expression

- of the maltose fermentative enzymes in *Saccharomyces carlsbergensis* is dependent upon the mutational activation of a nonessential homolog of *MAL63*. *Mol. Cell. Biol.* **8**: 1027-1035
- Halvorson, H., 1996. α -Glucosidase from yeast. *Methods in Enzymol.* **8**: 559-562
- Hazell, B.W. and Attfield, P.V., 1999. Enhancement of maltose utilisation by *Saccharomyces cerevisiae* in medium containing fermentable hexoses. *J. Industrial Microbiol. & Biotechnol.* **22**: 627-632
- Higgins, V.J., Braidwood, M., Bell, P., Bissinger, P., Dawes, I.W. and Attfield P.V., 1999. Genetic evidence that high noninduced maltase and maltose permease activities, governed by *MALx3*-encoded transcriptional regulators, determine efficiency of gas production by baker's yeast in unsugared dough. *Appl. Environ. Microbiol.* **65**: 680-685
- Hu, Z., Nehlin, J.O., Ronne, H. and Michels, C.A., 1995. *MIG1*-dependent and *MIG1*-independent glucose regulation of *MAL* gene expression in *Saccharomyces cerevisiae*. *Curr. Genet.* **28**: 258-266
- Klein, C.J.L., Olsson, L. and Nielsen, J., 1998. Glucose control in *Saccharomyces cerevisiae*: the role of *MIG1* in metabolic functions. *Microbiology* **144**: 13-24
- Naumov, G.I., Naumva, E.S. and C.A. Michels, 1994. Genetic variation of the repeated *MAL* loci in natural populations of *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces paradoxus*. *Genetics* **136**: 803-812
- Randez-Gil, F. and Sanz, P., 1994. Construction of industrial baker's yeast strains able to assimilate maltose under catabolite repression conditions. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **42**: 581-586
- Rodicio, R. and Zimmermann, F.K., 1985. Cloning of the maltose regulatory genes of *Saccharomyces cerevisiae*. *Curr. Genet.* **9**: 539-545
- Vanoni, M., Sollitti, P. and Marmur, J., 1989. Structure and regulation of the multigene family controlling maltose fermentation in budding yeast. *Prog. Nucl. Acid Res.* **37**: 281-322
- Zimmermann, F.K. and Eaton, N.R., 1974. Genetics of induction and catabolite repression of maltase synthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Mol. Gen. Genet.* **134**: 261-272