



## Original Article

## 쌀, 누룩, 발효 온도를 달리하여 제조한 탁주의 발효 기간 중 품질 특성

남명주  · 김명희\*   
영남대학교 식품공학과

## Quality Characteristics of Takju Prepared from Different Ingredients and Fermentation Temperature

Myeongju Nam and Myunghee Kim\*

Department of Food Science and Technology, Yeungnam University

**Abstract:** Rice, nuruk, and water are the main ingredients to prepare takju, a traditional Korean liquor. Takju quality varies depending on the type of ingredients and fermentation temperature. In the current study, different combinations of nuruk (SH, JJ) and rice (glutinous rice, non-glutinous rice) were fermented at different temperatures (20, 25°C) and analyzed for quality characteristics over the fermentation period of 10 days. Regardless of the temperature, higher soluble solids (27.1~29%) were measured in the takju prepared with glutinous rice compared to non-glutinous rice. And acidity increased from 0.03% to 1.1% to all takju fermented at both 20 and 25°C, and, higher acidity was measured in the takju prepared with JJ nuruk. The color value of lightness (L) decreased from 57.9 to 23.9. Alcohol content was less than 15.5% in glutinous rice takju and less than 12.3% in non-glutinous rice takju. Total bacteria count (7~8 Log CFU/mL) and lactic acid bacteria count (4~7 Log CFU/mL) increased in different takju. However, the very high yeast count was recorded in takju prepared from SH nuruk compared to takju prepared from JJ nuruk at 0 day of fermentation. A sharp decline (84.92~98.57%) of yeast was observed just after the 1st day of fermentation which gradually reduced to lowest at 4th day of fermentation. No yeast was observed at 6th day fermentation and onwards. These results indicate that the raw materials, especially rice and nuruk, affect the physiochemical properties of takju.

**Key words:** Takju, rice, nuruk, fermentation, temperature

## I. 서 론

탁주는 전분질 원료(쌀아 곡류 제외), 국, 물을 주된 원료로 제조하여 발효시킨 후 술덧을 혼탁하게 제성한 것 또는 발효, 제성 과정에 탄산가스 등을 첨가한 것을 말하며(Korea Food and Drug Administration, 2023), 6~8%의 알코올 농도를 가지는 한국의 전통주이다(Lee *et al.* 2012). 우리나라, 일본, 중국 등 동아시아권 국가 들은 예로부터 쌀을 주식으

로 사용하여 왔으며, 이에 따라 양조 역시 쌀을 사용한 비중이 크다(Lee *et al.* 2012). 탁주는 곡물과 당을 이용하여 발효하는 병행발효주이며(Koo *et al.* 2018; Choi *et al.* 2020) 짧은 시간에 발효가 이루어진다는 것이 특징이다(Seo *et al.* 2005). 쌀, 전통 누룩, 물을 첨가하여 탁주가 만들어지며 누룩 속의 당화 효소인 amylase에 의해 전분질 원료는 당으로 분해함과 동시에 분해된 당을 효모가 알코올로 전환한다(Lee *et al.* 2012). 탁주가 발효될수록 전분질 원료와 누룩에서 생성된 다양한 단백질, 아미노산으로 인해 탁주의 풍미 향상, 색과 탁주 품질 관계의 조화를 이루며(Kim *et al.* 2008b; Park & Jung 2014), 탁주에 포함된 비타민 B군, lysine 등의 필수 아미노산, glutathione, glutamic acid, proline 등을 함유하고 있어 영양학적으로 우수하다고 알려져 있다(Han *et al.* 1997; Park *et al.* 2011; Jang *et al.*

\*Corresponding author: Myunghee Kim, Department of Food Science and Technology, Yeungnam University, Gyeongsan, Gyeongbuk 38541, Republic of Korea

Tel: +82-53-810-2958, Fax: +82-53-810-4665

E-mail: foodtech@ynu.ac.kr

2024년 6월 26일 접수, 2024년 7월 2일 수정논문접수, 2024년 6월 28일 채택

2015). 탁주는 원료의 종류, 배합 비율, 담금 방법에 따라 탁주의 품질 특성이 달라진다고 보고되어 있으며(Lee *et al.* 2014), 탁주 제조 시 사용되는 주 원료는 쌀, 밀, 보리 등의 전분질 원료를 이용하고(Kim *et al.* 2008a), 사용되는 누룩은 발효 중 당화제 또는 발효제의 역할을 수행하며(Kim *et al.* 1997), 곡류를 삶아 다양한 미생물에 의한 발효가 이루어져 누룩 고유의 향을 가질 뿐만 아니라, 탁주가 발효되는 동안 누룩에 있는 아밀레이스와 프로테아제는 각각 쌀의 전분을 당분으로 분해하고, 쌀과 누룩의 단백질을 분해하여 펩타이드와 아미노산으로 전환시킨다(Park *et al.* 2016). 이 과정에서 분해된 아미노산은 탁주의 발효 과정에서 미생물의 성장과 대사에 이용된다(Park, 2012). 따라서, 누룩 내 존재하는 다양한 미생물에 의한 발효를 통해 탁주 제조 시 고유한 탁주의 품질이 나타나게 된다(Kim *et al.* 2008b; Choi *et al.* 2020). 또한, 누룩에 함유된 미생물 중 효소를 생성하는 것으로 알려진 곰팡이 중 주로 *Aspergillus oryzae*가 있지만(Yun *et al.* 2019), 이는 *Aspergillus flavus*와 유전적으로 유사하여 구별이 어렵다(Godet & Munaut, 2010). *A. flavus*는 2차 대사산물로써 아플라톡신을 생성하는 곰팡이로, 아플라톡신은 간암을 유발할 뿐만 아니라 건강에 위협을 끼치는 물질이다. 국제암연구소는 아플라톡신 B<sub>1</sub>을 강한 돌연변이 유발성과 발암성을 근거로 1급 발암 물질로 분류하고 있다(IARC, 2023). 따라서, 누룩의 종류를 달리함에 따른 누룩에서의 아플라톡신과 이를 사용하여 제조한 탁주에서의 안전성 확인이 필요하다. 2021년 국내 탁주 시장의 규모는 출고 금액 기준 약 5,098억원 규모로 2014년부터 2016년까지 전 통주의 출고량은 감소하는 추세를 보였으나, 2017년부터 지속해서 증가하는 추세를 보이고 있다. 이후 탁주 시장의 규모는 더욱 증가할 것으로 보고되어 있어(MAFRA, 2022), 이를 뒷받침하기 위한 안전성과 같은 탁주 품질 특성의 다양화 연구가 필요하다. 탁주에 대한 선행연구로는 효모 종류를 달리한 탁주의 품질 특성(Lee & Ahn 2010; Ji & Chung 2012)과 다양한 소재를 첨가한 탁주의 품질 특성에(Kim *et al.* 2007; Kim *et al.* 2008a; Jeon & Lee 2011; Kim *et al.* 2011; Kong *et al.* 2011; Im *et al.* 2012) 대하여 보고되어 있으나 탁주 제조의 주원료인 쌀과 누룩, 발효 온도를 달리하여 발효시킨 탁주에서의 이화학적 및 미생물학적 특성 변화에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. 이에, 현 연구는 탁주 제조 시 사용되는 쌀, 누룩, 그리고 발효 온도를 달리 사용하여 탁주를 제조한 뒤 발효 기간별 이화학적, 미생물학적 분석을 통하여 각 탁주의 품질 특성을 파악함으로써 탁주의 품질 특성 다양화에 기초 자료를 제공하고자 하였다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 사용 원료

본 실험에 사용한 멍쌀과 찰쌀은 2022년 안동지역에서 재

Table 1. Abbreviations and fermentation temperature used in this study

Takju	Rice	Nuruk	Fermentation temperature (°C)
GR-SH-20	GR	SH	20
GR-SH-25	GR	SH	25
GR-JJ-20	GR	JJ	20
GR-JJ-25	GR	JJ	25
NGR-SH-20	NGR	SH	20
NGR-SH-25	NGR	SH	25
NGR-JJ-20	NGR	JJ	20
NGR-JJ-25	NGR	JJ	25

GR: Glutinous rice, NGR: Non-glutinous rice, SH: Soyulgok, JJ: Jinju nuruk

배된 것을 구입하였고, 누룩은 2종류의 제품으로 SH (Soyulgok, sp 300, Gwangju-city, Korea), JJ (Jinju nuruk, sp 300, Jinju-city, Korea)을 구입하여 사용하였다. 그 외 용수와 탁주 제조에 필요한 물품들은 경상북도 경산시 소재 마트에서 구입하였다.

### 2. 탁주의 제조

고두밥으로 사용한 찰쌀과 멍쌀은 하룻밤 이상 불린 후 증자하였으며 상온에 두어 냉각시켰다. 큰 용기에 냉각한 고두밥(찰쌀 또는 멍쌀), 누룩(SH, JJ) 및 용수를 실험 처리별로 넣어서 골고루 혼합되도록 30분 이상 치대어 주었다. 그 다음 96 L 발효조에 옮겨 담아 발효 온도(20, 25°C)별로 10일 동안 발효시켰다. 탁주 재료의 혼합비는 고두밥:누룩:용수를 36.4:9.1:54.5로 동일한 조건으로 하였으며, 쌀과 누룩의 종류를 다르게 하여 제조하여 발효 온도를 달리하여 실험 수행하였다<Table 1>.

### 3. 가용성 고형분 함량 및 총산도

탁주의 가용성 고형분 함량은 면포로 거른 탁주 1 mL를 디지털 굴절당도계(Master-M, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 총산도 측정은 면포로 탁주 10 mL를 취하여 증류수로 10배 희석한 후, 0.1% 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 하여 0.1 N의 NaOH 용액으로 적정하였다. 그 후 소비된 0.1 N의 NaOH 용액의 양을 초산 함량으로 환산하여 총산도로 나타내었다.

### 4. 색도 측정

쌀과 누룩을 달리하여 제조한 탁주의 발효 기간별 색도의 변화는 발효 일별로 탁주 400 mL를 취하여 용기에 담아 색차계(CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter scale에 의한 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b)를 측정하였다. 이때 사용한 표준 백판

의 L, a, b값은 각각 90.16, 0.71, 3.67이었다.

### 5. 알코올 함량

탁주의 알코올 함량 측정은 면포로 거른 탁주 150 mL를 취하여 원심분리기(Combi 514R, Hanil, Daejeon, Korea)를 사용하여 여액을 분리하였다. 탁주의 여액을 100 mL 취한 후 알코올 증류기를 이용하여 알코올을 증류하였다. 이후 증류액 70 mL에 증류수 30 mL를 가한 뒤 25°C로 냉각시켜 주정계로 0.1°C당 알코올 분(v/v, %) 및 온도 환산표에서 눈금과 온도를 확인하여 측정하였다(Kim *et al.* 2011).

### 6. 미생물 분석

탁주의 발효 기간별 일반세균 수, 유산균 수, 및 효모 수의 측정은 식품공전에 기재된 방법(Korea Food and Drug Administration, 2023)에 준하여 실시하였다. 일반세균 수는 시료 10 mL에 멸균한 0.2% peptone water (PW; Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA) 90 mL를 가하여 stomacher (Interscience; Saint-Nom-la-Breteche, France)를 이용하여 1분간 균질화한 후 시험용액으로 사용하였다. 시험용액을 0.2% peptone water를 이용하여 단계별 십진 희석하였으며, 희석한 용액 1 mL를 petridish에 분주한 뒤 미리 준비한 Plate Count Agar (PCA; Becton, Dickinson and Company, USA)를 가한 후, 시험용액과 배지를 혼합하였다. PCA 배지 응고 후 petri dish를 뒤집어 37±2°C에서 1~2일 배양하여 형성된 집락을 계수하고 시료 mL당 집락 수(Log CFU/mL)로 나타내었다. 유산균 수는 일반세균 수와 동일하게 희석한 후 희석된 시료 1 mL를 petridish에 분주한 뒤 미리 준비한 deMan Rogosa Sharpe Agar (MRS Agar; Kisanbio, Seoul, Korea)를 가한 후 시험용액과 배지를 혼합하였다. 배지가 응고된 다음 37±2°C에서 1~2일 배양하여 형성된 집락을 계수하고 시료 mL당 집락 수(Log CFU/mL)로 나타내었다. 효모 수는 위 방법과 동일하게 희석한 후 희석된 시료 1 mL를 petridish에 분주한 뒤 미리 준비한 Yeast Extract Peptone Dextrose (YPD; Kisanbio, Seoul, Korea)를 가하여 혼합하였다. 배지 응고 후 28°C에서 3일 배양하여 형성된 집락을 계수하고 시료 mL당 집락 수(CFU/mL)로 나타내었다.

### 7. 아플라톡신 분석

탁주 제조에 사용된 누룩과 탁주에 함유된 아플라톡신 분석은 식품공전 방법을 변형하였다(KFDA, 2023). 누룩은 믹서기로 곱게 간 후 10 g을 취했으며, 탁주는 10 mL에 NaCl 1 g과 80% methanol (Duksan Pure Chemicals; Ansan-si, Gyunggi-do, Korea) 50 mL를 첨가한 후 homogenizer (Labtron, Seoul, Korea)를 사용하여 12,000 rpm, 2분간 균

질한 뒤 Whatman No. 4 여과지(Whatman; Maidstone, UK)를 사용하여 고형분을 제거하였다. 여액 6 mL를 100 mL 플라스크에 취하고 0.1% tween 20을 함유한 증류수 42 mL를 가하여 흔들어 섞은 후 유리섬유 여과지(glass fiber filter, GF/A, Whatman; Maidstone, UK)로 여과한 것으로 추출액으로 하였다. 추출액 20 mL를 아플라톡신용 면역친화성 칼럼(Vicam; Milford, MA, USA)에 주입하여 초당 1방울 정도의 속도로 통과시킨다. 이어서 3차 증류수 10 mL를 같은 유속으로 유출시키고 칼럼 내에 남아 있는 용액을 제거한 후 0.1%의 초산을 함유한 메탄올 4 mL의 메탄올을 칼럼에 주입하여 정제용 칼럼으로부터 아플라톡신을 용출시켰다. 용출액을 50°C에서 질소로 건조시키고 잔류물에 20% 아세트나이트릴 480 µL와 트리플로로아세트산 120 µL 혼합용액을 가하여 유도체화하고 0.2 µm 멤브레인 필터로 여과한 것을 시험용액으로 하였다.

HPLC system은 Thermo Fisher Scientific (UltiMate 3000Willsum, MA, USA)을 사용하였다. 분리 컬럼은 A-Cloversil C<sub>18</sub> (내경 4.6 mm, 길이 250 mm, 입자 크기 5 µm; Shiseido Co., Limited, Tokyo, Japan)을 이용하였다. 형광검출기의 파장은 여기파장 360 nm, 방출파장 450 nm에서 분석하였고, 이동상은 water: acetonitrile:methanol (3:1:1, v/v/v)을, 유속은 0.8 mL/분, 주입량은 20 µL로 하였다(Kumar *et al.*, 2022). 표준검량곡선은 아플라톡신 B1, B2, G1, G2를 5~250 µg/kg의 농도로 제조하였고, 각 시료의 아플라톡신 함량은 HPLC 분석에서 얻은 피크 면적을 표준검량곡선에 대입하여 정량하였다.

### 8. 관능평가

쌀, 누룩, 및 발효 온도를 달리하여 제조한 8종의 탁주에 대한 관능평가는 영남대학교 식품공학과 학생 15명을 대상으로 실시하였다(IRB 승인번호: 7002016-A-2023-117). 탁주는 투명한 컵에 5 mL씩 담은 후 무작위 숫자를 표시하였다. 전체 평가 과정은 30분 정도 소요되었고, 시음 후 반드시 물로 입 안을 헹구도록 하였다. 탁주의 관능평가 항목은 색(color), 향(flavor), 맛(taste), 전체적인 기호도(overall acceptability)의 총 4가지 항목을 7점 기호 척도법으로 최고 7점, 최저 1점으로 평가하였다.

### 9. 통계 분석

모든 실험은 3회 반복 수행 후 평균±표준편차로 결과를 나타내었으며, SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, Ver. 27.0 for Windows)를 사용하여 분산분석(ANOVA)을 통해 유의성을 확인하였다( $p < 0.05$ ). 유의적인 차이가 있을 경우  $p < 0.05$ 의 수준에서 Duncan의 다중범위검정을 통해 사후검정을 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 가용성 고형분 함량 및 총산도

쌀과 누룩, 발효 온도를 달리하여 제조한 탁주의 발효 기간별 가용성 고형분 함량 및 총산도 변화를 살펴보고자 하였으며, 가용성 고형분 함량은 <Table 2>에 나타내었다. 가용성 고형분 함량은 당분 및 용해성 물질을 포함하여, 발효의 진행 정도를 파악할 수 있는 지표이다. 찹쌀로 제조한 탁주(GR)에서의 가용성 고형분 함량은 11.33±0.05~29.00±0.52로 나타났으나, 멥쌀로 제조한 탁주(NGR)에서의 가용성 고형분 함량은 2.15±0.07~15.10±0.07로, 찹쌀로 제조한 탁주보다 낮은 가용성 고형분 함량을 나타내었다. 반면, 누룩과 발효 온도를 달리하여 제조한 탁주의 가용성 고형분 함량의 차이는 보이지 않았다. 따라서, 탁주의 가용성 고형분 함량에 영향을 미치는 것은 쌀의 종류인 것으로 알 수 있다. 탁주의 가용성 고형분 함량은 발효 1~2일 차에 최댓값을 나타내었으며, 이후의 발효 기간 동안 가용성 고형분 함량은 유의적

으로 감소하였다( $p<0.05$ ). 이는 당화 amylase의 작용으로 쌀의 전분질이 당분으로 분해되었기 때문이며(Kim *et al.* 2007), Lee (2016)는 쌀과 멥쌀의 성상 구조가 달라 찹쌀의 당화 과정이 더 쉽게 발생하여 당의 생성보다 발효에 소모된 당의 함량이 더 큰 것이라 하였다.

탁주의 총산도는 <Table 3>에 나타내었으며, 쌀과 온도를 달리하여 제조한 탁주에서는 총산도의 차이가 나타나지 않았으나, 누룩의 종류를 달리하여 탁주를 제조한 경우, SH 탁주에서의 총산도는 0.03±0.00~0.80±0.02, JJ탁주에서의 총산도는 0.04±0.02~1.13±0.02로 높은 총산도를 나타내어 누룩의 종류에 따라 탁주의 산미를 달리할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 총산도는 발효 0일차부터 지속적으로 증가하였으며, 발효 기간의 증가에 따른 총산도의 변화는 탁주의 발효에 미생물이 관여됨에 따라 산이 생성되는 것으로 보고되어 있으며(Lee 2016), 이는 현 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

Table 2. Soluble solid contents of takju prepared from different rice, nuruk, and fermentation temperature (unit: Brix)

Takju	Fermentation period (day)							F value
	0	1	2	4	6	8	10	
GR-SH-20	13.60±1.30 <sup>1)2)</sup>	29.00±0.52 <sup>a</sup>	25.96±1.48 <sup>b</sup>	16.10±0.10 <sup>c</sup>	14.50±0.20 <sup>d</sup>	13.36±0.05 <sup>de</sup>	12.13±0.05 <sup>e</sup>	229.116*
GR-SH-25	14.60±0.26 <sup>b</sup>	24.23±0.20 <sup>a</sup>	24.33±0.15 <sup>a</sup>	12.70±0.10 <sup>c</sup>	11.63±0.15 <sup>d</sup>	11.86±0.15 <sup>d</sup>	11.33±0.05 <sup>e</sup>	3876.321*
GR-JJ-20	13.73±0.05 <sup>g</sup>	27.10±0.10 <sup>a</sup>	21.60±0.26 <sup>b</sup>	16.13±0.11 <sup>c</sup>	15.13±0.05 <sup>d</sup>	14.63±0.15 <sup>e</sup>	14.13±0.05 <sup>f</sup>	4391.191*
GR-JJ-25	13.46±0.05 <sup>g</sup>	27.16±0.15 <sup>a</sup>	22.13±0.05 <sup>b</sup>	17.70±0.00 <sup>c</sup>	15.76±0.11 <sup>d</sup>	15.33±0.11 <sup>e</sup>	14.73±0.05 <sup>f</sup>	9331.857*
NGR-SH-20	4.16±0.05 <sup>d</sup>	12.66±0.05 <sup>b</sup>	15.10±0.17 <sup>a</sup>	9.43±0.23 <sup>c</sup>	9.30±0.00 <sup>c</sup>	9.30±0.00 <sup>c</sup>	9.50±0.00 <sup>c</sup>	2768.523*
NGR-SH-25	4.60±0.17 <sup>f</sup>	11.93±0.05 <sup>b</sup>	13.80±0.02 <sup>a</sup>	8.96±0.11 <sup>c</sup>	9.53±0.05 <sup>d</sup>	9.40±0.00 <sup>d</sup>	9.50±0.00 <sup>c</sup>	3468.962*
NGR-JJ-20	2.15±0.07 <sup>f</sup>	8.30±0.00 <sup>c</sup>	8.80±0.14 <sup>d</sup>	8.85±0.07 <sup>d</sup>	9.30±0.00 <sup>c</sup>	9.75±0.07 <sup>b</sup>	10.30±0.00 <sup>a</sup>	4634.402*
NGR-JJ-25	2.90±0.00 <sup>e</sup>	7.50±0.00 <sup>d</sup>	7.83±0.011 <sup>c</sup>	8.80±0.00 <sup>b</sup>	9.43±0.05 <sup>a</sup>	9.43±0.05 <sup>a</sup>	9.50±0.00 <sup>a</sup>	6802.534*

<sup>1)</sup>Mean±SD.

<sup>2)</sup>Different letters (a-g) represent significant difference at  $p<0.05$  in Duncan's multiple range tests.

\* $p<0.05$

Table 3. Acidity of takju prepared from different rice, nuruk, and fermentation temperature (unit: %)

Takju	Fermentation period (day)							F value
	0	1	2	4	6	8	10	
GR-SH-20	0.10±0.03 <sup>1)2)</sup>	0.40±0.02 <sup>e</sup>	0.51±0.03 <sup>d</sup>	0.80±0.02 <sup>a</sup>	0.67±0.02 <sup>c</sup>	0.74±0.03 <sup>b</sup>	0.67±0.02 <sup>c</sup>	275.156*
GR-SH-25	0.07±0.02 <sup>e</sup>	0.33±0.03 <sup>d</sup>	0.66±0.05 <sup>b</sup>	0.67±0.02 <sup>ab</sup>	0.72±0.00 <sup>a</sup>	0.61±0.03 <sup>c</sup>	0.68±0.02 <sup>ab</sup>	216.737*
GR-JJ-20	0.09±0.00 <sup>d</sup>	0.45±0.03 <sup>c</sup>	0.86±0.03 <sup>b</sup>	1.02±0.08 <sup>a</sup>	1.01±0.06 <sup>a</sup>	1.00±0.02 <sup>a</sup>	1.05±0.00 <sup>a</sup>	228.541*
GR-JJ-25	0.04±0.02 <sup>e</sup>	0.23±0.02 <sup>d</sup>	0.76±0.02 <sup>c</sup>	1.09±0.02 <sup>b</sup>	1.13±0.02 <sup>a</sup>	1.09±0.05 <sup>b</sup>	1.12±0.02 <sup>ab</sup>	1168.974*
NGR-SH-20	0.03±0.00 <sup>e</sup>	0.29±0.02 <sup>d</sup>	0.42±0.03 <sup>c</sup>	0.60±0.03 <sup>ab</sup>	0.60±0.03 <sup>a</sup>	0.55±0.02 <sup>b</sup>	0.58±0.02 <sup>ab</sup>	257.611*
NGR-SH-25	0.03±0.00 <sup>e</sup>	0.23±0.02 <sup>d</sup>	0.51±0.00 <sup>c</sup>	0.59±0.02 <sup>b</sup>	0.61±0.02 <sup>b</sup>	0.59±0.02 <sup>b</sup>	0.65±0.02 <sup>a</sup>	776.267*
NGR-JJ-20	0.04±0.02 <sup>f</sup>	0.23±0.02 <sup>e</sup>	0.57±0.03 <sup>d</sup>	0.81±0.03 <sup>b</sup>	0.85±0.03 <sup>ab</sup>	0.75±0.03 <sup>d</sup>	0.91±0.02 <sup>a</sup>	580.590*
NGR-JJ-25	0.05±0.02 <sup>e</sup>	0.28±0.02 <sup>d</sup>	0.77±0.02 <sup>c</sup>	0.84±0.00 <sup>b</sup>	0.85±0.05 <sup>b</sup>	0.86±0.02 <sup>a</sup>	0.90±0.00 <sup>a</sup>	760.606*

<sup>1)</sup>Mean±SD.

<sup>2)</sup>Different letters (a-f) represent significant difference at  $p<0.05$  in Duncan's multiple range tests.

\* $p<0.05$

Table 4. Color value (L, a, b) of takju prepared from different rice, nuruk, and fermentation temperature

Color	Takju	Fermentation period (day)							F value
		0	1	2	4	6	8	10	
L	GR-SH-20	57.91±1.54 <sup>1)ab2)</sup>	56.15±1.84 <sup>b</sup>	56.42±1.60 <sup>b</sup>	60.66±2.03 <sup>a</sup>	42.96±3.63 <sup>c</sup>	26.61±2.06 <sup>d</sup>	25.94±1.78 <sup>d</sup>	133.751*
	GR-SH-25	57.25±4.99 <sup>a</sup>	57.72±1.60 <sup>a</sup>	54.34±2.00 <sup>a</sup>	45.69±3.12 <sup>b</sup>	27.36±4.42 <sup>c</sup>	22.21±0.98 <sup>c</sup>	23.93±4.59 <sup>c</sup>	66.763*
	GR-JJ-20	55.69±1.43 <sup>a</sup>	56.63±2.51 <sup>a</sup>	59.25±2.18 <sup>a</sup>	45.64±4.41 <sup>b</sup>	37.61±10.87 <sup>bc</sup>	33.90±8.31 <sup>c</sup>	30.14±2.57 <sup>c</sup>	13.145*
	GR-JJ-25	57.33±1.89 <sup>a</sup>	56.80±2.74 <sup>a</sup>	55.00±3.38 <sup>a</sup>	39.45±2.72 <sup>b</sup>	29.07±4.04 <sup>c</sup>	28.62±6.52 <sup>c</sup>	24.47±2.22 <sup>c</sup>	47.934*
	NGR-SH-20	47.20±6.58	48.32±11.35	48.11±10.49	39.32±8.53	29.39±6.66	31.50±12.42	33.78±17.01	1.692
	NGR-SH-25	53.10±9.65 <sup>a</sup>	58.48±6.73 <sup>a</sup>	47.77±12.72 <sup>ab</sup>	34.37±6.39 <sup>bc</sup>	29.30±4.60 <sup>c</sup>	33.07±11.19 <sup>bc</sup>	34.44±9.51 <sup>bc</sup>	4.742*
	NGR-JJ-20	27.80±12.57	33.68±11.58	34.57±5.37	37.02±10.27	35.31±9.58	29.57±4.68	30.17±19.69	0.264
	NGR-JJ-25	27.24±9.37	32.77±7.40	31.06±2.72	34.27±9.45	32.79±5.80	28.56±3.94	31.96±5.88	0.409
a	GR-SH-20	0.81±0.56 <sup>ab</sup>	1.32±0.63 <sup>a</sup>	1.29±0.69 <sup>a</sup>	0.14±0.48 <sup>bc</sup>	-0.11±0.30 <sup>c</sup>	0.29±0.21 <sup>bc</sup>	0.44±0.26 <sup>abc</sup>	4.165*
	GR-SH-25	1.03±0.75 <sup>ab</sup>	1.65±0.53 <sup>a</sup>	0.88±0.66 <sup>ab</sup>	0.08±0.41 <sup>b</sup>	0.15±0.45 <sup>b</sup>	0.56±0.19 <sup>b</sup>	0.32±0.48 <sup>b</sup>	3.534*
	GR-JJ-20	0.41±0.72	0.51±0.42	0.81±0.61	0.01±0.72	0.18±0.30	0.11±0.27	0.20±0.15	0.920
	GR-JJ-25	0.74±0.60 <sup>a</sup>	0.55±0.43 <sup>a</sup>	0.61±0.63 <sup>a</sup>	-0.42±0.32 <sup>b</sup>	-0.26±0.22 <sup>b</sup>	-0.37±0.37 <sup>b</sup>	-0.02±0.17 <sup>ab</sup>	4.229*
	NGR-SH-20	0.17±0.56	0.08±0.28	-0.43±0.40	0.21±0.61	0.28±0.30	0.33±0.26	0.16±0.15	1.795
	NGR-SH-25	0.14±0.35	-0.09±0.47	-0.19±0.56	-0.17±0.30	-0.07±0.21	0.16±0.42	-0.03±0.19	0.414
	NGR-JJ-20	0.82±0.71	0.05±0.29	-0.44±0.27	0.02±0.55	-0.14±0.29	0.46±0.45	0.14±0.23	2.757
	NGR-JJ-25	0.26±0.67	-0.42±0.26	-0.53±0.23	-0.54±0.45	-0.58±0.29	-0.07±0.35	-0.20±0.32	1.929
b	GR-SH-20	10.53±1.06 <sup>b</sup>	11.17±0.92 <sup>ab</sup>	11.68±0.76 <sup>ab</sup>	12.40±0.83 <sup>b</sup>	7.86±0.96 <sup>c</sup>	4.60±0.96 <sup>d</sup>	5.50±0.95 <sup>d</sup>	34.545*
	GR-SH-25	11.20±0.98 <sup>a</sup>	12.24±1.61 <sup>a</sup>	11.99±1.33 <sup>a</sup>	8.12±1.14 <sup>b</sup>	4.44±0.80 <sup>c</sup>	3.69±0.64 <sup>c</sup>	3.60±1.03 <sup>c</sup>	38.296*
	GR-JJ-20	12.43±0.73 <sup>ab</sup>	12.70±0.95 <sup>ab</sup>	14.35±1.36 <sup>a</sup>	9.52±2.18 <sup>bc</sup>	7.52±3.32 <sup>cd</sup>	6.27±2.78 <sup>cd</sup>	5.07±1.21 <sup>d</sup>	9.481*
	GR-JJ-25	13.82±0.85 <sup>a</sup>	13.91±0.88 <sup>a</sup>	13.67±1.48 <sup>a</sup>	8.01±0.75 <sup>b</sup>	4.91±1.77 <sup>c</sup>	4.23±1.66 <sup>c</sup>	3.38±0.62 <sup>c</sup>	47.184*
	NGR-SH-20	8.12±1.31	6.91±2.67	5.83±2.97	6.11±2.86	4.28±1.18	4.86±2.41	5.98±3.32	0.766
	NGR-SH-25	8.43±0.99 <sup>a</sup>	9.06±2.40 <sup>a</sup>	6.50±3.36 <sup>ab</sup>	4.44±1.66 <sup>b</sup>	3.31±0.92 <sup>b</sup>	4.61±1.90 <sup>b</sup>	4.49±1.77 <sup>b</sup>	3.618*
	NGR-JJ-20	5.09±3.62	5.40±2.97	4.67±1.85	6.20±3.40	4.43±3.57	5.69±1.24	4.30±1.74	0.188
	NGR-JJ-25	4.41±3.22	4.72±2.11	4.06±1.18	5.64±2.75	4.85±1.54	5.13±0.82	5.38±1.49	0.218

<sup>1)</sup>Mean±SD.

<sup>2)</sup>Different letters (a-d) represent significant difference at  $p<0.05$  in Duncan's multiple range tests.

\* $p<0.05$

## 2. 색도 측정

쌀과 누룩, 발효 온도를 달리하여 제조한 탁주의 발효 기간에 따른 색도 변화를 비교하고자 각 탁주의 발효 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10일 차의 색도를 측정하였다<Table 4>. 쌀의 종류를 달리한 경우, 찹쌀로 제조한 탁주(GR)의 밝기를 나타내는 L값은 57.25±4.99~57.91±1.54으로 나타났으며 발효 기간에 따른 유의적 차이가 없거나 감소 폭이 크지 않았다( $p<0.05$ ). 멥쌀로 제조한 탁주(NGR)에서의 L값은 찹쌀 탁주보다 낮은 값인 27.24±9.37~53.10±9.65로 나타났다. 탁주의 밝기를 나타내는 L값은 찹쌀로 제조한 탁주에서의 발효 기간이 지남에 따라 감소하였으나, 멥쌀로 제조한 탁주에서의 L값은 유의적 차이가 없거나, 감소 폭이 크지 않았다( $p<0.05$ ). 누룩의 종류를 달리하여 제조한 탁주에서의 색도 변화는 멥쌀과 SH를 사용하여 제조한 탁주의 L값은 발효 0일 차 47.2±6.5~53.1±9.6에서 발효 10일 차에 33.77±9.5로

감소하였다( $p<0.05$ ). 반면, 멥쌀과 JJ로 제조한 탁주의 L값에서의 유의적인 변화는 나타나지 않았다( $p<0.05$ ).

탁주의 적색도를 나타내는 a값은 발효 기간 동안 모든 시료구에서의 유의적인 변화는 보이지 않았다( $p<0.05$ ). 발효 0일 차의 0.26±0.67~1.03±0.75에서 발효 종료인 발효 10일 차에 -0.02±0.17~0.44±0.26으로 감소하였으나, 큰 차이는 보이지 않았다( $p<0.05$ ). 황색도를 나타내는 b값 가운데 찹쌀로 제조한 탁주에서는 발효 기간이 증가함에 따라 감소하였으나( $p<0.05$ ). 멥쌀로 제조한 탁주에서의 b값은 유의적인 변화가 보이지 않았다( $p<0.05$ ). 찹쌀로 제조한 탁주는 발효 0일 차 10.5±1.0~12.42±0.9에서 발효 10일 차에 3.6±0.9~5.4±1.2로, 멥쌀로 제조한 탁주의 b값은 발효 0일 차 4.4±0.9~8.1±3.6에서 발효 10일 차에 4.3±1.4~5.9±1.7로 나타났다. 발효 기간이 증가함에 따라 모든 탁주 시료에서의 색도는 감소하였으며, 탁주에서 색도는 원료뿐만 아니라 누룩 제조 시 사용된

곡류의 종류에 따라 다르게 나타나며 탁주의 발효 기간이 증가함에 따라 탁주의 색도 값이 감소한다고 알려져 있어(Kim *et al.* 2017), 현 연구 결과와 유사하였다.

3. 알코올 함량

쌀과 누룩, 발효 온도를 달리하여 제조한 탁주에서의 알코올 함량은 <Table 5>에 나타내었다. 탁주 담금 직후부터 발효 1일까지는 알코올이 검출되지 않았으나, 이후 발효 기간이 증가함에 따라 알코올 함량이 지속해서 증가하였다 ( $p<0.05$ ). 25°C에서 발효한 찹쌀 탁주(GR)의 알코올 함량은 발효 2일 차부터 5.06~13.6%를 나타내었고, 25°C에서 발효한 멥쌀 탁주(NGR)는 발효 4일 차부터 지속해서 알코올 함량이 증가하여 9.4~12.36%를 나타내었다. 찹쌀 탁주의 찹쌀 탁주의 알코올 함량이 멥쌀 탁주의 알코올 함량보다 높게 나타난 것으로 판단되며, 탁주에서 알코올이 생성된 것은 탁주의 발효 시 당을 분해하여 알코올이 생성된 것으로 찹쌀 탁

주에서 더 높은 알코올 함량을 나타내어, 이는 발효 기간별 분석한 탁주의 가용성 고형분 함량이 증가하는 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

4. 미생물 분석

쌀과 누룩, 발효 온도를 달리하여 제조한 탁주에서의 발효 기간별 미생물 수를 살펴보기 위하여 발효 기간별 일반세균 수, 유산균 수, 효모 수를 분석하였다. 탁주의 일반세균 수는 <Table 6>에 나타내었으며, 발효 기간동안 일반세균 수의 유의적인 증감이 반복되었으며( $p<0.05$ ), 담금 직후 모든 탁주 시료구에서 일반세균 수는 5.63±0.09~6.88±0.09 Log CFU/mL로 나타났<Table 6>. 발효 종료인 10일 차에 찹쌀 탁주(GR)에서 5.70±0.05~7.60±0.04 Log CFU/mL, 멥쌀 탁주(NGR)에서 7.08±0.06~8.16±0.02 Log CFU/mL의 일반세균 수가 측정되어 담금 직후 대비 발효 종료 시 탁주의 일반세균 수가 유의적으로 증가하는 결과를 나타내었으며( $p<0.05$ ),

Table 5. Alcohol content of takju prepared from different rice, nuruk, and fermentation temperature (unit: %)

Takju	Fermentation period (day)							F value
	0	1	2	4	6	8	10	
GR-SH-20	0 <sup>1)2)</sup>	0 <sup>f</sup>	1.10±0.05 <sup>e</sup>	10.63±0.25 <sup>d</sup>	13.33±0.05 <sup>c</sup>	14.50±0.05 <sup>b</sup>	15.50±0.15 <sup>a</sup>	7922.748*
GR-SH-25	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	6.76±0.05 <sup>d</sup>	8.36±0.30 <sup>c</sup>	9.76±0.15 <sup>b</sup>	13.46±0.05 <sup>a</sup>	5171.730*
GR-JJ-20	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	5.03±0.05 <sup>d</sup>	9.80±0.00 <sup>c</sup>	12.16±0.05 <sup>a</sup>	11.36±1.40 <sup>b</sup>	9.66±0.57 <sup>c</sup>	1129.603*
GR-JJ-25	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	5.16±0.28 <sup>d</sup>	9.06±0.11 <sup>c</sup>	12.06±0.05 <sup>b</sup>	13.60±0.34 <sup>a</sup>	13.60±0.00 <sup>a</sup>	428.894*
NGR-SH-20	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	9.80±0.00 <sup>d</sup>	11.03±0.28 <sup>c</sup>	11.70±0.02 <sup>b</sup>	12.10±0.00 <sup>a</sup>	9092.320*
NGR-SH-25	0 <sup>f</sup>	0 <sup>f</sup>	1.20±0.00 <sup>e</sup>	9.40±0.00 <sup>d</sup>	11.06±0.28 <sup>c</sup>	11.60±0.00 <sup>b</sup>	12.36±0.28 <sup>a</sup>	4247.564*
NGR-JJ-20	0 <sup>f</sup>	0 <sup>f</sup>	3.65±0.35 <sup>e</sup>	5.50±0.00 <sup>d</sup>	8.50±0.00 <sup>c</sup>	9.80±0.00 <sup>b</sup>	10.40±0.14 <sup>a</sup>	1836.564*
NGR-JJ-25	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	7.10±0.01 <sup>d</sup>	8.86±0.28 <sup>b</sup>	9.80±0.00 <sup>a</sup>	8.50±0.00 <sup>c</sup>	5442.120*

<sup>1)</sup>Mean±SD.

<sup>2)</sup>Different letters (a-f) represent significant difference at  $p<0.05$  in Duncan's multiple range tests.

\* $p<0.05$

Table 6. Aerobic bacteria count in takju prepared from different rice, nuruk, and fermentation temperature (unit: Log CFU/mL)

Takju	Fermentation period (day)							F value
	0	1	2	4	6	8	10	
GR-SH-20	6.78±0.01 <sup>1)2)</sup>	7.07±0.04 <sup>b</sup>	6.53±0.15 <sup>a</sup>	5.90±0.02 <sup>c</sup>	7.37±0.07 <sup>a</sup>	7.00±0.04 <sup>b</sup>	6.67±0.03 <sup>c</sup>	189.267*
GR-SH-25	6.36±0.03 <sup>f</sup>	8.52±0.02 <sup>b</sup>	8.85±0.08 <sup>a</sup>	7.77±0.07 <sup>c</sup>	6.12±0.04 <sup>a</sup>	7.09±0.05 <sup>d</sup>	5.70±0.05 <sup>e</sup>	916.944*
GR-JJ-20	5.95±0.03 <sup>g</sup>	8.68±0.02 <sup>c</sup>	9.25±0.02 <sup>a</sup>	8.78±0.08 <sup>b</sup>	8.17±0.04 <sup>d</sup>	8.00±0.08 <sup>e</sup>	7.60±0.04 <sup>f</sup>	1434.052*
GR-JJ-25	6.16±0.05 <sup>g</sup>	8.88±0.05 <sup>a</sup>	8.63±0.04 <sup>b</sup>	8.01±0.06 <sup>c</sup>	7.30±0.02 <sup>d</sup>	7.00±0.09 <sup>e</sup>	6.40±0.01 <sup>f</sup>	1242.621*
NGR-SH-20	6.87±0.04 <sup>e</sup>	9.21±0.02 <sup>a</sup>	8.93±0.02 <sup>b</sup>	8.20±0.04 <sup>d</sup>	8.27±0.03 <sup>c</sup>	8.17±0.04 <sup>d</sup>	8.16±0.02 <sup>d</sup>	1721.993*
NGR-SH-25	6.88±0.09 <sup>e</sup>	9.24±0.02 <sup>a</sup>	9.07±0.04 <sup>b</sup>	8.28±0.03 <sup>c</sup>	8.30±0.02 <sup>c</sup>	8.25±0.02 <sup>c</sup>	8.02±0.03 <sup>d</sup>	936.563*
NGR-JJ-20	5.64±0.12 <sup>f</sup>	8.77±0.03 <sup>b</sup>	9.19±0.03 <sup>a</sup>	8.20±0.04 <sup>c</sup>	7.69±0.06 <sup>d</sup>	7.19±0.06 <sup>e</sup>	7.08±0.06 <sup>e</sup>	996.170*
NGR-JJ-25	5.63±0.09 <sup>f</sup>	8.77±0.03 <sup>a</sup>	9.17±0.03 <sup>b</sup>	8.25±0.03 <sup>c</sup>	8.07±0.01 <sup>d</sup>	7.33±0.04 <sup>e</sup>	7.31±0.04 <sup>e</sup>	2045.602*

<sup>1)</sup>Mean±SD.

<sup>2)</sup>Different letters (a-f) represent significant difference at  $p<0.05$  in Duncan's multiple range tests.

\* $p<0.05$

Table 7. Lactic acid bacteria count in takju prepared from different rice, nuruk, and fermentation temperature (unit: Log CFU/mL)

Takju	Fermentation period (day)							F value
	0	1	2	4	6	8	10	
GR-SH-20	4.55±0.10 <sup>1)2)</sup>	6.25±0.03 <sup>b</sup>	7.21±0.04 <sup>a</sup>	5.11±0.03 <sup>c</sup>	6.00±0.03 <sup>c</sup>	5.38±0.15 <sup>d</sup>	5.50±0.10 <sup>d</sup>	321.592*
GR-SH-25	4.49±0.21 <sup>d</sup>	8.01±0.02 <sup>b</sup>	8.89±0.08 <sup>a</sup>	6.09±0.04 <sup>c</sup>	3.05±0.14 <sup>f</sup>	3.76±0.06 <sup>e</sup>	4.49±0.05 <sup>d</sup>	128.348*
GR-JJ-20	5.79±0.04 <sup>g</sup>	8.09±0.10 <sup>c</sup>	9.18±0.04 <sup>a</sup>	8.42±0.02 <sup>b</sup>	7.87±0.06 <sup>d</sup>	7.38±0.06 <sup>e</sup>	6.95±0.05 <sup>f</sup>	2506.102*
GR-JJ-25	3.83±0.22 <sup>g</sup>	7.46±0.01 <sup>c</sup>	8.65±0.05 <sup>a</sup>	7.83±0.03 <sup>b</sup>	7.05±0.02 <sup>d</sup>	6.71±0.04 <sup>e</sup>	5.98±0.03 <sup>f</sup>	2478.748*
NGR-SH-20	4.68±0.05 <sup>f</sup>	8.28±0.04 <sup>a</sup>	8.21±0.06 <sup>a</sup>	7.12±0.04 <sup>b</sup>	6.90±0.08 <sup>c</sup>	6.23±0.04 <sup>d</sup>	5.20±0.05 <sup>e</sup>	2039.559*
NGR-SH-25	4.61±0.06 <sup>f</sup>	8.39±0.02 <sup>a</sup>	8.17±0.02 <sup>b</sup>	6.87±0.05 <sup>c</sup>	5.92±0.05 <sup>d</sup>	5.66±0.11 <sup>e</sup>	4.65±0.05 <sup>f</sup>	2065.322*
NGR-JJ-20	4.18±0.14 <sup>e</sup>	6.79±0.07 <sup>b</sup>	7.23±0.02 <sup>a</sup>	7.17±0.06 <sup>a</sup>	7.14±0.02 <sup>a</sup>	6.64±0.13 <sup>c</sup>	6.45±0.02 <sup>d</sup>	505.520*
NGR-JJ-25	4.24±0.15 <sup>f</sup>	8.24±0.04 <sup>a</sup>	8.23±0.03 <sup>a</sup>	7.99±0.04 <sup>b</sup>	7.81±0.05 <sup>c</sup>	7.20±0.06 <sup>d</sup>	7.04±0.03 <sup>e</sup>	1257.152*

<sup>1)</sup>Mean±SD.

<sup>2)</sup>Different letters (a-g) represent significant difference at  $p<0.05$  in Duncan's multiple range tests.

\* $p<0.05$

Table 8. Yeast count in takju prepared from different rice, nuruk, and different fermentation temperature (unit: CFU/mL)

Takju	Fermentation period (day)							F value
	0	1	2	4	6	8	10	
GR-SH-20	2663.33±251.46 <sup>1)2)</sup>	38.00±13.67 <sup>b</sup>	19.66±18.50 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	331.487*
GR-SH-25	2300.00±435.89 <sup>a</sup>	214.00±40.44 <sup>b</sup>	164.66±72.28 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	77.123*
GR-JJ-20	89.33±5.86 <sup>a</sup>	61.33±6.65 <sup>b</sup>	5.33±2.31 <sup>c</sup>	3.00±0.00 <sup>c</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	332.733*
GR-JJ-25	67.00±8.54 <sup>a</sup>	29.33±4.16 <sup>b</sup>	3.66±1.15 <sup>c</sup>	2.66±0.57 <sup>c</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	133.054*
NGR-SH-20	5966.67±1721.43 <sup>a</sup>	900.00±264.57 <sup>b</sup>	400.00±173.20 <sup>b</sup>	33.33±15.28 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	33.085*
NGR-SH-25	5633.33±416.33 <sup>a</sup>	80.33±14.22 <sup>b</sup>	53.00±14.00 <sup>b</sup>	2.67±0.57 <sup>c</sup>	4.33±2.51 <sup>c</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	543.550*
NGR-JJ-20	63.33±8.50 <sup>a</sup>	91.33±5.51 <sup>b</sup>	18.00±0.08 <sup>c</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	286.950*
NGR-JJ-25	98.67±9.45 <sup>a</sup>	17.34±1.75 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	307.348*

<sup>1)</sup>Mean±SD.

<sup>2)</sup>Different letters (a-d) represent significant difference at  $p<0.05$  in Duncan's multiple range tests.

\* $p<0.05$

발효 기간이 증가함에 따라 미생물 수가 증가한다는 결과와 유사하였다(Seo 2005).

각 탁주에서의 유산균 수는 <Table 7>에 나타내었으며, 담금 직후 모든 탁주 시료에서 3.83±0.22~4.68±0.05 Log CFU/mL의 유산균 수가 측정되었으며 발효 1~2일 차에 급증하여 7.21±0.04~9.18±0.04 Log CFU/mL를 나타내었다. 이후 모든 탁주 시료에서 유산균 수가 감소하였으며( $p<0.05$ ), 발효 종료인 10일 차에 4.49±0.05~7.04±0.03 Log CFU/mL의 유산균 수가 측정되어 탁주 발효 초기의 유산균 수와 큰 차이는 보이지 않았다. 탁주는 전분질 원료와 누룩으로 제조되며 다양한 미생물의 번동에 따라 탁주의 품질 변화에 관여하는 것으로 보고되어(Park *et al.* 2006), 탁주의 효모 수는 탁주 제조 시 사용한 누룩의 종류에 따라 차이를 보였으며, SH 탁주의 효모 수가 높게 측정되었다(<Table 8>). 담금 직후 JJ 탁주에서 63.33±8.50~98.67±9.45 CFU/mL, SH를 사용하여 제조한 탁주 중 찹쌀 탁주에서  $2.3\times 10^3$ ~

$2.6\times 10^3$  CFU/mL, 멥쌀 탁주에서  $5.6\times 10^3$ ~ $5.9\times 10^3$  CFU/mL의 효모 수가 측정되었다. 이후 발효 기간이 증가함에 따라 탁주 8종의 효모 수는 감소하였으며, 발효 4~6일 차 이후의 탁주에서는 효모가 검출되지 않았다. 이는 20, 25°C의 발효 온도에서 미생물들의 자기 소화가 촉진되어 효모 수가 급감하는 것(Jang *et al.* 2015)으로 추정된다.

##### 5. 아플라톡신 분석

탁주 제조에 사용된 누룩에서 곰팡이독소인 아플라톡신의 검출 여부를 살펴보기 위하여 탁주 제조 시 사용한 누룩과 발효 1일 경과 후 탁주에서의 아플라톡신을 분석한 결과를 <Table 9>에 나타내었다. SH 누룩은 아플라톡신이 검출되지 않았고 JJ 누룩에서 11 µg/kg의 총 아플라톡신이 검출되었으나, 이는 식물성 원료의 아플라톡신 검출 한계치인 15 µg/kg 이하로 분석되어 탁주의 안전성을 확보할 수 있었다. 이후 각 누룩을 사용하여 탁주를 제조한 후 아플라톡신을 분

**Table 9. Concentration of aflatoxin B1, B2, G1, and G2 in nuruk samples and takju prepared from different rice, nuruk, and fermentation temperature**

Sample	Aflatoxin concentration (µg/kg)				
	B1	B2	G1	G2	Total
SH	ND <sup>1)</sup>	ND	ND	ND	ND
JJ	9.01±4.76 <sup>2)</sup>	2.68±0.87	ND	ND	11.69±5.64
GR-SH-20	ND	ND	ND	ND	ND
GR-SH-25	ND	ND	ND	ND	ND
GR-JJ-20	ND	ND	ND	ND	ND
GR-JJ-25	ND	ND	ND	ND	ND
NGR-SH-20	ND	ND	ND	ND	ND
NGR-SH-25	ND	ND	ND	ND	ND
NGR-JJ-20	ND	ND	ND	ND	ND
NGR-JJ-25	ND	ND	ND	ND	ND

<sup>1)</sup>Not detected.

<sup>2)</sup>Mean±SD.

**Table 10. Sensory evaluation of takju prepared from different rice, nuruk, and fermentation temperature**

Sample	Characteristics			
	Color	Flavor	Taste	Overall acceptability
GR-SH-20	4.07±1.22	4.87±1.30	4.27±1.39	4.07±1.33 <sup>1)ab2)</sup>
GR-JJ-20	5.00±1.36	4.00±1.13	3.27±1.49	3.60±1.55 <sup>b</sup>
NGR-SH-20	5.27±1.22	4.93±1.33	4.47±1.73	5.13±1.46 <sup>a</sup>
NGR-JJ-20	4.87±1.19	4.53±1.13	4.67±1.72	4.87±1.46 <sup>a</sup>
F value	2.557	1.810	2.305	3.573*
GR-SH-25	4.33±1.05 <sup>b</sup>	4.87±1.13	4.40±1.40	4.53±1.13 <sup>ab</sup>
GR-JJ-25	4.80±1.08 <sup>ab</sup>	4.40±1.35	4.80±1.08	4.00±1.13 <sup>b</sup>
NGR-SH-25	5.40±1.18 <sup>a</sup>	5.27±1.10	3.67±1.80	5.27±1.16 <sup>a</sup>
NGR-JJ-25	4.07±1.75 <sup>ab</sup>	4.87±0.99	5.40±1.18	4.40±1.68 <sup>ab</sup>
F value	4.359*	1.318	2.108	2.809*

<sup>1)</sup>Mean±SD.

<sup>2)</sup>Different letters (a-b) represent significant difference at  $p < 0.05$  in Duncan's multiple range tests.

\* $p < 0.05$

석하였을 때 모든 탁주 시료에서 발효 0일 차에 아플라톡신이 검출되지 않았다. 이는 탁주 제조 시 사용되는 누룩의 양은 9.1%의 소량 사용되어 누룩에서의 아플라톡신이 탁주로 전이되지 않았던 것으로 예측된다. Yun 등(2019)에 의하면, 누룩에서 탁주로 아플라톡신이 전이된 확률은 1.2-1.3%인 것으로 보고하였다. 따라서, 누룩을 이용하여 제조한 쌀과 물을 혼합하여 탁주를 제조하여 누룩에 함유되어있던 아플라톡신이 희석되어 탁주에서 아플라톡신이 검출되지 않았던 것으로 판단된다.

**6. 관능평가**

곡류와 누룩을 달리하여 제조한 탁주의 품질 및 기호성을

알아보기 위하여 곡류와 누룩을 달리한 탁주 8종을 대상으로 관능평가를 수행한 결과는 <Table 10>과 같다. 20, 25°C에서 발효한 탁주를 나누어 관능평가를 수행하였으며, 동일한 쌀과 누룩으로 제조한 탁주는 발효 온도에 따라 기호도에서 유의적인 차이를 보이지 않았다( $p < 0.05$ ). 맛과 향에 대한 기호도는 모든 탁주에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 또한, 25°C에서 발효한 탁주 중 색에 대한 기호도는 멥쌀로 제조한 탁주가 5.40, 5.27으로 가장 높았다( $p < 0.05$ ). 20°C에서 발효한 탁주 중 멥쌀로 제조한 탁주의 기호도가 가장 높은 것으로 나타났다. 종합적인 기호도는 NGR-SH-25가 5.27로 가장 높았다. 또한, 멥쌀을 원료로 사용한 탁주의 기호도가 더 높은 것으로 나타났다. 위 결과로 보아, 누룩의



종류와 발효 온도는 탁주의 기호도에 큰 영향을 미치지 않았으나 쌀의 종류에 따라 탁주의 기호도에 차이가 생긴다는 것을 확인하였다.

#### IV. 요약 및 결론

현 연구에서는 찹쌀(찹쌀, 멍쌀), 누룩(SH, JJ), 발효 온도의 (20, 25°C) 종류를 달리하여 제조한 탁주의 품질 특성을 비교하고자 발효 기간별 탁주 시료를 채취하여 이화학적 및 미생물학적 특성, 아플라톡신과 관능적 특성을 분석하였다. 그 결과, 가용성 고형분 함량은 찹쌀 탁주에서 14.7% 이하, 멍쌀 탁주에서 10.3% 이하로 측정되어 찹쌀 탁주에서 더 높은 가용성 고형분 함량을 보였으며, 총산도는 찹쌀 탁주에서 0.67~1.12%로 측정되었으며 멍쌀 탁주에서 0.9%로 측정되었다. 특히 총산도에서 누룩의 종류에 따른 차이가 나타났으며, SH를 사용한 탁주의 총산도는 0.65%, JJ를 사용한 탁주의 총산도는 0.9%로 측정되어 JJ를 사용하여 제조한 탁주의 총산도가 더 높게 측정되었다. 또한, 탁주 제조 원료의 종류와 관계없이 모든 탁주에서 색도가 감소하였으며, 발효 10일 차 탁주의 색도는 각각 34.4±9.5, 0.43±0.2, 5.49±0.95 이하로 측정되었다. 알코올 함량은 찹쌀 탁주에서 15.5% 이하, 멍쌀 탁주에서 12.3% 이하로 나타났다. 발효 기간별 탁주에서의 미생물 수를 분석한 결과, 일반세균 수는 8 Log CFU/mL 이하, 유산균 수는 7 Log CFU/mL 이하로 측정되었다. 효모 수는 SH 누룩을 사용한 탁주가 JJ 누룩 첨가 탁주에 비해 높았으나, 발효 1일차부터 급격하게 감소하여 6일 차부터는 모든 탁주에서 나타나지 않았다. 누룩과 모든 탁주에서 아플라톡신은 검출되지 않았다. 탁주의 관능평가 결과 멍쌀로 제조한 탁주의 색, 향, 맛, 종합적인 기호도가 더 우수한 것으로 나타났다. 결론적으로, 탁주 제조 시 사용하는 원료에 따라 탁주의 이화학 및 미생물학적 품질에 차이가 나타난다는 것을 확인한 바, 탁주 제품 개발을 위한 레시피의 확립화를 위해서는 원료의 일관성이 무엇보다도 필요함을 의미한다.

#### 이해 관계의 글

No potential conflict of interest relevant this article was reported.

#### References

- Choi JH, Lim BR, Kang JE, Kim CW, Kim YS, Jeong ST. 2020. Changes in microbial community and physicochemical characterization of Makgeolli during fermentation by yeast as a fermentation starter. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 52(5):529-537.
- Godet M, Munaut F. 2010. Molecular strategy identification in *Aspergillus* section *Flavi*. *FEMS Microbiol. Lett.*, 304(2):157-168.
- Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS, 1997. Quality characteristics in mash of Takju prepared by using different Nuruk during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29(3):555-562.
- Im CY, Jeong ST, Choi HS, Choi JH, Yeo SH, Kang WW. 2012. Characteristics of Gammakgeolli added with processed forms of persimmon. *Korean J. Food Preserv.*, 19(1):159-166.
- Jang GY, Le SH, Li M, Kim ST, Lee JH, Kang TS, Lee JY, Jeong HS. 2015. Quality characteristics at different storage temperature and periods for shelf life evaluation of Takju. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 28(1):104-110.
- Jeon MH, Lee WJ. 2011. Characteristics of blueberry added Makgeolli. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 40(3):444-449.
- Ji YJ, Chung HJ. 2012. Changes in quality characteristics of Makgeolli during storage time. *J. Korean Soc. Food Cult.*, 27(4):383-390.
- Kim AR, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim JH, Kim MJ, Ji KW, Ahn IS, Ahn DH. 2008a. Effect of *Glycyrrhiza uralensis* on shelf-life and quality of Takju. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 40(2):194-200.
- Kim CW, Kang JE, Jeong ST, Choi HS. 2017. Physicochemical properties of non-sterilized Makgeolli prepared using different fermentation starters and storage conditions. *J. East Asian Soc. Diet. Life*, 27(6):629-634.
- Kim HR, Jo SJ, Lee SJ, Ahn BH. 2008b. Physicochemical and sensory characterization of a Korean traditional rice wine prepared from different ingredients. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 40(5):551-557.
- Kim HS, Hyun JS, Kim J, Ha HP, Yu TS. 1997. Characteristics of useful fungi isolated from traditional Korean nuruk. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 26(5):767-774.
- Kim JY, Sung KW, Bae HW, Yi YH. 2007. pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol and organoleptic characteristics of puffed rice powder added Takju during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 39(3):266-271.
- Kim NY, Yu AR, Min JY, Han MJ. 2011. Fermentation characteristics of ginpi wine with different levels of added ginpi. *Korean J. Food Cult.*, 26(2):178-183.
- Kim SY, Kim EK, Yoon SJ, Jo NJ, Jung SK, Kwon SH, Chang YH, Jeong YH. 2011. Physicochemical and microbial properties of Korean rice wine, Makgeolli, supplemented with cucumber during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci.*, 40(2):223-228.
- Koo OK, Lim ES, Lee AR, Kim TW. 2018. Microbial diversity and physicochemical properties of Takju and Yakju. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 50(4):400-406.
- Kong MH, Jeong ST, Yeo SH, Choi JH, Choi HS, Han GJ, Jang MS, Chung IM. 2011. Determination of ginseng Yakju quality using different percentages and application dates of ginseng. *J. East Asian Soc. Diet. Life*, 21(2):207-214.
- Kumar V, Bahuguna A, Ramalingam S, Lee JS, Han SS, Kim M. 2022. Aflatoxin reduction and retardation of aflatoxin production by microorganism in Doenjang during a one-year fermentation. *J. Fungi.*, 8(2):1-18.
- Lee SH. 2016. Fermentation and quality characteristics of Yakju with rice and glutinous rice under different fermentation temperatures. Master's degree thesis. Seoul Venture University, Korea.
- Lee SJ, Ahn BH. 2010. Sensory profiling of rice wines made with nuruks using different ingredients. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 42(1):119-123.
- Lee SM, Han HY. 2014. Volatile compounds in Takju (rice wine) using different types of fermentation starters. *Food Eng. Prog.*, 13(4):348-354.
- Lee YJ, Yi HC, Hwang KT, Kim DH, Kim HJ, Jung CM, Choi YH. 2012. The qualities of Makgeolli (Korean rice wine) made with different rice cultivars, milling degrees of rice, and nuruks. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 41(12):1785-1791.
- Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH, Kim OM, Jeong YJ. 2011. Comparison of the quality characteristics of commercial Makgeolli type in South Korea. *Korean J. Food Preserv.*, 18(6):884-890.
- Park GY. 2012. Increased health functionality of fermented foods. *Food Ind. Nutr.*, 17(1):1-8.
- Park HJ, Shin WC, Song JC. 2006. Suppression of solid matters pre-

- cipitation of Takju and its quality improvement by carrageenan. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 19(3):288-295.
- Park JH, Chung CH. 2014. Characteristics of Takju (a cloudy Korean rice wine) prepared with Nuruk (a traditional Korean rice wine fermentation starter), and identification of lactic acid bacteria in nuruk. Korean J. Food Sci. Technol., 46(2):153-164.
- Park MJ, Kim HK, Choi KK, Koo BY, Lee SK. 2016. Fermentation characteristics of Makgeolli containing Aronia (*Aronia melanocarpa*, Black chokeberry). Korean J. Food Sci. Technol. 48(1):27-35.
- Seo MY, Lee JK, Ahn BH, Cha SK. 2005. The changes of microflora during the fermentation of Takju and Yakju. Korean J. Food Sci. Technol., 37(1):61-66.
- Yun J, Kim JH, Lee JE. 2019. Influence of aflatoxin in nuruk on the safety of starch-based alcoholic beverage. J. Food Sci., 85(3):762-770.
- International Agency for Research on Cancer. 2024. <https://www.iarc.who.int/news-events/mycotoxin-exposure-and-human-cancer-risk-a-systematic-review-of-epidemiological-studies/>
- Korea Food and Drug Administration 2023. <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC?searchNm=%EC%95%84%ED%94%8C%EB%9D%BC%ED%86%A1%EC%8B%A0&itemCode=FC0A003001002A017>
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2022. <https://thesool.com/front/publication/M0000001110/view.do?bbsId=A000000046&publicationId=C000002747&page=&searchKey=&searchString=&searchCategory=>

#### 저자 정보

Myeongju Nam (Yeungnam University, Graduate student, 0009-0007-9956-6192)  
 Myunghye Kim (Yeungnam University, Professor, 0000-0002-1340-435X)