

IT 센싱 기술을 이용한 전통주 발효의 품질관리 연구

송혜지¹ · 최지희¹ · 박찬원² · 신동범² · 강성수² · 오성훈³ · 황권택¹

¹남부대학교 식품영양학과
²한국전자통신연구원 IoT융합연구부
³신안산대학교 식품생명과학과

Study of Quality Control of Traditional Wine Using IT Sensing Technology

Hyeji Song¹, Jihee Choi¹, Chan-Won Park², Dong-Beom Shin², Sung-Soo Kang²,
Sung Hoon Oh³, and Kwontack Hwang¹

¹Department of Food and Nutrition, Nambu University

²IoT Convergence Rsch. Department, ETRI

³Department of Food Science & Bio Technology, Shin Ansan University

ABSTRACT The objective of this study was to investigate the quality characteristics of traditional wine using an radio-frequency identification (RFID) system annexed to a fermenter. In this study, we proposed an RFID-based data transmission scheme for monitoring fermentation of traditional alcoholic beverages. The pH, total acidity, total sugar, soluble sugar, free sugar, alcohol content, and organic acids of were investigated and subjected to fermentation of traditional alcoholic beverages three times. The pH ranged from 7.98, 7.95, and 7.68 at day 0, decreased drastically to 3.31~2.96 at day 2, and then slowly increased to the end point, finally reaching 3.34 at day 20. Acidity tended to increase quickly with time, especially for all samples after day 2. The fermentation environment induced a sudden increase acidity in reactants and indicated a low pH. The total sugars during fermentation quickly decreased to the range of 20.3, 22.43, and 19.2% at day 2, and the slope of reduction steadily decreased to 5.1, 6.1, and 4.8% at day 10. On the other hand, the alcohol content showed the reverse trend as total sugars. The alcohol content also showed the same pattern as total acids, showing the highest alcohol content of 17.3% (v/v) on day 20. In this study on traditional wine fermentation using an RFID system, we showed that pH, soluble sugar, and alcohol content can be adopted as key indicators for quality control and standardization of traditional wine manufacturing.

Key words: sensing technology, traditional wine, quality control, RFID, quality improvement

서 론

전통주는 누룩에 내재하고 있는 젖산균, 곰팡이 등의 발효 소재에 대한 미생물 분해 작용으로 당, 아미노산, 유기산 등의 맛을 내는 성분과 효모에 의한 알코올 발효를 통해서 생성된 여러 가지 성분이 함유된 발효음료 중의 하나이다. 발효 소재로는 전분질을 함유하는 곡류, 서류와 당분을 주성분으로 하는 과실류 등이 있지만 우리나라 전통주의 경우는 일반적으로 곡물 위주의 병행 복발효 방식으로 발효되어 왔다(1-3). 전통주는 우리가 주식으로 삼고 우리 땅에서 생산되는 농산물을 주재료로 하여 예부터 전승되어 내려오는 전통적인 양조방법에 따라 고유의 맛과 향, 색이 나도록 만든 술으로써 크게 순곡주류, 혼양곡주류, 증류주로 나뉜다. 이 중 순곡주류에 속하는 탁주 및 약주는 주로 찹쌀이나 뭍쌀을

원료로 하고 누룩을 발효제로 사용하여 만들어지는데, 현재 우리나라의 주세법으로는 약주는 주정도 13% 이하의 맑게 거른 술이고, 탁주는 주정도 6% 이상으로 거칠게 거른 술로 분류하고 있다(4,5). 국제청 기술연구소의 주류제조교본(6)에 의하면 고온(25~28°C)에서 단기간 발효했을 경우 탁주라고 하고, 저온(10~20°C)에서 장기간 발효했을 경우 약주라고 한다. 탁주와 약주는 담금 후 누룩 중의 미생물에 의한 효소작용에 의해 일반 원료성분이 분해되어 생성되는 당분, 아미노산, 유기산 등의 맛 성분과 미생물에 의한 알코올 발효로 휘발성 풍미 성분이 생성되어 색과 함께 품질의 조화를 이룬다(7).

전통주에 대한 연구 동향을 살펴보면 전통주의 제조와 발효에 관한 연구(8), 전통주의 특성과 기능에 관한 연구(9-12), 전통주의 가치 연구(13), 발효에 사용되는 누룩과 안전성 연구(14), 누룩에 대한 문헌적인 고찰(15), 누룩에 존재하고 있는 미생물의 분포(16) 등이 보고된 바 있다. 하지만 전통주는 주로 윗대로부터 경험에 의해 전래되거나 비교적

Received 23 February 2015; Accepted 12 May 2015

Corresponding author: Kwontack Hwang, Department of Food and Nutrition, Nambu University, Gwangju 506-706, Korea
E-mail: hwangskt@gmail.com, Phone: +82-62-970-0174

품질에 대한 평가가 명확하지 않기도 하고 시판되는 누룩에서 제조과정 중 비위생적 조건에 의해 발효에 직접적인 균주 이외에 많은 세균들이 검출되기도 한다. 또한 제조공정이 주로 수작업으로 이뤄지다보니 발효과정 중에 변화가 다양하게 발생하여 lot별 품질이 다르고 관리가 충분하지 않아 소비자들의 신뢰를 얻고 있지 못하다. 전통주의 시장이 성장만큼이나 선행되어야 하는 전통주 품질관리와 표준화에 대한 연구는 아직 충분히 이루어지지 못하고 있으며 전통주의 대중화에 걸림돌로 평가되고 있다.

센서 태그는 RFID(radio-frequency identification) 수동형 태그에 센서를 부착하여 주변 환경을 모니터링 할 수 있는 기술로 환경정보 감시가 필요한 혈액, 식·의약품, 물류, 산업 환경 관리 및 동물 상태 추적 등의 분야에 적용될 수 있다(17-21). 이와 같이 RFID 기술을 이용하여 원격으로 확인하고 조정할 수 있을 때 비교적 우수한 품질의 전통주를 생산할 수 있을 것이고 현재의 전통주에서 나타나는 품질의 불균일을 해소할 수 있으며, 본 RFID 기술을 모바일로 연결하여 발효과정을 빠르고 정확하게 확인할 수 있을 것이다.

발효 표준화의 경우 발효원료의 표준화, 발효미생물의 표준화, 발효조건의 표준화, 발효 후 저장 및 포장의 표준화가 이뤄져야 한다. 발효원료는 지역적으로 전통주의 제조방법이 확립되어 원료의 표준화는 이뤄졌으나 복발효를 주로 사용하는 전통주에서 미생물의 표준화가 어렵다. 그러나 최근 발효 누룩에 대한 표준화 및 미생물 등록이 이뤄지고 산업화되고 있어 다행이다. 또한 저장, 포장은 전통주의 해외 수출 및 국내 활성화 시 많은 노력이 집중되어 많은 진척이 있었다.

본 연구에서는 전통주의 품질 향상과 표준화를 위하여 RFID 기술을 이용한 대용량에서의 발효과정의 원거리 측정과 발효과정의 지속적인 모니터링을 통한 이상발효의 유무를 예측하였고, 설치된 센서와 manual로 측정되는 값과의 비교를 통하여 품질관리 가능성을 확인하고자 하였다. 또한 본 기술을 통하여 전통방식의 발효과정을 보다 표준화하고 이상발효나 문제점에 대한 신속한 대응을 통하여 우리나라 전통발효주의 품질을 높일 계기로 삼고자 한다.

재료 및 방법

실험 장치의 구성

본 실험에서는 이러한 센싱 태그 기술을 개발하기 위한 목적으로 국내 전통주를 생산하는 추성고을(전남, 한국)에서 회사의 발효탱크 위에 온도, pH, 당도 등의 센서와 노드를 구성하고 수동형 태그를 이용하고 전송하여 데이터를 수집하는 기술을 도식화하였고 실제로 전통주를 발효하는 발효조에 위의 장치를 설치하여 data를 수집하였다. 발효에 사용한 장비의 구성은 Fig. 1과 같이 설치하였다.

전통주의 제조

전통주의 제조는 담양추성주를 제조하는 추성고을의 대용량 발효설비를 이용하였고, 재료로는 국산 담양쌀과 개량누룩(증자용)(한국효소(주), Hwasung, Korea)을 지역 단위 농협과 온라인 구매하여 사용하였고, 발효과정은 3,000 L 발효조에 쌀 880 kg을 증자한 후 발효조에 넣고 pellet형으로 되어 있는 개량누룩(증자용) 25 kg을 정제수에 풀어 한번 천으로 거른 다음 발효조에 정제수 2,500 L와 함께 혼합하여 넣는다. 이렇게 잘 혼합시킨 뒤 발효조의 온도를 20°C가 넘지 않는 선에서 발효기에 장착되어 있는 냉각수를 가동하여 온도를 조절하였다. 향온이 되도록 발효를 유지하였고 발효기에서 20일 동안 발효하면서 발효 중간 중간 교반을 하였으며, 24시간 간격으로 시료를 채취하여 실험하였다. 그리고 발효의 종말점은 발효가 완료되면 발효 도중 발생하는 이산화탄소의 발생이 멎고, 상층으로 떠있던 술덧이 가라앉을 때 발효의 종말점으로 삼았다. 발효는 총 3회에 걸쳐 실시되었으며 1차는 2014년 8월 7일부터 25일까지, 2차는 10월 22일부터 11월 10일까지, 그리고 3차는 12월 12일부터 15년 1월 1일까지 실시하였다.

발효과정의 측정

발효과정에 sensor를 통하여 측정이 가능한 온도, pH와 당도는 sensor data를 이용하였고, 아직 sensor로 측정이 불가능한 총산이나 알코올 함량은 manual 방식을 이용하여 측정하였다. 그리고 유리당과 유기산은 3차 실험을 통해 얻어진 시료에서 발효기간 동안의 변화를 측정하였다.

pH 및 총산, 총당 함량 측정

발효조에 장착되어 있는 pH meter(Model 8000, VWR Scientific, West Chester, NJ, USA)로 pH를 측정하여 RFID로 전송된 data를 수집하였다. 총산 함량은 추출액 10 mL를 0.1 N NaOH로 적정하고, 소비된 NaOH의 mL 수를 0.05% 초산 상당량으로 환산하였다.

총산(g/100 mL)=[a×F(0.1 N NaOH 역가)]×0.006×10
총당은 페놀-황산법으로 측정하였다. 먼저 환원당과 같은 방법으로 시료를 희석한 후 사용하였다. Test tube에 희석된 용액 2 mL와 5%(v/v) phenol(Shinyo Pure Chemicals Co., Ltd., Osaka, Japan) 용액 1 mL를 넣고 혼합시켰다. 여기에 95% 황산(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd., Siheung, Korea) 5 mL를 가하여 발열시킨 후 30분 동안 상온에서 방치하였다. Spectrometer(UV-2101(PC)S, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan)를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 당 정량은 glucose를 표준물질로 사용하여 상기방법으로 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다.

당도

당도의 측정은 pH와 동일하게 센서로부터 얻어진 자료를

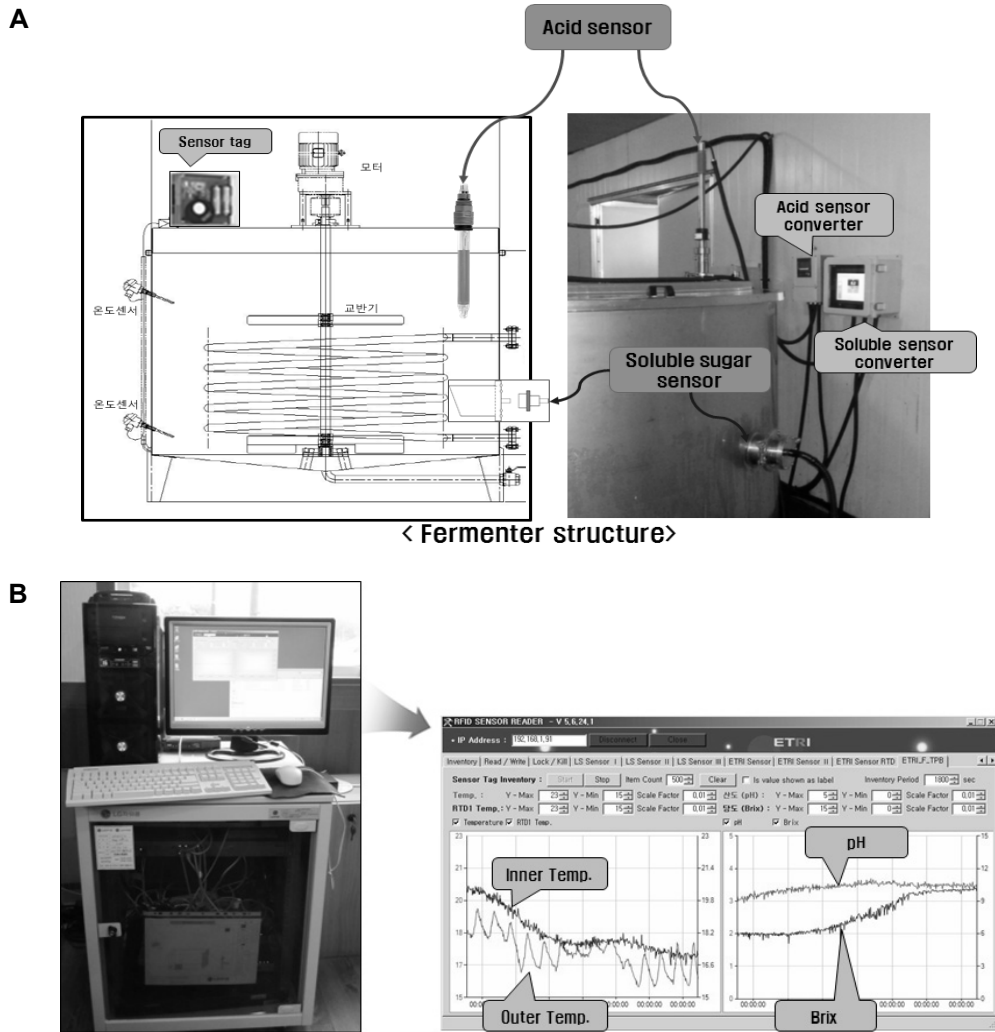


Fig. 1. Data monitoring system for traditional wine processing using RFID system and sensors. (A) Overall view of attached sensors and data converter on assembled fermenter. (B) Data processing from RFID system data.

이용하여 당도를 측정하였다.

알코올 함량

알코올 함량 측정은 국세청의 주류분석규정(22)에 따라 실시하였다. 15°C에서 검정한 100 mL 메스플라스크의 눈금까지 취하고 이것을 약 300~500 mL 플라스크에 옮긴 다음 이 메스플라스크를 약 15 mL의 물로 2회 씻은 액을 플라스크에 합치고 냉각기에 연결한 후 메스플라스크를 받는 용기로 하여 증류하였다. 유액이 70 mL(소요시간은 약 20분 내외)가 되면 증류를 중지하고 물을 가하여 15°C에서 메스플라스크의 눈금까지 채운 다음 잘 흔들어 실린더에 옮긴 후, 주정계를 사용하여 값을 읽고 온도 측정을 한 뒤 Gay-Lussak의 주정환산표로 주정분을 결정하였다.

유리당 분석

유리당은 국세청의 주류시험 방법(23)에 따라 분석하였다. 즉 시료 원액 2 mL를 취하여 원심분리(20,000 rpm, 15

min) 한 후 0.45 μm membrane filter(Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)로 여과한 여액을 high performance liquid chromatography(HPLC)를 이용하여 분석하였고 column은 ZORBAX Carbohydrate(4.6 mm×150 mm, Agilent Technologies Inc.)를 사용하였고 이동상은 75% acetonitrile, 30°C에서 유속은 1.4 mL/min, 검출은 ELSD detector로 분석하였다.

유기산 분석

유기산은 유리당과 같은 방법으로 전처리한 후 분석하였다. 즉 시료 원액 2 mL를 취하여 원심분리(20,000 rpm, 15 min) 한 후 0.45 μm membrane filter(Agilent Technologies Inc.)로 여과한 여액을 Agilent Technologies 1200 Series의 HPLC와 Grace Prevail organic acid(4.6 mm×250 mm, 5 μm, Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA) column을 사용하였으며, 30°C에서 사용 용매로는 25 mM KH₂PO₄(pH 2.5)를 이용하였고 UV 210 nm와 1.0 mL/

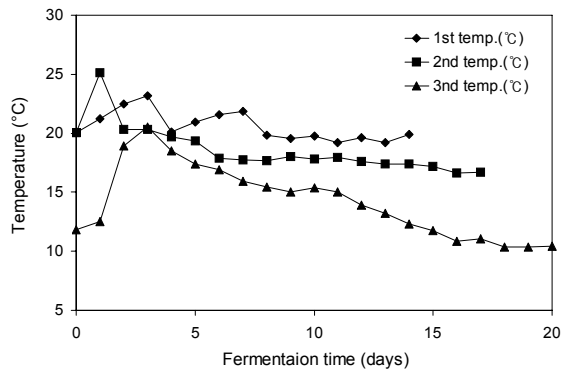


Fig. 2. Change in the internal temperature during fermentation of traditional wine.

min으로 분석하였다. 함량은 외부표준법으로 계산하였다.

결과 및 고찰

전통주 발효과정 중에 최종 발효 완료기간의 변화

전통주의 발효를 총 3회에 걸쳐 실시하였다(Fig. 2). 각 회수에 발효조의 내부온도를 측정하여 결과 발효 초기 3회 모두 급격한 상승이 있었고 이후 점차적으로 온도가 낮아졌다. 또한 이산화탄소의 발생이 완전히 멈춰 술덧이 발효조 아래로 완전히 가라앉는 발효의 종말점이 각기 틀리는데 이는 첫 번째 발효기가 8월에 실시하여 내부온도가 20.05°C에서 시작하였고 최종 19.88°C에 이를 때까지 매우 높았으며, 2차 발효는 10월에 실시하였는데 발효 시작온도가 20.01°C에서 시작하였으나 최종 16.73°C에서 발효를 마쳤다. 3차 발효는 12월에 실시하여 내외부의 온도가 낮은 상태에서 실시하였는데 11.82°C에서 시작, 10.42°C에서 종료하여 낮은 온도에서 발효가 실시되었다. 대부분의 발효조 구조상 발효온도를 낮추는 냉각시설은 갖춰져 있으나 저온으로 떨어졌을 때 온도를 가온하는 장치를 갖추지 못하여 저온에서 발효를 실시하게 되었다. 본 연구에 사용된 전통주 제조회사에서도 비슷한 상황으로 대기의 온도에 따라 발효기간이 14일, 17일, 20일까지 변화하는 주요 이유가 되었다.

전통주 발효과정 중에 pH 및 총산 변화

발효과정 중에 pH는 발효기에 장착되어 있는 pH sensor에 의해 검출되어 Fig. 3과 같다. 3회에 걸친 발효에서 모두 발효 초기 pH가 7.89에서 최종 pH 3.34 정도로 급격한 pH의 강하가 이뤄졌고 이후 완만한 상승으로 진행되었다. 한편 발효기간에 따른 총산도의 변화는 Fig. 4에 표시하였다. 발효 초기 0.1, 0.2, 0.1%에서 3~4일까지 총산이 급격히 증가하였고 이후 완만한 상승이 이어지다 최종에 pH 2.3~2까지 낮아졌다. 이는 발효기간 중에 생성된 유기산과 밀접한 관계가 있다.

전통주에서 이상발효나 산패현상 같은 품질이 나빠지는 것을 판단하는 근거로는 맛, 향 및 휘발성향에 의해 주로

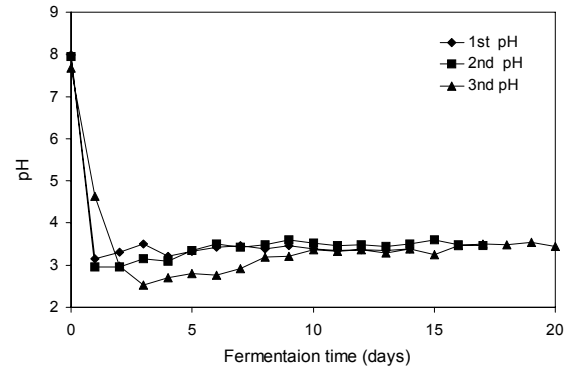


Fig. 3. Change of pH during fermentation of traditional wine.

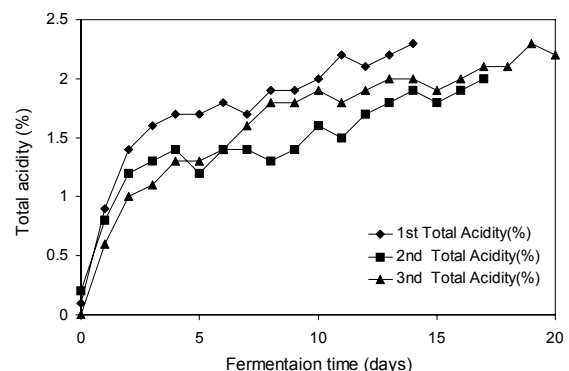


Fig. 4. Change in total acidity during fermentation of traditional wine.

판단하였다. 발효과정 중에 생산된 산에 의하여 발효주의 보존성에도 영향을 미치며, 특히 총산도가 높으면 신맛이 강하기 때문에 부재료나 calcium carbonate 등을 첨가하여 총산을 낮추는 방법이 발효에서 사용되기도 한다(24,25).

총산도의 상승은 발효기간 중에 생성되는 원료에 함유된 완효효능을 가진 물질들과의 여러 가지 상호작용에 의한 현상이라 판단된다(26). So 등(27)은 단백질 분해로 아미노산이 증가하여 술덧의 완효능력을 높여주었기 때문에 총산 함량은 증가하여도 pH가 낮아지지 않는 이유라고 보고한 것과 마찬가지로 본 연구의 결과와도 비슷한 경향을 나타내었다. 이 결과는 막걸리 발효 과정에서 담금 초기에 급격한 산의 증가로 pH가 떨어진 후 서서히 증가한다는 Lee 등(28)의 연구 결과와 일치하였다.

또한 선행 연구들(24,26)에서는 담금 직후의 총산은 주로 누룩이나 원료에서 원인이 있으나 발효가 진행됨에 따라 술덧 중의 효모나 젖산균 등의 미생물 작용으로 생성된 각종 유기산들이 가산되므로 총산의 함량이 증가되었다. 그러나 유기산이 알코올 등과 결합하여 ester와 같은 향미 형성에 이용되므로 후기에는 감소된 것으로 추측된다고 보고하였다. Lee 등(29)은 pH와 총산이 발효의 진행 정도를 알 수 있는 지표로 사용될 수 있다 하였다. 생산적 수준의 전통주 발효에서 발효의 품질 평가의 지표로 pH와 총산이 적합하다고 생각되는데 pH는 센서로 측정이 가능하여 RFID 시스템

으로 연결하여 쉽고 빠른 측정이 확인되나 총산은 아직까지 센서화가 이뤄지지 않아 측정에 어려움이 있다. 따라서 pH만으로 전통주의 품질유지의 지표가 될 수 있는지 추가적인 연구가 필요하다.

전통주 발효과정 중 당도의 변화

당도의 측정은 발효기에 부착한 sensor를 통하여 자료를 얻었고, 당도의 변화는 Fig. 5와 같다. 당도는 1차 발효가 초기 2.98 brix에서 14일 발효 최종에 12.69 brix, 2차 발효가 3.62 brix에서 17일 발효 후 최종 10.1 brix를 나타내었고, 3차 발효에서는 초기 3.02 brix에서 20일 발효 후 8.89 brix로 측정되었다. 3번의 발효에서 당도의 변화는 초기 급격한 상승을 이룬 다음 중간 발효에서는 점차 낮아졌고 발효 후기에 갈수록 점차 증가하는 경향을 보였다. 이러한 발효 초기에 당도의 급격한 변화는 발효조에 부착되어 있는 당도계가 일반적인 발효물의 측정에서 사용하는 방법과 약간의 차이에 기인하는 것으로 보이는데, 발효조에 장착된 센서는 발효과정 중에 발생하거나 발효 도중 저어주는 것에 의해 부유물의 접촉 빈도가 manual 방식에서 거른 맑은 상층액으로 측정하는 방식의 차이에 의해 변화의 폭이 컸을 것으로 생각된다.

또한 이들의 발효과정 중의 당도는 1차 발효가 최종 12.69 brix, 2차 발효가 10.1 brix, 3차 발효가 8.86 brix로 앞서 제시하였듯이 발효의 온도가 낮아질수록 당도도 함께 떨어지는 것을 볼 수가 있었고 이는 발효기간 중에 활동하는 미생물과의 관계로 평가할 수 있다.

Sung과 Han(30)의 인삼 막걸리의 제조 과정 중 당도 변화 연구 결과에 의하면 술덧의 당도는 발효 0일에 13.10 brix에서 발효 1일째 21.10 brix로 급격히 증가하였고 발효 3일째 25.10 brix로 가장 높았다. 그러나 발효 4일째는 당도가 17.10 brix로 급격히 감소하였다. Kim 등(31)의 키토산 첨가 막걸리 저장 기간 중 당도 변화를 측정한 연구 결과에 의하면 발효 후 6일까지는 당도가 증가하다가 이후부터 감소하는 경향을 나타내었다. Park과 Lee(32)는 탁주 발효 중 원료 내의 전분질이 당화 amylase의 작용으로 인하여 당분으로 분해됨과 동시에 미생물의 영양원이나 발효 기질

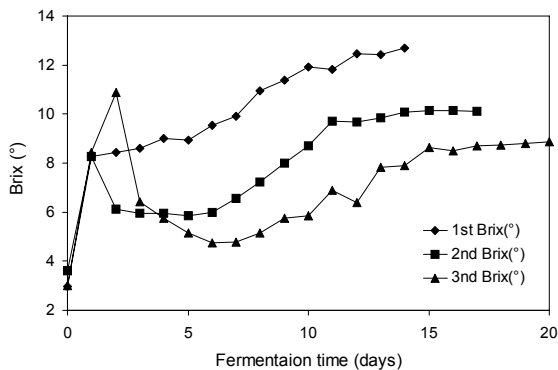


Fig. 5. Changes in the soluble sugar contents during fermentation of traditional wine.

로 이용되므로 발효 후기에 당도가 감소한다고 보고하였다. 이러한 내용은 본 연구에서와 유사성이 확인되고 있다.

전통주 발효과정 중에 알코올 및 총당의 변화

발효과정 중에 알코올의 측정과 총당의 측정은 아직까지 자동으로 검출이 어려워 manual 방식으로 측정하였다. 전통주의 발효기간 중 알코올 함량의 변화는 Fig. 6 및 Fig. 7과 같다. 1차에서 3차에 이르기까지 알코올 함량은 초기에 급격히 증가하다가 발효 5일째서부터 대부분 완만한 증가를 보였고, 1차 발효에서는 17.3%, 2차 발효에서는 16.7%, 3차 발효에서는 17.1%에서 발효가 완료되었다. 이는 발효과정 중에 유리당이 발효 중 효모의 영양원으로 이용되어 알코올 발효가 적절하게 일어난 것으로 판단된다. 이러한 결과는 Kim 등(33)의 오가피 추출물을 첨가한 발효주의 알코올 함량이 발효 초기에 급격히 증가하고 발효 중반부터 완만히 증가하였으며 오가피 추출물 첨가구가 대조구에 비해 다소 높게 나타나 본 연구 결과와 유사하였다.

Fig. 7에서는 알코올의 생산과 대별되게 초기 당류가 급격하게 감소하는 경향을 보이는데 초기 1차 발효에서는 36.74%의 총당을 2일 만에 20.3%까지 급격하게 감소하고, 2차 발효에서는 42.17%에서 2일째 22.43%까지 급격한 감소를 보였고, 3차에서는 34.25%에서 2일째 19.2%까지 감

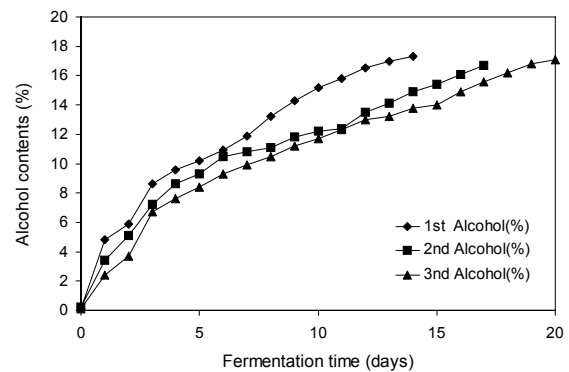


Fig. 6. Changes in the alcohol contents during fermentation of traditional wine.

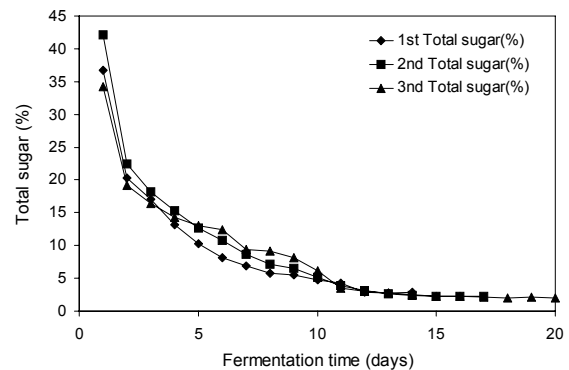


Fig. 7. Changes in the total sugar (%) contents during fermentation of traditional wine.

소를 보여 초기 급격한 감소를 확인할 수 있었고 이후 비교적 완만한 감소를 보였다. 1차 발효는 14일째 2.9%, 2차 발효는 17일째 2.3%, 3차 발효는 20일째 2.0%를 나타내고 있다. 식품 중에 존재하는 당류는 화학적으로 환원성을 갖는 환원당과 환원성을 갖지 않는 비환원당으로 나눌 수 있으며 이를 합하여 총당이라고 한다. 탁주에서 당분은 미생물의 발효기질로 이용되어 에탄올을 생성하며 술 향기 생성과 감미에도 영향을 주는 주요 성분이다(34). 발효 초기 총당의 감소는 당분이 술덧 중에 생육하는 효모나 젖산균 등의 발효기질로 이용되었기 때문으로 보인다(35). 이러한 결과는 Lee 등(34), Park과 Lee(32) 그리고 Kim과 Lee(36)의 총당 보고와 유사하였다.

또한 알코올의 변화는 총당의 변화와 함께 밀접하게 논의되어야 하는 것이 정확하다. 발효과정 중에 유리되는 당류들은 미생물에 의해 알코올로 전환되기 때문에 발효과정에 주

로 반대되는 과정을 보여주고 있고 이들의 적절한 측정은 발효 전 과정을 monitoring 하는 데 중요한 지표로서 활용이 가능할 것으로 판단된다.

전통주 발효과정 중에 유리당과 유기산의 변화

전통주의 발효과정 중 생성된 유리당과 유기산의 종류를 HPLC를 이용하여 분석하였으며 발효시간 경과에 따라 생성된 유리당, 유기산의 농도 변화는 Table 1, 2에서 보는 바와 같다. 전통주의 발효기간이 진행함에 따라 유리당은 1일째 4,171.44 mg%를 나타내다 초기에 급격한 감소를 보였고 10일을 전후하여 증가폭의 변화가 둔화되었다. 전체 중에 glucose가 제일 많은 함량을 보였으며 전체에 가장 유사한 패턴을 나타내었다. 다음으로 많은 함량을 보인 것은 sucrose, fructose 순이었다. 전체적인 경향은 총당의 감소와 매우 유사하게 나타나고 있어 발효기간에 알코올 생성과 밀

Table 1. Change of the free sugar concentration during fermentation of traditional wine (unit: mg%)

Day	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Lactose	Total
1	13.01±0.74	4,071.45±15.81	56.50±0.44	30.48±0.82	0	4,171.44
2	31.30±0.55	428.77±8.90	— ¹⁾	765.85±10.20	1,238.37±11.84	2,464.29
3	28.63±0.62	438.12±9.57	—	685.23±18.50	0	1,151.98
4	29.54±0.58	425.33±8.26	45.29±0.68	0	0	500.16
5	30.15±0.64	396.53±7.36	38.24±0.37	0	0	464.92
6	32.52±0.65	365.49±5.23	40.43±0.53	0	0	438.44
7	30.27±0.62	304.25±6.57	36.21±0.37	0	0	370.73
8	15.18±0.58	243.35±5.44	—	0	0	258.53
9	37.00±0.75	270.38±6.02	29.53±0.54	0	0	336.91
10	34.79±0.62	278.53±6.33	21.82±0.63	0	0	335.14
11	36.77±0.70	278.16±7.05	22.13±0.57	0	0	337.06
12	38.77±0.70	214.87±9.09	28.92±0.55	0	0	282.56
13	41.30±0.83	281.62±7.82	36.32±0.64	0	0	359.24
14	13.45±0.76	256.84±6.78	36.53±0.66	0	0	306.82
15	28.62±0.65	273.51±6.33	39.57±0.66	0	0	341.70
16	24.35±0.58	264.46±8.52	37.48±0.53	0	0	326.29

¹⁾Trace.

Table 2. Change of the organic acid concentration during fermentation of traditional wine (unit: mg%)

Day	Oxalic acid	Malic acid	Lactic acid	Citric acid	Acetic acid	Succinic acid	Total
1	1.28±0.24	8.39±0.52	32.57±0.82	13.83±0.28	ND ¹⁾	5.41±0.33	61.48
2	0.68±0.22	8.60±0.44	40.67±0.84	11.563±0.37	ND	7.81±0.35	69.32
3	0.70±0.21	9.08±0.53	40.22±0.75	10.77±0.22	ND	8.41±0.42	69.18
4	0.73±0.27	9.21±0.48	40.78±0.77	10.82±0.23	ND	7.56±0.34	69.14
5	0.78±0.20	9.51±0.51	41.34±0.85	10.99±0.24	ND	8.24±0.38	70.86
6	0.80±0.24	9.98±0.62	41.87±0.71	11.37±0.32	ND	9.21±0.52	73.23
7	0.82±0.21	10.35±0.57	42.84±0.82	11.87±0.29	ND	9.58±0.62	75.46
8	0.84±0.34	11.44±0.59	43.87±0.77	12.89±0.34	ND	10.43±0.98	79.47
9	0.93±0.20	11.88±0.57	44.76±0.80	14.30±0.21	ND	11.15±0.44	83.02
10	1.04±0.28	9.06±0.58	39.40±0.81	13.00±0.75	ND	9.40±0.35	71.90
11	1.10±0.30	12.06±0.56	45.61±0.76	16.86±0.81	ND	12.46±0.83	88.09
12	1.15±0.36	10.39±0.41	118.16±5.05	15.34±0.50	ND	6.79±0.55	156.22
13	1.22±0.32	12.03±0.45	157.33±6.40	17.70±0.65	ND	7.11±0.51	191.01
14	1.24±0.33	11.42±0.55	227.09±6.91	17.78±0.63	ND	8.68±0.49	266.21
15	1.25±0.32	12.08±0.53	231.25±5.74	18.17±0.59	ND	8.35±0.41	271.14
16	1.27±0.35	12.12±0.51	233.34±6.80	19.04±0.65	ND	8.23±0.38	274.32

¹⁾Not detected.

접합을 알 수가 있었다. 전통주 발효의 이상 유무를 측정하는 데 유리당도 매우 중요한 지표로 판단되는 바, 유리당 변화를 HPLC에 온라인화시켜 검출, 확인하여 전통주 발효의 이상 유무를 확인하는 추가 지표로 활용 가능할 것으로 생각한다.

한편 유기산의 경우 Table 2에 표시되어 있는데 초기에 전체 61.48 mg%를 보이면서 발효 11일째까지 88.09 mg%를 보여 아주 완만한 상승이었는데 이후 급격한 상승을 보였고 14일째 266.21 mg%에서 정점을 찍고 이후 완만한 진행을 보였다.

각 산들의 분포를 살펴보면 막걸리의 풍미에 좋지 않은 영향을 미치는 acetic acid는 전 발효기간에 걸쳐 검출되지 않았다. 그리고 막걸리 발효에 적합한 pH를 제공하는 citric acid는 초기 감소하다가 점차 상승하고 있는데 초기 13.83 mg%에서 최종 19.04 mg%의 범위로 유지되어 막걸리가 부패하지 않고 안정된 발효가 일어나도록 도와주는 것을 알 수 있었다. 부드러운 신맛을 내는 malic acid도 citric acid와 유사하게 전 기간에 걸쳐 비교적 유사한 경향을 나타내고 있는데 초기 8.39 mg%에서 최종 12.12 mg%로 풍부하게 유지하고 있었다. Succinic acid는 발효 초기에는 낮은 농도로 존재하다가 발효 2, 3일부터 생성되기 시작하여 꾸준히 증가하고 10일 이후부터 변화가 심하지만 감소하는 경향을 보여 최종 8.23 mg%를 유지하고 있다. 전체 발효과정에서 가장 크게 영향을 미치고 있는 lactic acid는 발효 초기 32.57 mg%로 낮은 농도를 유지하다가 발효 12일째 118.16 mg%로 급격한 생성이 나타나고 발효 14일째 227.09 mg%로 변곡점을 나타낸 다음 완만해진다. 본 실험 결과는 lactic acid와 succinic acid가 찹쌀 및 보리쌀 막걸리의 발효과정 중 주요 유기산으로 보고한 Song(37)의 결과 및 원료를 달리하여 발효시킨 막걸리의 결과(38)와 어느 정도 부합하는 면도 있었으나 malic acid와 citric acid를 중요한 인자로 보아도 될 것 같다는 결론을 얻을 수 있었다. 한편 피로물질 제거에 큰 역할을 하는 것으로 알려진 유기산으로는 lactic acid, citric acid, succinic acid, tartaric acid 등이 보고(39)되어 있으며, 막걸리의 유기산 중 lactic acid 및 citric acid는 주류발효에 적합한 pH를 제공할 뿐만 아니라 주류에 청량감과 부드러운 신맛을 부여하는 역할(39)을 하는 것으로 알려져 있다.

요 약

전통주는 성장할 수 있는 전기를 맞이하고 있으나 전통적인 생산방식으로 인한 표준화, 품질관리의 문제점을 안고 있다. 이에 sensor 기술과 RFID 기술을 이용하여 품질관리와 표준화문제에 접근하고자 하였다. RFID 기술은 원거리 Sensing과 즉각적인 제어로서 표준화와 품질의 고급화를 이룰 수 있는 최적화 기술이다. 본 실험에서 3차에 걸친 발효과정을 측정하였는데 발효조의 내부온도에 따라 발효종말점이 14,

17, 20일까지 달랐다. pH의 경우 발효 초기 pH가 7.89, 7.95, 7.68에서 최종 pH 3.31에서 2.96까지 급격한 pH의 강하가 이뤄졌고 이후 서서히 상승으로 진행하다 최종에 pH 3.34에 도달하였다. 총산의 경우 발효 초기 0.1, 0.2, 0.1%에서 3~4일까지 급격히 총산이 증가하였고 이후 완만한 상승이 이어지다 최종에 pH 2.3~2까지 낮아졌다. 이는 발효 기간 중에 생성된 유기산과 밀접한 관계가 있다. 당도의 측정은 발효기에 부착한 sensor를 통하여 자료를 얻었는데 발효에서 당도의 변화는 초기 급격한 상승을 이룬 다음 중간 발효에서는 점차 낮아졌고 발효 후기에 갈수록 점차 증가하는 경향을 보였다. 알코올의 측정과 총당의 측정은 아직까지 자동으로 검출이 어려워 manual 방식으로 측정하였는데, 알코올 함량은 초기에 급격히 증가하다가 발효 5일째서부터 대부분 완만한 증가를 보였고 1차 발효에서는 17.3%, 2차 발효에서는 16.7%, 3차 발효에서는 17.1%에서 발효가 완료되었다. 유리당은 1일째 4,171.44 mg%를 나타내다 초기에 급격한 감소를 보였고 10일을 전후하여 증가폭의 변화가 둔화되었다. 전체 중에 glucose가 제일 많은 함량이었고, 다음으로 sucrose, fructose 순이었다. 유기산의 경우 초기에 전체 61.48 mg%를 보이면서 발효 11일째까지 88.09 mg%를 보여 아주 완만한 상승이었는데, 이후 급격한 상승을 보였고 14일째 266.21 mg%에서 정점을 찍고 이후 완만한 진행을 보였다. 전통주의 발효에서 품질관리를 통한 전통주의 고급화 방법의 하나로 RFID 기술을 도입하여 이상발효의 차단과 적정한 sensor를 이용하여 지표로 활용, 정확한 발효과정을 판단할 필요가 있다. pH, 총산, 알코올 그리고 총당은 전통주 품질관리의 지표로 활용 가능한 바, 전통주 발효 전 과정을 monitoring 하여 이상발효 유무의 중요한 지표로 활용이 가능할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국가식품클러스터에 의해 지원된 국제공동 R&D 지원사업에 의해 이루어진 연구 결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Kim HR, Kwon YH, Jo SJ, Kim JH, Ahn BH. 2009. Characterization and volatile flavor components in glutinous rice wines prepared with different yeasts *nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 41: 296-301.
2. Chang KJ, Yu TJ. 1981. Studies on the components of *Sogokju*, and commercial *Yakju*. *Korean J Food Sci Technol* 13: 307-313.
3. Rhee SJ, Lee Jetty CY, Kim KK, Lee CH. 2003. Comparison of the traditional (*Samhaeju*) and industrial (*Chongju*) rice wine brewing in Korea. *Food Sci Biotechnol* 12: 242-247.
4. Song HI, Shin JY. 1995. *Modern fermentation technology*. Gigu Munhwasa, Seoul, Korea. p 193.
5. Lee SR. 1986. *Korean fermentative food*. Ewha Womans

- University Publishing Department, Seoul, Korea. p 205.
6. NTS. 1997. *Manufacturing guideline of alcoholic beverages*. Technical Service Institute of National Tax Service, Seoul, Korea. p 83-176.
 7. Shin KR, Kim BC, Yang JY, Kim YD. 1999. Characterization of *Yakju* prepared with yeast from fruits: 1. Volatile components in *Yakju* during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 794-800.
 8. Song JH, Baek SY, Lee DH, Jung JH, Kim HK, Lee JS. 2011. Screening of fungal *nuruk* and yeast for brewing of *Gugija-Liriope tuber* traditional rice wine and optimal fermentation condition. *Kor J Mycol* 39: 78-84.
 9. Kim JH, Jeong SC, Kim NM, Lee JS. 2003. Effect of Indian millet koji and legumes on the quality and angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of Korean traditional rice wine. *Korean J Food Sci Technol* 35: 733-737.
 10. Kim CS, Park JH, Lee SH. 2004. An analysis on characteristics priority of the exportable traditional liquor to Japan using AHP. *Korean J Agricultural Management and Policy* 31: 180-193.
 11. Kim YS, Park YS. 2007. The production of traditional alcoholic beverage in containing medicinal herb. *Food Science and Industry* 40(2): 83-89.
 12. Seo DS, Kim JH, Ahn BH, Lee JS. 2008. Characterization of anti-dementia, cardiovascular and antioxidant functionalities in Korean traditional alcoholic beverages. *Kor J Microbiol Biotechnol* 36: 320-325.
 13. Han HC, Seo JM. 2009. An analysis on the value pursuit for traditional Korean liquor using means-end chain theory. *J Foodservice Management* 12: 205-227.
 14. Jeong ST, Kwak HJ, Kim SM. 2013. Quality characteristics and biogenic amine production of *makgeolli* brewed with commercial *nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 45: 727-734.
 15. Yu TS, Kim J, Kim HS, Hyun JS, Ha HP, Park MG. 1998. Bibliographical study on microorganism of traditional Korean *nuruk* (since 1945). *J Korean Soc Food Nutr* 27: 789-799.
 16. Song SH, Lee C, Lee S, Park JM, Lee HJ, Bai DH, Yoon SS, Choi JB, Park YS. 2013. Analysis of microflora profile in Korean traditional *nuruk*. *J Microbiol Biotechnol* 23: 40-46.
 17. Kim BS. 2010. Development of Infrastructure of u-Food System using agrifood marketing and u-IT convergence technology-RFID/USN. *Food Preservation and Processing Industry* 9(2): 32-38.
 18. Rida A, Yang L, Tentzeris M. 2010. Worldwide applications. In *RFID-Enabled Sensor Design and Applications*. Artech House, Norwood, MA, USA. p 189-200.
 19. Paret D. 2009. The market and application for contactless technology. In *RFID at Ultra and Super High Frequencies: Theory and Application*. John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, UK. p 43-53.
 20. Park SH, Park HM, Kim CB. 2011. Design and implementation of low-power RFID system using infrared ray sensor. *J KIIT* 9: 41-48.
 21. Kim SH, Kim DH, Park HD. 2009. A tracking service of animal situation using RFID, GPS, and sensor. *J IIBC* 9: 79-84.
 22. NTS. 2010. *Analysis of alcoholic beverages*. National Tax Service, Seoul, Korea. p 40.
 23. NTS. 2008. *Korea national tax service liquor analysis regulation*. National Tax Service Technical Service Institute, Seoul, Korea. p 62-66.
 24. Hong HG. 1984. The effect on the composition of takju of addition of *nuruk* under varied conditions. *MS Thesis*. Seoul Women's University, Seoul, Korea.
 25. Iverson J. 2000. *Home winemaking step by step: a guide to fermenting wine grapes*. 3rd ed. Stonemark Publishing Co., Medford, MA, USA. p 115-125.
 26. Lee SS, Kim KS, Eom AH, Sung CK, Hong IP. 2002. Production of Korean traditional rice-wines made from cultures of the single fungal isolates under laboratory conditions. *Kor J Mycol* 30: 61-65.
 27. So MH, Lee YS, Noh WS. 1999. Changes in microorganisms and main components during Takju brewing by a modified Nuruk. *Korean J Food & Nutr* 12: 226-232.
 28. Lee H, Park CS, Choi JY. 2010. Quality characteristics of the mashes of *takju* prepared using different yeasts. *Korean J Food Sci Technol* 42: 56-62.
 29. Lee SB, Ko GH, Yang JY, Oh SH. 2001. *Food fermentation*. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea. p 217-218.
 30. Sung JH, Han MJ. 2008. Quality characteristics of Jeungpyun manufactured by ginseng Makgeolli. *Korean J Food Cookery Sci* 24: 837-848.
 31. Kim MJ, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim AR, Kim JH, Ji KW, Ahn IS, Ahn DH. 2007. Effect of chitosan on shelf-life and quality of *Takju*. *J Chitin Chitosan* 12: 198-204.
 32. Park CS, Lee TS. 2002. Quality characteristics of *takju* prepared by wheat flour *nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 296-302.
 33. Kim IH, Kim SH, Kwon JH. 2008. Fermentation characteristics of *yakju* added with *Acanthopanax cortex* extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 521-527.
 34. Lee JS, Lee TS, Noh BS, Park SO. 1996. Quality characteristics of mash of *takju* prepared by different raw materials. *Korean J Food Sci Technol* 28: 330-336.
 35. In HY, Lee TS, Lee DS, Noh BS. 1995. Quality characteristics of soju mashes brewed by Korean traditional method. *Korean J Food Sci Technol* 27: 134-140.
 36. Kim JY, Lee YH. 2010. pH, acidity, color, amino acids, reducing sugars, total sugars, and alcohol in puffed millet powder containing millet *takju* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 42: 727-732.
 37. Song JY. 1999. Quality characteristics in *takju* fermented with mashed glutinous rice and barley rice. *MS Thesis*. Seoul Women's University, Seoul, Korea.
 38. Lee SM. 1999. Quality characteristics in mash of *takju* prepared by using different raw materials. *MS Thesis*. Seoul Women's University, Seoul, Korea.
 39. Song JC, Park HJ, Shin WC. 1997. Changes of *Takju* qualities by addition of cyclodextrin during the brewing and aging. *Korean J Food Sci Technol* 29: 895-900.