

동결농축법을 이용한 고산도 복분자 농축식초 제조에 관한 연구

성지연¹, 이익희^{2*}

¹극동대학교 임상병리학과/미생물자원연구소 교수, ²극동대학교 미디어영상제작학과/발효연구소 교수

A Study on High-acidity *Rubus coreanus* Concentrated Vinegar Production Using Freeze Concentration Method

Ji-Youn Sung¹, Ikheui Lee^{2*}

¹Professor, Department of Biomedical Laboratory Science, Microbiological Resource Research Institute, Far East University

²Professor, Department of Media & Visual Arts, Fermentation Research Laboratory, Far East University

요약 최근까지 고산도 식초 제조를 위한 다양한 연구가 진행되어 왔으나 식초의 농축공정에 대한 연구는 거의 없었다. 본 연구에서는 고품질의 고산도 식초 제조를 위해 동결농축법의 도입 가능성을 알아보았다. 총산도가 서로 다른 3종류 (7.53, 5.43, 및 3.72)의 복분자 발효식초를 동결 및 융해시켜 얻은 동결농축식초분획을 대상으로 총산도, 산도pH, 비중 및 포도당 농도를 측정하였다. 총산도, 비중 및 포도당 농도 모두 최초식초의 15%가 융해되었을 때 가장 높은 것으로 나타났다. 산도pH는 최초식초의 15%가 융해되었을 때 가장 낮은 것으로 나타났다. 누적산도 측정결과 최초식초의 20%가 융해되었을 때 9.32로 가장 높았는데 이는 최초식초보다 3.89높은 수치였다. 본 연구에서는 동결농축법을 이용하여 식초를 효과적으로 농축할 수 있을 뿐 만 아니라 융해비율 조정으로 원하는 총산도의 식초를 효과적으로 얻을 수 있음을 확인하였다. 그러나 고산도 농축식초 제조공정에 동결농축법의 도입여부를 판단하기 위해서는 유기산 및 아미노산 분석 등의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

주제어 : 고산도 식초, 복분자, 동결농축, 총산도, 융해

Abstract Until recently, various studies for the production of high-acidity vinegar have been conducted, but there have been few studies on the concentration process of vinegar. In this study, the possibility of introducing freeze-concentration method was investigated for the production of high-quality, high-acidity vinegar. Acidity, pH, specific gravity, and glucose concentration were measured for frozen concentrated vinegar fractions obtained by freezing and thawing three types of *Rubus coreanus* vinegar with different acidity (7.53, 5.43, and 3.72). Acidity, specific gravity, and glucose concentration were all highest when 15% of the original vinegar was thawed. pH was the lowest when 15% of the original vinegar was melted. As a result of the measurement of cumulative acidity, when 20% of the original vinegar was melted, it was the highest at 9.32, which was 3.89 higher than that of the original vinegar. In this study, it was confirmed that vinegar can be effectively concentrated using the freeze concentration method and at the same time, the thawing ratio can be controlled to effectively obtain vinegar with the desired acidity. However, it is considered that studies such as organic acid and amino acid analysis are needed to determine whether the freeze-concentration method is introduced into the high-acidity concentrated vinegar manufacturing process.

Key Words : High-acidity vinegar, *Rubus coreanus*, Freeze-concentration, Acidity, Thawing

*This study was supported by 2021 "Research Development Project" of Gochang County's Agricultural Technology Center (No.20212300743).

*Corresponding Author : Ikheui Lee (ihlee@kdu.ac.kr)

Received October 1, 2021

Revised November 1, 2021

Accepted November 20, 2021

Published November 28, 2021

1. 서론

복분자(*Rubus coreanus* Miquel)는 쌍떡잎식물 장미목 장미과에 속하는 낙엽 활엽성 관목 식물인 복분자 나무의 열매로서 단백질, 지방, 환원당, 식이섬유, 칼륨, 철, 다양한 유기산, 비타민 C 등의 영양성분을 포함하고 있다. 또 quercetin, tannin, catechin, 및 gallic acid 등 다양한 유용성분이 풍부하게 함유되어 있어 면역 기능 향상, 항산화 효소계 활성 상승, 간염바이러스의 증식억제 등 다양한 생리활성기능을 나타낸다. 게다가 지방분해효소 및 탄수화물분해효소 작용을 저해하여 체중조절효과를 나타내고 testosterone 호르몬 분비를 촉진시킨다[1,2]. 이러한 복분자 열매를 원료로 한 기능성 식품개발 및 생과 판매가 어려운 비상품과를 이용한 고품질 복분자 열매 가공식품을 생산하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있으며 그 중 하나가 복분자 열매를 이용한 천연발효식초 생산이다[3].

동서양의 대표적인 발효식품 중 하나인 식초는 주성분인 초산을 비롯한 다양한 유기산, 아미노산, ester 및 당류 등을 함유하고 있다. 식초는 콜레스테롤 및 체지방 그리고 혈당을 감소시켜 성인병 예방에 효과적이고 젖산을 분해하여 피로 해소에 도움이 되는 것으로 알려져 있다. 게다가 식초에 포함된 유기산들은 체내에서 쉽게 분해되어 다른 영양소보다 빠르게 에너지를 생산할 수 있도록 해주며 식초의 강한 산성은 식품 중에 존재하는 미생물의 생장을 지연시켜 식품 보존 측면에서도 유용하다[4]. 식초는 총산도에 따라 저산도 식초(4~5%), 일반산도 식초(6~7%), 2배 산도 식초(12~14%) 및 3배 식초(18~19%)로 나뉜다. 이 중 고산도 식초(12% 이상)는 주로 이미-이취 개선 및 공장이나 요식업소 등 식초를 대량으로 사용하는 업체에서의 저장 공간 및 운송비 절감 목적으로 많이 소비되고 있다[5,6].

식초는 정치 또는 통기진탕 배양방법으로 제조되는데 초산균의 먹이가 되는 알코올 농도가 너무 높거나 초산균에 의해 생성되는 산의 양이 너무 많으면 bactericidal 현상이 나타나게 되어 발효가 억제된다. 따라서 식초가 일정 산도에 다다르면 균이 증식하지 못하게 된다 [7-10]. 이러한 이유로 고산도 식초 제조 관련 연구는 대부분 에탄올 내성 초산균(acetic acid bacteria)의 분리-동정 및 이단배양법을 통한 고산도 식초제조방법 개발 등 배양단계에 초점이 맞춰져 있다[11-13]. 그러나 소비자가 요구하는 고품질의 고산도 식초를 생산하기

위해서는 배양단계 연구만으로는 부족하다. 현재 국내에서 시판되고 있는 고산도 식초 대부분은 주정을 포함한 영양원을 원료로 초산발효를 통해 생산된 식초에 과즙을 첨가하여 제조되고 있는 실정이다[14]. 따라서 식초의 영양성분 및 기능성 성분을 다량 함유한 고품질의 고산도 농축식초를 제조하기 위해서는 발효가 끝난 식초를 농축할 수 있는 후속공정 개발이 필요하다.

동결농축은 수용액 중의 수분을 얼음 결정으로 석출시킨 후 분리하여 용액을 농축시키는 방법이다. 즉 수용액을 어는점보다 낮은 온도로 냉각시키면 단백질, 지방질, 당류, 염, 및 향기 성분이 거의 함유되어 있지 않은 순수한 얼음 결정이 형성되고 이 얼음결정을 분리하면 농도가 높은 농축 용액을 얻을 수 있다. 게다가 열을 가하지 않기 때문에 성분 변화가 적고 동결농축 처리를 반복할수록 농축액의 농도가 높아져 다양한 식품생산 분야에 적용되고 있다[15-17]. 동결농축을 통해 제조된 식품은 진공농축공법, 가열농축공법, 및 역삼투압방식에 의해 만들어진 식품과 비교해 맛, 풍미 및 영양학적으로 손실이 적다는 장점이 있다.

고품질의 고산도 농축식초 제조는 저장 공간 및 운송비 절감이라는 기존 고산도 식초가 가지는 장점 뿐 만 아니라 영양성분 및 기능성 성분이 농축된 고품질 농축식초 생산이라는 면에서 고부가가치를 창출할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 고품질의 고산도 농축식초 제조법 개발을 위해 저자들이 제조한 복분자 발효식초를 동결시킨 후 용해과정을 통해 얻어진 동결농축분획을 대상으로 총산도, pH, 비중, 및 포도당 농도 등을 측정하였다. 그리고 결과 비교를 통해 고품질 식초 생산을 위한 최적의 용해비율을 확정하고 식초제조공정에 동결농축과정 도입가능성을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

복분자 원액은 2020년 5월부터 7월까지 전라북도 고창군에서 수확된 복분자(*Rubus coreanus* Miq)를 파쇄한 후 착즙하여 얻었다.

2.2 주모 및 씨초

설탕을 첨가하여 초기 당도를 18 °Brix로 조절된 복분자 용액에 효모 *Saccharomyces bayanus* (Prise

de Mousse, Rilly-la-Montagne, France)를 접종한 후 48시간동안 30°C에서 정치 배양하여 복분자 알코올 발효액을 제조하였다. 제조된 복분자 알코올 발효액 중 일부는 주모로 사용하였고 일부는 씨초를 위한 기질액으로 사용하였다. 씨초는 제조된 복분자 알코올 발효액 중 일부를 여과를 한 뒤 전라북도 고창에서 분리된 초산균을 접종하여 72시간 동안 25~30°C에서 정치 배양하여 제조하였다.

2.3 알코올 및 초산발효

설탕을 첨가하여 18 °Brix로 초기 당도를 조절한 복분자 용액에 총 발효용액의 5% (v/v)가 되도록 주모를 첨가한 후 상온(20~25°C)에서 30일간 정치 배양하여 알코올 발효액을 제조하였다. 초산발효를 위해 제조된 알코올 발효액을 여과하여 고형성분을 제거한 후 총 발효용액의 10% (v/v)가 되도록 씨초를 첨가하였다. 그리고 상온(25~30°C)에서 45일간 정치 배양하여 복분자 발효식초를 제조하였다.

2.4 과냉각과 융해

본 연구에서 제조한 복분자 발효식초 원액의 총산도는 7.53(high, H)이었으며 이를 희석하여 총산도 5.43(middle, M) 및 3.72(low, L)인 식초를 만들었다. 총산도가 다른 세 종류의 식초를 내경 25 mm, 길이 250 mm, 두께 1 mm의 투명 아크릴 재질 원통에 각각 넣고 -70°C 냉동고에서 8시간 동결시켰다. 동결농축식초분획을 얻기 위해 동결된 식초가 들어있는 원통을 상온(20~25°C)에서 흐르는 물에 잠기도록 하여 고체상태의 식초를 융해시켰다. 식초를 융해시키기 시작한 후 액체로 융해된 양이 12.5 mL이 될 때마다 새로운 시험관에 담아 동결농축 식초분획을 얻었으며 이를 대상으로 이화학적 분석이 이루어졌다.

2.5 이화학적 분석

총산도는 시료 1 mL를 0.1 N NaOH 용액으로 산도 pH 8.3이 될 때까지 적정한 후 소비된 0.1 N NaOH 용액 총 양을 초산(acetic acid)의 양으로써 표시함으로써 구했다[18]. 식초의 산도pH는 pH meter (Orion Star A211, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)를 사용하여 측정하였는데 식초

10 mL를 시험관에 분주한 뒤 제조사의 사용법에 따라 산도pH를 측정하였다. 비중은 비중계(UG-D, Atago, Japan)를 사용하여 제조사의 지시에 따라 측정하였으며 사용한 식초의 양은 10 μL 이었다. 포도당 농도 측정을 위해서 시판되는 kit(Stanbio, Texas, USA)를 구입하여 제조사가 제시한 방법대로 반응액을 만든 후 T60 UV-VIS spectrophotometer (PG Instruments, Leicestershire, UK) 장비로 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 포도당 농도(mg/mL)는 제조한 glucose (Sigma Co., MO. USA) 표준용액(100 mg/mL)으로 검량곡선을 작성한 뒤 구하였다.

3. 결과

3.1 융해비율(melting rate)에 따른 총산도 변화

총산도가 서로 다른 3종류의 복분자 발효식초 H, M, 및 L로부터 얻어진 동결농축식초분획을 대상으로 총산도를 측정한 결과는 Table 1 및 Fig. 1과 같았다.

Table 1. Comparison of acidity, pH and specific gravity change according to melting time

No.	M.R. (%)	Acidity			pH			Specific gravity		
		H	M	L	H	M	L	H	M	L
0	0	7.53	5.43	3.72	2.58	2.62	2.65	1.056	1.040	1.027
1	5	9.30	7.20	5.19	2.57	2.65	2.72	1.071	1.051	1.041
2	10	12.00	8.80	6.50	2.55	2.58	2.61	1.090	1.064	1.052
3	15	12.93	10.20	8.19	2.52	2.54	2.56	1.096	1.072	1.063
4	20	11.80	9.65	7.71	2.52	2.55	2.57	1.087	1.065	1.059
5	25	11.00	9.00	6.63	2.53	2.56	2.58	1.083	1.06	1.052
6	30	10.59	8.52	5.46	2.54	2.57	2.60	1.080	1.056	1.043
7	35	10.05	8.08	5.10	2.55	2.58	2.61	1.076	1.050	1.040
8	40	9.50	7.29	4.41	2.56	2.59	2.63	1.067	1.046	1.035
9	45	8.76	6.21	3.69	2.57	2.60	2.64	1.066	1.044	1.030
10	50	7.95	5.58	3.30	2.58	2.61	2.65	1.06	1.042	1.027
11	55	7.23	5.16	2.73	2.59	2.63	2.67	1.055	1.039	1.023
12	60	6.60	4.77	2.55	2.60	2.65	2.68	1.053	1.036	1.022
13	65	6.00	4.50	2.25	2.60	2.68	2.69	1.051	1.032	1.02
14	70	5.76	3.93	1.83	2.62	2.69	2.70	1.044	1.030	1.017
15	75	4.86	3.54	1.65	2.63	2.71	2.72	1.038	1.028	1.015
16	80	4.59	2.67	1.23	2.63	2.72	2.75	1.037	1.024	1.012
17	85	3.84	2.25	1.08	2.64	2.74	2.77	1.031	1.022	1.011
18	90	3.09	2.01	0.69	2.65	2.76	2.85	1.025	1.019	1.009
19	95	2.55	1.29	0.48	2.68	2.79	2.89	1.022	1.015	1.006
20	100	1.74	0.87	0.18	2.72	2.82	2.92	1.015	1.012	1.004

Abbreviations: M.R., melting rate; H, high concentration sample; M, middle concentration sample; L, low concentration sample.

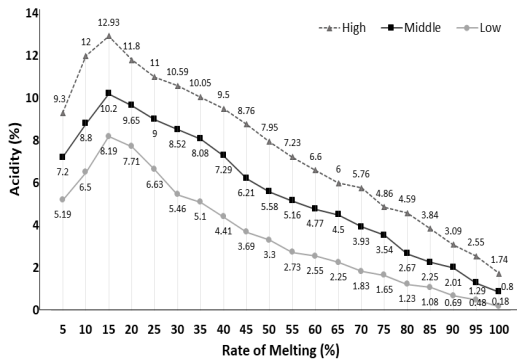


Fig. 1. Acidity change according to melting rate

동결된 식초가 용해되면서 얻어진 식초분획의 총산도는 15% 용해되었을 때가 가장 높았으며 그 이후에는 점차 감소하는 것으로 나타났다. 최초식초의 15%가 용해되었을 때 H의 총산도는 12.93으로 최초보다 5.4 만큼 증가하였고, M의 총산도는 10.20으로 최초보다 4.77 만큼 증가하였으며, L의 총산도는 8.19로 최초보다 4.47 만큼 증가하였다. 한편 최초식초의 50~55%가 용해되었을 때 H와 M의 총산도 최초식초의 총산도와 유사하였고 L의 총산도는 55~60% 용해되었을 때 최초 식초 총산도와 유사한 것으로 나타났다.

3.2 용해비율(melting rate)에 따른 산도pH 변화

3종류의 복분자 발효식초(H, M, L)로부터 얻어진 동결 농축식초분획을 대상으로 산도pH를 측정된 결과는 Table 1 및 Fig. 2와 같았다. 동결된 식초가 용해되면서 얻어진 식초분획의 산도pH는 15% 용해되었을 때까지는 급격하게 감소하여 15%에서 가장 낮은 산도pH를 나타냈으며 이후에는 점차 증가하였다. 최초식초의 15%가 용해되었을 때 H의 산도pH는 2.52로 최초보다 0.06 감소하였고, M의 산도pH는 2.54로 최초보다 0.08 감소하였으며, L의 산도pH는 2.56으로 최초보다 0.09 감소하였다. 한편 H, M, 및 L 모두 산도pH는 50~55% 용해되었을 때 최초식초 산도pH와 유사한 것으로 나타났다.

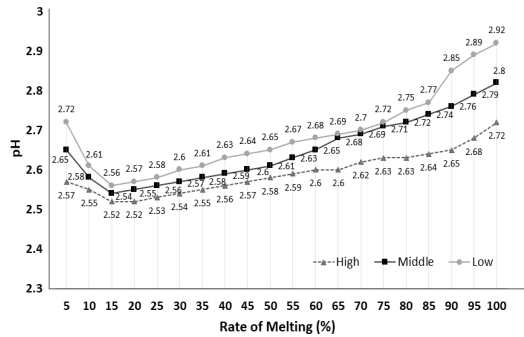


Fig. 2. pH change according to melting rate

3.3 용해비율(melting rate)에 따른 비중 변화

총산도가 다른 3종류의 식초(H, M, L)로부터 얻어진 동결농축식초를 대상으로 비중을 측정된 결과는 Table 1 및 Fig. 3과 같았다. 동결된 식초가 용해되면서 얻어진 식초분획의 비중은 15% 용해되었을 때가 가장 높았으며 그 이후에는 점차 감소하는 것으로 나타났다. 최초 식초의 15%가 용해되었을 때 H의 비중은 1.096으로 최초보다 0.040 만큼 증가하였고, M의 비중은 1.072로 최초보다 0.032 만큼 증가하였으며, L의 비중은 1.063으로 최초보다 0.036 만큼 증가하였다. 한편 H, M, 및 L 모두 비중은 50~55% 용해되었을 때 최초식초의 비중과 유사한 것으로 나타났다.

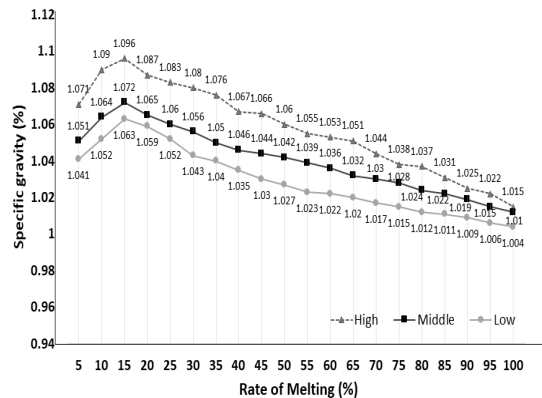


Fig. 3. Specific gravity change according to melting rate

3.4 용해비율(melting rate)에 따른 포도당 농도 변화

총산도가 5.43인 복분자 발효식초로부터 얻어진 동결 농축식초분획을 대상으로 포도당 농도를 측정된 결과는 Table 2 및 Fig. 4와 같았다. 동결된 식초가 용해되면서

얻어진 식초분획의 포도당 농도는 15% 용해되었을 때가 가장 높았으며 그 이후에는 점차 감소하는 것으로 나타났다. 최초식초의 15%가 용해되었을 때 포도당 농도는 7.98 g/L로 최초보다 2.78 g/L 증가한 것으로 나타났다. 그리고 50~55% 용해되었을 때 포도당 농도가 최초 식초의 포도당 농도와 유사한 것으로 나타났다. 한편 Fig. 4에서 포도당 농도와 총산도 변화를 비교한 결과 15%가 용해되었을 때 포도당 농도와 총산도 모두 가장 높았고 그 이후에는 점차 감소하는 것으로 나타났다.

Table 2. Comparison of glucose concentration change according to melting time

No.	Melting Rate(%)	Acidity	Glucose(g/L)
0	0	5.43	5.20
1	5	7.20	6.20
2	10	8.80	6.89
3	15	10.20	7.98
4	20	9.65	7.44
5	25	9.02	7.15
6	30	8.52	6.84
7	35	8.08	6.70
8	40	7.29	6.30
9	45	6.21	6.14
10	50	5.58	6.08
11	55	5.16	5.58
12	60	4.77	5.68
13	65	4.50	4.96
14	70	3.93	4.24
15	75	3.54	3.84
16	80	2.67	3.40
17	85	2.25	2.82
18	90	2.01	2.68
19	95	1.29	2.00
20	100	0.87	1.52

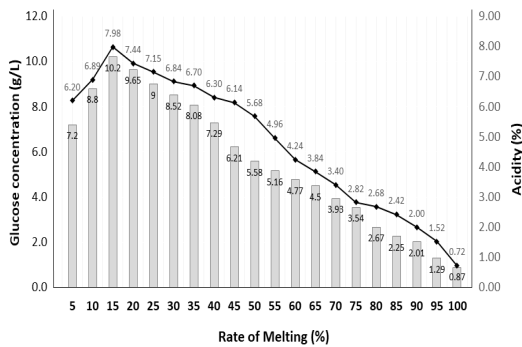


Fig. 4. Glucose concentration change according to melting time

3.5 용해비율(melting rate)에 따른 누적산도 변화
총산도 5.43인 복분자 발효식초로부터 얻어진 동결 농축식초분획을 대상으로 누적산도를 측정된 결과는

Table 3 및 Fig. 5와 같았다. 동결된 식초가 용해되면서 얻어진 식초분획의 누적산도는 처음부터 20% 용해되었을 때 까지는 급격하게 증가하였으며 이후에는 점차 감소하는 것으로 나타났다. 최초식초의 20%가 용해되었을 때 누적산도는 9.32로 가장 높았으며 60%가 용해되었을 때 누적산도는 7.53으로 최초식초 총산도인 5.43보다 2.10높았다.

Table 3. Comparison of acidity and cumulative acidity changes according to melting time

No.	Melting Rate(%)	Acidity	Cumulative acidity
0	0	5.43	5.43
1	5	7.2	7.2
2	10	8.8	8.25
3	15	10.2	9.01
4	20	9.65	9.32
5	25	9.02	9.3
6	30	8.52	9.2
7	35	8.08	8.94
8	40	7.29	8.73
9	45	6.21	8.4
10	50	5.58	8.1
11	55	5.16	7.8
12	60	4.77	7.53
13	65	4.5	7.32
14	70	3.93	7.02
15	75	3.54	6.84
16	80	2.67	6.51
17	85	2.25	6.18
18	90	2.01	5.88
19	95	1.29	5.68
20	100	0.87	5.40

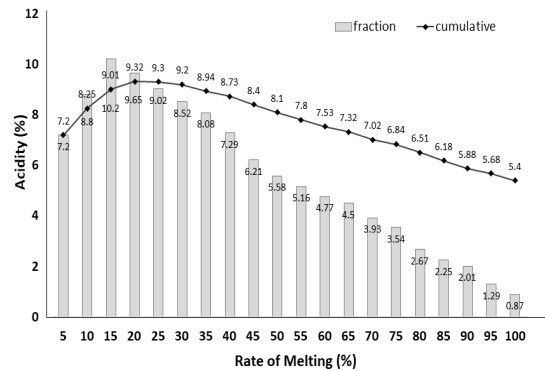


Fig. 5. Acidity and cumulative acidity changes according to melting time

4. 고찰 및 결론

최근 식초의 기능성이 부각되면서 식초를 기능성 건강 식품으로 즐기려는 소비자들이 늘고 있다. 이러한 소비자 들의 인식변화로 과즙이나 곡물 함량이 높은 식초원료의

사용과 당류, 유기산 및 아미노산이 함량이 높은 고품질 발효식초 생산이 증가하고 있다[19]. 따라서 본 연구에서는 식초의 영양성분 및 기능성 성분의 함량을 높인 고산도 농축식초를 제조하기 위한 방법으로 동결농축공정을 제안하고자 하였다.

동결농축 기술은 식품을 냉동시켜 식품 중에 포함된 물을 얼음 결정의 형태로 만든 다음, 얼음결정을 분리하여 물의 함량을 감소시키고 고형분의 함량을 증가시키는 방법으로 다양한 식품분야에 적용되어 왔다[17,20]. 게다가 비열처리과정으로 식품의 성분변화가 적고 반복하여 동결처리 할 경우 농축액의 농도를 더욱 더 높일 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 저자들이 제조한 복분자 발효식초를 -15°C 와 -70°C 두 온도조건에서 각각 동결시켰다. 식품을 낮은 온도에서 동결시킬 경우 다수의 빙핵(ice nucleation)이 생기고 작은 얼음결정이 형성되는 반면 상대적으로 높은 온도($0\sim 5^{\circ}\text{C}$)에서 동결시킬 경우 소수의 빙핵이 생기고 큰 얼음결정이 형성된다. 그러므로 높은 온도로 동결시키는 것이 식초를 용해시켜 분리할 때 좀 더 유리할 것으로 생각되었으나 -15°C 온도 조건에서는 24시간이 지나도 식초가 완전하게 동결되지 않았다. 반면 -70°C 온도조건에서는 8시간이 되기 전에 완전하게 동결되었다. 따라서 저자들은 -70°C 온도조건에서 동결시키는 방법으로 3종류의 식초(H, M, L)로부터 동결농축식초분획을 얻었으며 이를 대상으로 총산도, 산도pH, 비중, 및 포도당 농도를 측정하였다.

동결된 식초가 용해되면서 얻어진 식초분획의 총산도 및 비중은 최초식초의 15%가 용해되기까지는 급격하게 상승하여 15%에서 가장 높은 수치를 나타냈으며 이후에는 점차 감소하였다. 산도pH는 총산도의 증가양상과 역으로 15%가 용해되기까지는 급격하게 감소하여 15%에서 가장 낮은 산도pH를 나타냈고 이후에는 점차 증가하였다. 영양성분 분석을 위해 시행한 포도당 농도 분석 결과에서도 15%가 용해되었을 때 포도당 농도가 가장 높은 것으로 나타났다. 결과적으로 본 연구에서는 식초의 총산도에 상관없이 최초식초의 15%가 용해되었을 때 가장 높은 농축율을 보였다. 따라서 농도가 높은 고산도 농축식초를 제조하기 위해서는 15% 정도 용해시킨 분획을 사용하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

한편 최초식초의 50~60%가 용해되었을 때 총산도, 산도pH, 비중, 및 포도당 농도가 최초식초의 총산도, 산도pH, 비중 및 포도당 농도와 유사한 것으로 나타났다.

이 결과는 60%가 용해되기 전까지의 분획을 사용하면 최초식초보다 농축된 식초를 효과적으로 얻을 수 있음을 의미한다. 한편 누적산도를 측정한 결과 최초식초의 20%가 용해되었을 때 누적산도는 9.32로 가장 높았고 60%가 용해되었을 때 누적산도는 7.53으로 최초식초보다 2.10 높은 것으로 나타났다. 따라서 필요한 총산도에 따라 용해비율을 정하면 원하는 총산도의 식초를 효과적으로 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 복분자 발효식초를 동결농축방법으로 농축하여 보다 효과적으로 고산도 농축식초를 제조할 수 있음을 확인하였다. 동결농축방법은 다양한 식품제조를 위해 오래전부터 사용되어 왔으나 식초에 적용된 경우는 매우 드물다. 대량생산을 위한 생산 공정에 동결과정은 많은 량의 전력공급을 필요로 하고 이에 따른 생산원가 상승은 기업에 부담이 될 수밖에 없다. 그러나 소규모로 식초를 생산하는 기업 또는 농가에서는 고품질의 고부가 가치 발효식초를 농축하기 위한 방법으로 동결농축방법을 적용하는 것은 권장할만하다. 본 연구에서 제안한 동결농축방법은 비열처리를 통한 농축이므로 식초의 영양 성분 및 기능성 성분이 변질될 확률이 적고 향기성분의 휘발을 억제할 수 있으며 조작 또한 용이하여 고품질의 고산도 농축식초 제조에 적합하다. 그러나 동결농축공정의 도입여부를 판단하기 위해서는 동결농축식초분획을 대상으로 유기산 및 아미노산 분석, 총폐놀 함량 및 항산화활성 분석 등 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구 결과는 고품질의 고산도 농축식초 제조공정을 개발하는데 중요한 지침이 될 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Y. A. Lee & M. W. Lee. (1995). Tannins from Rebus Coreaum. *Korean Journal of Clinical Pharmacy*, 26, 27-30.
- [2] M. W. Lee. (1995). Phenolic Compounds from the Leaves of Rubus Coreaum. *Journal of Korean Society of Health-System Pharmacists*, 39, 200-204.
- [3] K. H. Kwon, W. S. Cha, D. C. Kim & H. J. Shin. (2006). A Research and Application of Active Ingredients in Bokbunja (*Rubus coresnus miuuel*). *The Korean Society For Biotechnology And Bioengineering*, 21(6), 405-409.
- [4] S. Bhat, R. Akhtar & T. Amin. (2014). An Overview on the Biological Production of Vinegar. *International Journal of Fermented*

- Foods*, 3, 139-55.
DOI : 10.5958/2321-712X.2014.01315.5
- [5] D. Jo, E. J. Park, G. R. Kim, S. H. Yeo, Y. J. Jeong & J. H. Kwon. (2012). Quality Comparison of Commercial Cider Vinegars by their Acidity. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 44, 699-703.
DOI : 10.9721/KJFST.2012.44.6.699
- [6] B. H. Kang, E. J. Sin, S. H. Lee, D. S. Lee, S. S. Hur, K. S. Sin, S. H. Kim, S. M. Son & J. M. Lee. (2011). Optimization of the Acetic Acid Fermentation Condition of Apple Juice. *Korean Journal of Food Preservation*, 18(6), 980-985.
DOI : 10.11002/kjfp.2011.18.6.980
- [7] J. Romeo, M. Scheraga & W. W. Umbreit. (1977). Stimulation of the Growth and Respiration of a Methylophilic Bacterium by Morphine. *Applied Environmental Microbiology*, 34, 611-614.
DOI : 10.1128/aem.34.5.611-614.1977
- [8] Y. C. Lee, Y. G. Lee, H. C. Kim, K. B. Park, Y. J. Yoo, P. U. Ahn, C. U. Choi & S. H. Son. (1992). Production high Acetic Acid Vinegar Using two Stage Fermentation. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, 20, 663-667.
- [9] W. W. Luchsinger & R. A. Cornesky. (1962). Reducing Power by the Dinitrosalicylic Acid Method. *Analytical Biochemistry*, 4, 346-347.
DOI : 10.1016/0003-2697(62)90098-2
- [10] K. Joo, M. Cho, K. Park, S. Jeong & J. Lim. (2009). Effects of Fermentation Method and Brown Rice Content on Quality Characteristics of Brown Rice Vinegar. *Korean Journal of Food Preservation*, 16(1), 33-39.
- [11] K. S. Park, D. S. Chang, H. R. Cho & U. Y. Park. (1994). Investigation of the Cultural Characteristics of high Concentration Ethanol Resistant *Acetobacter* sp. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 23, 666-670.
- [12] M. H. Park, D. K. Lyu & C. H. Ryu. (2002). Characteristics of High Acidity Producing Acetic Acid Bacteria Isolated from Industrial Vinegar Fermentation. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 31, 394-398.
DOI : 10.3746/jkfn.2002.31.3.394
- [13] Y. K. Park, Y. S. Jang, E. J. Yim, S. W. Jo, E. S. Lee, H. S. Park, M. S. Ryu, T. B. Uhm, H. Y. Kim & S. H. Cho. (2015). Fermentation Characteristics of Mul-berry (*Cudrania tricuspidata*) Fruit Vinegar Produced by Acetic Acid Bacteria Isolated from Traditional Fermented Foods. *Korean Journal of Food Preservation*, 22, 108-118.
DOI : 10.11002/kjfp.2015.22.1.108
- [14] Y. C. Lee & J. H. Lee. (2000). A Manufacturing Process of High Strength Vinegar. *Food Industry and Nutrition*, 5, 13-17.
- [15] E. Hernandez, M. Raventos, J. M. Auleda & A. Ibarz. (2010). Freeze Concentration of Must in a Pilot Plant Falling Film Cryoconcentrator. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 130-136.
DOI : 10.1016/j.ifset.2009.08.014
- [16] O. Miyawaki, M. Gunathilake, C. Omote, T. Koyanagi, T. Sasaki, H. Take, A. Matsuda, K. Ishisaki, S. Miwa & S. Kitano. (2016). Progressive Freeze-Concentration of Apple Juice and its Application to Produce a New Type Apple Wine. *Journal of Food Engineering*, 171, 153-158.
DOI : 10.1016/j.jfoodeng.2015.10.022
- [17] L. Liu, O. Miyawaki & K. Hayakawa. (1999). Progressive Freeze Concentration of Tomato Juice. *Food Science and Technology Research*, 5, 108-112.
DOI : 10.3136/fstr.5.108
- [18] H. Oh, S. Jang, H. Jun, D. Jeong, Y. Kim & G. Song. (2017). Production of Concentrated Blueberry Vinegar using Blueberry Juice and its Antioxidant and Antimicrobial Activities. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 46(6), 695-702.
DOI : 10.3746/jkfn.2017.46.6.695
- [19] Y. J. Jeong. (2009). Current Trends and Future Prospects in the Korean Vinegar Industry. *Food Science and Industry*, 42, 52-59.
- [20] F. A. Ramos, J. L. Delgado, E. Bautista, A. L. Morales & C. Duque. (2005). Changes in Volatiles with the Application of Progressive Freeze-Concentration to Andes Berry (*Rubus glaucus* Benth). *Journal of Food Engineering*, 69, 291-297.
DOI : 10.1016/j.jfoodeng.2004.07.022

성 지 연(Ji-Youn Sung)

[정회원]



- 2005년 8월 : 충북대학교 미생물학과 (이학석사)
- 2009년 2월 : 충남대학교 의학과(의학 박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 극동대학교 임상 병리학과 교수

- 관심분야 : 미생물학, 발효공학
- E-Mail : azaza72@naver.com

이 익 희(Ikheui Lee)

[정회원]



- 2004년 3월 ~ 현재 : 극동대학교 미디어 영상제작학과 교수, 발효연구소 소장
- 관심분야 : 양조 발효, 식초 발효
- E-Mail : ihlee@kdu.ac.kr