

증류주 첨가 시점에 따른 지초 과하주의 품질 특성

최 순 우¹ · 진 소 연^{2*}¹숙명여자대학교 문화예술대학원 전통식생활문화전공 석사과정, ²숙명여자대학교 K-컬처대학원 K-푸드학과 교수Quality Characteristics of *Jicho-gwahaju* (Korean Traditional Fortified Rice Wine) According to the Addition Timing of *Lithospermum erythrorhizon*-Infused Distilled SpiritSoon-Woo Choi¹ and So-Yeon Jin^{2*}¹Master Student, Dept. of Traditional Culinary Culture, Graduate School of Korean Traditional Arts, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Republic of Korea²Professor, Dept. of K-Food Studies, Graduate School of K-Culture, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Republic of Korea

ABSTRACT

This study investigated the quality characteristics of *Jicho-gwahaju*, a traditional Korean fortified rice wine, by varying the timing of adding *Lithospermum erythrorhizon*-infused distilled spirit (*Jicho-soju*) to determine the optimal manufacturing conditions. Based on a historical analysis of 128 traditional liquor recipes, five addition timings were established: day 0 (T0), day 1 (T1), day 3 (T3), day 5 (T5), and day 7 (T7) of fermentation. Physicochemical properties, color values, antioxidant activities, volatile compounds, sensory attributes, and principal component analysis were evaluated during a 12-day fermentation period. The initial alcohol content tended to increase as the addition timing was delayed. However differences among samples decreased during fermentation, reaching 18.43 ~ 22.70% by day 12. Soluble solid content gradually increased, while pH remained within a stable acidic range, except in T0. Redness (a* value), total polyphenol content, and antioxidant activities measured by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) assays increased with the delay in the addition of *Jicho-soju* addition. Volatile compound analysis showed that esters and higher alcohols increased as fermentation progressed, with ethyl acetate and isoamyl alcohol identified as major aroma compounds. In the sensory evaluation, T3 showed the highest overall preference due to its balanced color, aroma, and taste. T3 also maintained relatively high polyphenol content and ABTS radical-scavenging activity, while showing an appropriate ethyl acetate level and the highest acetaldehyde content. Principal component analysis indicated that sensory preference was positively associated with redness and body but negatively associated with excessive fermentation-derived compounds, bitterness, and sourness. These results suggest that adding *Jicho-soju* on day 3 of fermentation is most suitable for optimizing the quality balance of *Jicho-gwahaju* and may provide basic data for developing functional traditional alcoholic beverages.

Key words: *Gwahaju*, *Lithospermum erythrorhizon*, distilled spirit addition, antioxidant activity, sensory evaluation

서 론

한국 전통주는 누룩을 발효제로 당화와 알코올 발효가 동시에 진행되는 병행복발효(並行複醱酵)과정을 통해 제조되며, 계절과 의례에 맞추어 다양한 주종이 발전하였다(Park RD 2004; Jeong DH 2010; Ryu IS 2024). 그 중 과하주(過夏酒)는 발효 도중 증류주를 투입하여 알코올 농도를 상승시킴으로써 여름철 고온다습한 환경에서도 산패를 방지할 수 있도록 고안된 전통 강화주이다(Lee SW 등 1992; Jin SY 등 2026). 과하주법은 조선 전기 문헌인 어숙권의 「고사촬요(攷事撮要, 1554)」를 비롯한 45편 이상의 고조리서에서 128건 이상의 제

조법이 기록되어 있다(Kim IH 1996; Choo EJ & Jin SY 2023). 과하주는 발효주에 증류주인 소주를 부어, 높은 알코올로 인해 더운 여름에도 술이 상하지 않도록 하는 주법이 특징이다. 조선시대 문헌에 나타난 과하주 주방문을 살펴보면 증류주인 소주의 투입 시점은 발효 초기(0~1일)부터 중·후기까지 매우 다양하게 나타나(Choo EJ & Jin SY 2023), 선조들이 투입 시점에 따라 상이한 주질이 형성됨을 인식하고 원하는 술을 빚기 위한 다양한 제조법을 사용하였음을 알 수 있다.

과하주 제조 시 발효 초기에 높은 도수의 증류주가 투입되면 효모가 자기 세포가 파괴되거나 더 이상 생육하지 못하게 되어(Lee SW 등 1992), 결과적으로 당소비가 중단되고 잔류 당이 증가하게 되는데, 이와 같이 과하주의 증류주의 투입 시점은 잔류당, 총산, pH, 색도 및 향미 성분의 구성에

* Corresponding author : So-Yeon Jin, Tel: +82-2-2077-7473, Fax: +82-2-2077-7473, E-mail: syjin@sm.ac.kr

결정적인 영향을 미치는 핵심 공정 변수라 할 수 있다(Choo EJ & Jin SY 2023). 그러나 기존 과하주 연구들은 투입 시점을 고정한 상태에서 첨가물의 종류 및 양(Choo EJ & Jin SY 2023; Song YN 2025)이나 발효제 유형(Lim JH 2026)에 초점을 맞추어 왔다.

한편, 지초(*Lithospermum erythrorhizon*) 뿌리에 함유된 시코닌(*Shikonin*)은 나프토크논계 지용성 색소로서 항산화, 항균 및 항염 활성이 보고되어 있으며(Cho MH 등 1999; Kwon MH 등 2005), 알코올 환경에서 용출이 용이한 특성을 지닌다. 지초는 전통적으로 홍로주·감홍로 등의 주요 원료로 활용되어 왔으나, 지초를 과하주 제조에 접목한 연구는 현재까지 미흡하다. 특히 시코닌은 산화·환원 반응 및 pH 변화에 민감하여(Cho MH 등 1999) 발효 조건에 따른 색도 및 항산화 활성의 변화가 예상되에도 불구하고, 지초 첨가 전통주 및 증류주 투입 시점이 과하주의 관능 및 이화학적 품질에 미치는 영향은 규명된 바 없다.

최근 전통주 산업은 온라인 판매 허용 및 K-컬처 확산에 따라 국내외 시장이 확대되는 추세이며(Han KM 2020), 저장성과 유통 안정성이 확보된 강화주로서 과하주의 상품화 가능성이 높아지고 있다. 지초를 활용한 과하주는 일반 증류주보다 낮은 알코올 도수와 부드러운 풍미를 제공하면서도 약주보다 높은 저장성을 기대할 수 있어 소비자 기호성과 유통 경쟁력을 동시에 확보할 수 있다. 따라서 본 연구는 고문헌에 기반하여 지초 침출 증류주 첨가 시기(발효 0, 1, 3, 5, 7일차)를 달리하여 제조한 지초 과하주의 이화학적 특성, 총 폴리페놀 함량, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성, 휘발성 향기 성분 및 관능적 기호도를 비교·분석함으로써 증류주의 최적 첨가 시기를 도출하고, 지초 과하주의 상품화를 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구의 기저 발효주 제조에 사용된 주원료는 2025년 생산된 진도산 유기농 찹쌀(Seolhyangchal, Jindo, Korea)을 사용하였으며, 발효제로는 전통 분곡인 송학곡자(Soyulgok, Gwangju, Korea)를 사용하였다. 물은 제주 삼다수(Samdaseo, Jeju, Korea)를 이용하였으며, 항산화 실험에 사용한 Folin and Ciocalteu, gallic acid, quercetin, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 등의 시약은 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)의 특급시약을 이용하였다.

2. 지초 침출 증류주 제조

전통방식으로 증류된 40%의 증류주(Daedaero A Farmer's

Association, Jindo, Korea)에 지초 뿌리를 1% 비율로 첨가하고 상온에서 10일 동안 침출한 뒤 여과하여, 본 과하주 제조에 사용하였다.

3. 지초 과하주 제조

지초 과하주의 배합은 Table 1과 같다. 찹쌀 10 kg을 세척하여 8시간 침지 후 1시간 동안 물을 뺀 뒤, 김 오른 찜기에 40분 증자하고 20분간 뜸을 들여 고두밥을 제조하고, 5등분하여 냉각시켰다. 누룩은 생수 2,000 g에 누룩 600 g을 6시간 이상 수침시킨 후 거름망으로 찌꺼기를 제거하여 수곡(水麴)을 제조하였다. 준비된 수곡은 5 등분 하여 30℃ 이하로 냉각된 고두밥에 각각 혼합하였다. 모든 시료는 열탕 소독한 유리용기에 담아 항온 인큐베이터(INB-15R, Jeongbiotec, Incheon, Korea) 25℃에서 발효와 숙성을 진행하였다. 시료별로 지초 침출 증류주 첨가 시기(발효 0, 1, 3, 5, 7일차)를 달리하여 지초 침출 증류주 1,700 g을 투입한 뒤 25℃에서 15일 숙성하였다.

4. 이화학적 특성 분석

1) 알코올 함량 측정

증류주 첨가시점에 따른 지초 과하주의 알코올 함량은 지초 침출 증류주 첨가 시기를 달리한 T0, T1, T3, T5 및 T7 시료를 대상으로 알코올 함량의 변화를 측정하였다. 각 시료는 증류주 첨가 후 0일, 3일, 6일, 9일 및 12일에 채취하였으며, 총 25개의 시료를 분석하였다. 국세청의 주류분석규정(National Tax Service 2010)에 따라서 시료 100 mL를 환류 냉각관을 부착한 heating mantle(Mtops ms-265, Seoul, Korea)로 증류하여 냉각관을 통과시켜 증류액 약 70 mL를 받은 후 증류수를 추가하여 100 mL로 정용하였다. 혼합한 증류액에 주정계(211-DK-12, Dongmyeong, Seoul, Korea)를 사용하여 값을 읽고, Gay-Lussac의 주정 환산표에서 15℃로 보정하여 알코올 함량을 구하였다. 각각의 시료는 3회 반복 측정하여 평균값을 %로 나타내었다.

Table 1. Formulation of *Jicho-gwahaju*

Ingredients	Amount (g)	Percentage (%)
Glutinous rice	2,000	47
Water	400	10
Nuruk	120	3
Jicho-soju	1,700	40
Total	4,220	100

2) 가용성 고형물 함량

증류주 첨가시점에 따른 지초 과하주의 가용성 고형물 함량은 T0, T1, T3, T5 및 T7 시료를 대상으로 가용성 고형물 함량의 변화를 3일 간격으로 측정하였다. 가용성 고형물 함량은 당도계(Pocket PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정한 뒤 그 평균값을 °Brix 로 나타내었다.

3) pH 측정

증류주 첨가시점에 따른 지초 과하주의 pH는 T0, T1, T3, T5 및 T7 시료를 대상으로 3일 간격으로 pH의 변화를 측정하였으며, pH meter(FiveEasy Plus FP20, Mettler-Toledo, Greifensee, Switzerland)를 사용하여 측정하였으며, 시료를 3회 반복 측정하고, 평균값을 나타내었다.

4) 색도 측정

증류주 첨가시점에 따른 지초 과하주의 색도는 T0, T1, T3, T5 및 T7 시료를 대상으로 3일 간격으로 측정하였으며 색차계(CR-310, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 L(명도, lightness), a(적색도, redness), b(황색도, yellowness)를 3회 반복하여 측정하고, 평균값을 나타내었다. 이때 사용한 표준백판의 L값은 97.43, a값은 -0.16, b값은 +1.91의 값을 나타내었다.

5. 총 폴리페놀 함량 측정

증류주 첨가시점에 따른 지초 과하주의 총 폴리페놀 함량 측정은 Folin Denis phenol method의 방법을 응용한 Yu L 등(2002)의 방법을 사용하였다. 발효와 숙성이 끝난 지초 과하주 150 µL에 2 N Folin-Ciocalteu reagent 50 µL와 증류수 2,400 µL를 첨가한 뒤 3분 동안 반응시킨 후 1 N Na₂CO₃(sodium carbonate) 300 µL를 가하여 암소에서 2시간 방치 후 분광광도계(T60UV, Jasco, Tokyo, Japan)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 Gallic acid를 사용하였으며, 검량선을 작성한 후 mg GAE/100g으로 총 폴리페놀 함량을 나타내었다.

6. DPPH 자유라디칼 소거활성 측정

증류주 첨가시점을 달리한 지초 과하주의 DPPH 자유라디칼 소거활성의 측정은, 숙성이 완료된 과하주 900 µL에 DPPH 용액(1.5×10^{-4} M) 300 µL를 가하여 교반하였다. 그 뒤, 암소에서 30분간 반응시킨 후 UV-VIS 분광광도계를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하고, 시료 대신 에탄올을 첨가한 대조구의 흡광도를 측정하여 DPPH 자유라디칼 소거활성을 나타내었다.

$$\text{DPPH free radical scavenging activity(\%)} = (1 - \text{Sample absorbance} / \text{Control absorbance}) \times 100$$

7. ABTS 자유라디칼 소거활성 측정

지초 과하주의 ABTS 자유라디칼 소거활성의 측정은 다음과 같다. 먼저 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulphate 용액을 24시간 암소에서 방치하여 ABTS 라디칼 형성을 형성하였다. ABTS 라디칼 형성 용액을 인산완충액(pH 7.4)으로 흡광도 0.7 ± 0.05 가 되도록 희석한 후, 발효와 숙성이 완료된 과하주 시료 20 µL에 ABTS 양이온 용액 980 µL를 가하여 실온에서 6분간 반응시킨 뒤 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich Chemical, St. Louis, MO, USA)를 농도별로 첨가하여 비교 산출하였다.

8. 휘발성 향기성분 분석

숙성이 완료된 지초 과하주의 휘발성 향기성분은 가스크로마토그래피(GC-2010 Plus, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다. 분리관은 InertCap WAX 컬럼(60 m × 0.25 mm × 0.25 µm, GL Sciences, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 컬럼 오븐 온도는 45℃에서 2분 유지 후 9℃/min으로 승온하여 230℃에서 9.5분 유지하였다. 주입구 및 검출기(FID) 온도는 각각 230℃이었으며, split ratio 10:1, 주입량 5 µL로 분석하였다. n-Amyl alcohol을 내부 표준물질(internal standard)로 사용하였다.

9. 관능적 특성 평가

증류주 첨가시점에 따른 지초 과하주의 관능평가는 전통주에 대한 이해도가 높은 훈련된 22명의 패널로 선정하여 훈련시킨 후 관능적 특성과 기호도에 대한 차이를 9점 평점법으로 실시하였다. 기호도 평가와 정량적 묘사분석(quantitative descriptive analysis; QDA)을 실시하였다. 기호도는 색(color), 향(aroma), 맛(taste), 조직감(mouthfeel), 전반적인 기호도(overall preference)의 총 5가지 항목을 평가하였으며, 지초 과하주의 정량적 묘사분석은 붉은색(redness), 알코올향(alcohol flavor), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 쓴맛(bitterness), 한약재맛(herbal taste), 바디감(body)의 7가지 항목의 강도에 대해 평가하도록 하였다. 기호도와 강도가 높은 시료에 높은 점수를 주도록 하였으며, 정량적 묘사분석을 통해 지초 과하주의 특성별 평균과 향미분석결과를 산출한 다음 주성분 분석(principal component analysis; PCA)을 실시하였다.

10. 자료 분석 방법

각 실험은 각각 3회 반복 측정하여 평균과 표준편차로 표시하였으며, 자료의 통계 분석에는 SPSS Statistics(ver. 23.0, IBM Corp., NY, USA)를 사용하여 One-way ANOVA를 적용하였다. 숙성기간 중 변화를 분석한 이화학적 특성(알코올

함량, pH, 가용성 고형물 함량, 색도 $L \cdot a \cdot b$ 값)에 대해서는 증류주 첨가 시점(T0, T1, T3, T5, T7)과 숙성기간(0, 3, 6, 9, 12일차)을 두 요인으로 하는 Two-way ANOVA를 실시하고, 유의적인 차이가 있는 항목은 Duncan's multiple range test를 통해 $p < 0.05$ 수준에서 사후 검증을 시행하였다. 또한 정량적 묘사분석에서 지초 과하주의 관능적 특성별 평균값과 향미 측정결과를 이용해 주성분 분석을 실시하고, 도출된 결과로 시료별 특성의 차이를 확인하였다. 주성분 분석(principal component analysis; PCA)은 XLSTAT 프로그램(Version 2026.1.0, Addinsoft, Paris, France)를 이용하였고, Varimax 회전방식을 통해 결과를 도출하였다.

결과 및 고찰

1. 증류주 첨가 시점을 달리한 지초 과하주의 이화학적 특성 변화

1) 알코올 함량 변화

증류주 첨가 시점을 달리하여 제조한 지초 과하주의 숙성 기간 중 알코올 함량 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 숙성 0일차를 기준으로 지초 침출 증류주 첨가 시점이 늦어질수록 초기 알코올 함량은 증가하는 경향을 보였다. 발효 초기 단계에서 증류주를 첨가한 T0 시료는 18.33%로 가장 낮은 값을 나타낸 반면, 발효 7일차에 첨가한 T7 시료는 24.17%로 가

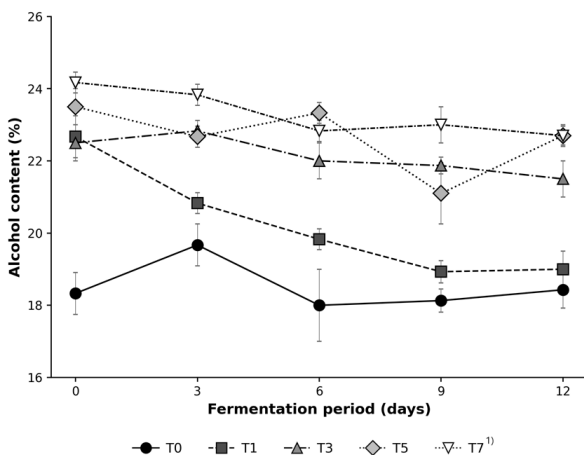


Fig. 1. Changes in alcohol content of *Jicho-gwahaju* during fermentation as affected by the timing of *Jicho-soju* addition.

- ¹⁾ T0: *Jicho-soju* added to *Jicho-gwahaju* at day 0 of fermentation.
 T1: *Jicho-soju* added to *Jicho-gwahaju* at day 1 of fermentation.
 T3: *Jicho-soju* added to *Jicho-gwahaju* at day 3 of fermentation.
 T5: *Jicho-soju* added to *Jicho-gwahaju* at day 5 of fermentation.
 T7: *Jicho-soju* added to *Jicho-gwahaju* at day 7 of fermentation.

장 높은 값을 나타냈다. 이는 발효가 진행되는 동안 효모에 의해 생성된 알코올이 누적된 상태에서 증류주가 첨가됨에 따라 최종 알코올 농도가 증가한 결과로 해석된다.

숙성 기간이 경과함에 따라 모든 시료에서 알코올 함량은 점진적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 특히 초기 알코올 함량이 높았던 T5 및 T7 시료에서 감소 폭이 상대적으로 크게 나타났으며, 숙성 12일차에는 모든 시료가 18.43~22.70% 범위로 수렴하는 양상을 보였다. 증류주 첨가시점과 숙성기간에 따른 알코올 함량 변화는 모두 유의적인 차이를 나타냈다 ($p < 0.001$). 이러한 결과는 증류주 첨가 시점이 과하주의 알코올 함량뿐만 아니라 단맛 형성에도 직접적인 영향을 미치는 중요한 공정 변수로 작용함을 확인할 수 있다.

2) pH 변화

pH는 전통주 발효과정의 진행 상태를 판단할 수 있는 중요한 지표이다(Oh CH 등 2018). 증류주 첨가 시점에 따른 지초 과하주의 pH 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 증류주 첨가시점과 숙성기간에 따른 pH는 모두 유의적인 차이를 나타냈다($p < 0.001$). T0 시료(5.57~5.95)를 제외한 나머지 처리구(T1~T7)는 pH 4.12~4.83 범위로 상대적으로 산성에 가까운 안정적인 범위를 유지하였다. T0 시료의 경우 발효 초기에 증류주가 첨가됨에 따라 효모 활성이 조기 억제되어 유기산 생성이 제한된 것으로 해석된다. 이는 증류주 첨가 시점이 늦어질수록 발효에 의한 유기산 생성이 충분히 이루어진 이후 증류주가 첨가되어 pH가 낮게 형성되는 것으로 추정된다. 지초의 시코닌 색소가 산성 조건에서 비교적 안정적임(Cho MH 등 1999)을 고려할 때, T3~T7 처리구의 낮은 pH 환경이 색소 안정성 측면에서도 유리하게 작용할 것으로 기대된다(Jin TY 등 2008).

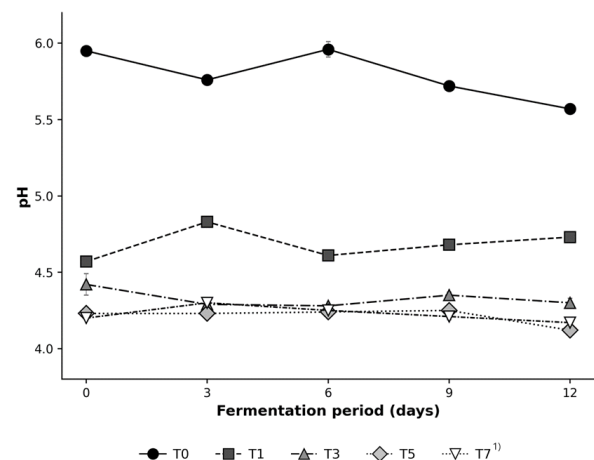


Fig. 2. Changes in pH of *Jicho-gwahaju* during fermentation as affected by the timing of *Jicho-soju* addition.

- ¹⁾ Abbreviations are the same as in Fig. 1.

3) 가용성 고형물의 함량 변화

증류주 첨가 시점에 따른 지초 과하주의 가용성 고형물 함량 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 숙성 0일차 기준으로 가용성 고형물 함량은 T0 시료에서 13.37 °Brix로 가장 낮게 나타났으며, T5 시료에서 24.17 °Brix로 가장 높은 값을 나타냈다. 이는 증류주 첨가 시점이 빠를수록 효모의 활성이 초기에 억제되어 잔당 함량이 낮아지고, 첨가 시점이 늦을수록 발효가 더 오래 진행되어 당분의 소모가 상대적으로 많았지만, 증류주 첨가 후 이당류 및 잔류 당이 축적된 것으로 사료된다(Kim YG & Jin SY 2021). 숙성 기간 동안 지초 과하주의 가용성 고형물 함량은 전반적으로 증가하는 경향을 보였

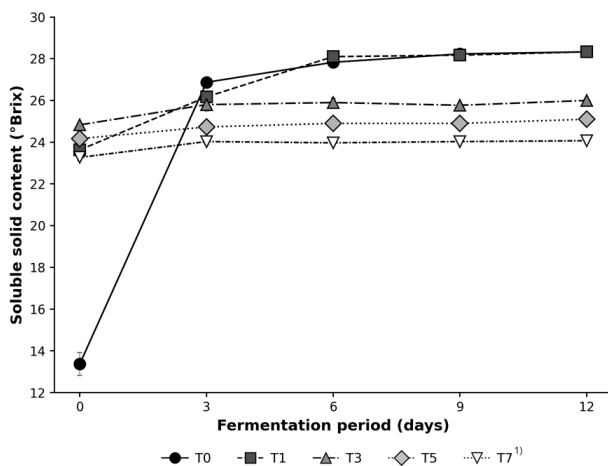


Fig. 3. Changes in soluble solid content of *Jicho-gwahaju* during fermentation as affected by the timing of *Jicho-soju* addition.

¹⁾ Abbreviations are the same as in Fig. 1.

으며, 이는 과하주가 발효 도중 증류주를 첨가하여 발효를 조절하는 주정강화 발효주로서, 발효 억제 시점이 당과 알코올의 균형에 중요한 영향을 미친다는 기존 연구(Kang SY 2022)와 일치하는 것으로 확인되었다.

4) 색도 변화

숙성 12일차 기준으로 처리구 간 색도(L, a, b)의 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 색도(L, a, b값)에 대해서도 증류주 첨가 시점과 숙성기간에 따른 유의적인 차이를 나타냈다($p < 0.001$). 명도(L값)의 경우 증류주 첨가 시점이 빠를수록 상대적으로 높은 L값을 유지하였으며, 첨가 시점이 늦어질수록 숙성 후 반으로 갈수록 L값이 감소하여 색이 점차 어두워지는 경향을 나타냈다. 이는 숙성 중 색소의 축적, 폴리페놀 산화 및 갈변 반응 등에 기인한 것으로 판단된다(Kim HR 등 2010).

적색도(a값)는 모든 시료에서 양의 값을 나타내어 지초 유래 색소에 의해 전반적으로 적색을 띠는 것으로 확인되었다. 특히 증류주 첨가 시점이 늦은 T3, T5, T7 시료에서 높은 a 값을 나타내어 적색도가 강하게 발현되는 경향을 보였다. 이는 발효가 일정 수준 진행된 이후 증류주가 첨가될 경우, 에탄올 농도의 증가에 따라 지용성 색소인 시코닌(Cho MH 등 1999)의 용출이 촉진되었을 가능성이 있는 것으로 추정된다. 다만, 본 연구에서는 시코닌 함량을 직접 정량하지 않았으므로, 시료 간 적색도 차이가 시코닌 단일 성분의 용출 변화에만 기인한다고 단정하기에는 한계가 있으며, 발효 과정에서 다른 색소 성분 변화 및 시코닌 자체의 산화·환원 안정성 등 여러 요인의 복합적 영향 가능성도 함께 고려할 필요가 있다. 황색도(b값)는 숙성 기간 동안 시료에 따라 증가하거나 일정한 변동 양상을 나타냈다. 시코닌은 산화·환원 반

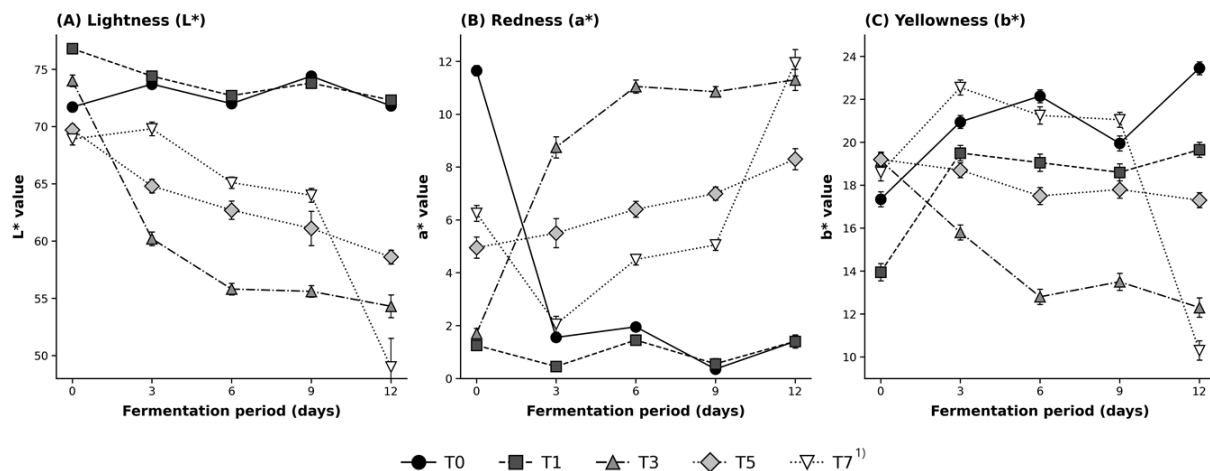


Fig. 4. Changes in color parameters of *Jicho-gwahaju* during fermentation as affected by the timing of *Jicho-soju* addition.

¹⁾ Abbreviations are the same as in Fig. 1.

응에 민감한 특성을 지니며, 산화 조건에서는 공액계가 일부 붕괴되어 적색도가 감소하고 황갈색 계열로 변색될 수 있는 것으로 보고되었다(Cho MH 등 1999; Han KH 등 2002). 따라서 일부 시료에서 b값이 증가한 것은 시코닌의 산화적 변색에 따른 황갈색화 현상과 관련이 있는 것으로 사료된다.

2. 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성

1) 총 폴리페놀 함량

숙성이 완료된 지초 과하주의 총 폴리페놀은 Fig. 5에 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 400.78~512.83 mg GAE/100 g 범위로 나타났으며, 지초 침출 증류주 첨가 시점이 늦어질수록 폴리페놀 함량이 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 발효 초기(0일차)에 지초 침출 증류주를 첨가한 T0 시료는 400.78±2.73 mg GAE/100 g으로 가장 낮은 값을 나타낸 반면, T7 시료는 512.83±1.94 mg GAE/100 g으로 가장 높은 값을 보였다. 이러한 결과는 지초 침출 증류주 첨가 시점이 늦어질수록 발효 지속시간이 길어짐에 따라 원료로부터 결합형 폴리페놀 화합물이 점차 유리되고, 이러한 결과는 증류주 첨가 시점이 늦어짐에 따라 발효 기간이 길어지고 에탄올 농도가 증가하면서 시코닌(shikonin)과 같은 자초 유래 지용성 성분의 추출이 촉진된 데 기인한 것으로 추정된다.

2) DPPH 라디칼 소거 활성

숙성이 완료된 지초 과하주의 DPPH 라디칼 소거 활성은 Fig. 6에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거 활성은 23.40~50.21% 범위로 나타났으며, 지초 침출 증류주 첨가 시점이 늦어질수록 증가하는 경향을 보였다.

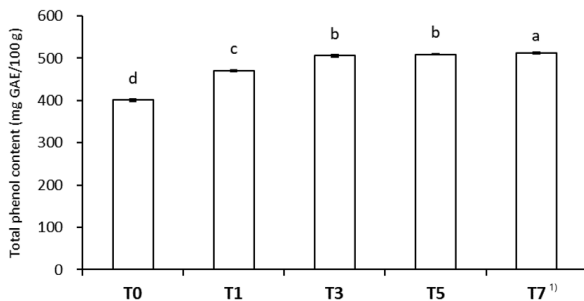


Fig. 5. Total polyphenol content of *Jicho-gwahaju* as affected by timing of *Jicho-soju* addition.

¹⁾ Abbreviations are the same as in Fig. 1.

Values with different letter are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

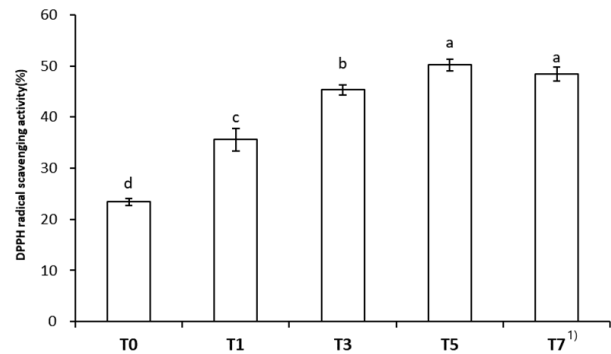


Fig. 6. DPPH radical scavenging activity in *Jicho-gwahaju* with different timing of *Jicho-soju* addition.

¹⁾ Abbreviations are the same as in Fig. 1.

Values with different letter are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

3) ABTS 라디칼 소거 활성

숙성이 완료된 지초 과하주의 ABTS 라디칼 소거 활성은 Fig. 7에 나타내었다. ABTS 라디칼 소거능은 700.30~1,151.82 µg AEAC/mL 범위로 나타났으며, 지초 침출 증류주 첨가 시점이 늦어질수록 전반적으로 증가하는 경향을 보였으나, T3 이후 일부 감소 후 재증가하는 양상이 관찰되었다. T3시료에서 ABTS 라디칼 소거능이 1,151.82±24.24 µg AEAC/mL로 높은 값을 나타낸 것은 발효 과정에서 생성된 다양한 페놀성 화합물과 시코닌 유래 성분이 복합적으로 작용하였을 가능성이 있는 것으로 추정된다(Kwon MH 등 2005; Heo KC 2012). 다만, 본 연구에서는 시코닌 및 그 유도체의 함량을 직접 정량하지 않았으므로, 항산화 활성에 대한 시코닌 성분의 정확한 기여도를 확정하기 위해서는 향후 추가적인 성분

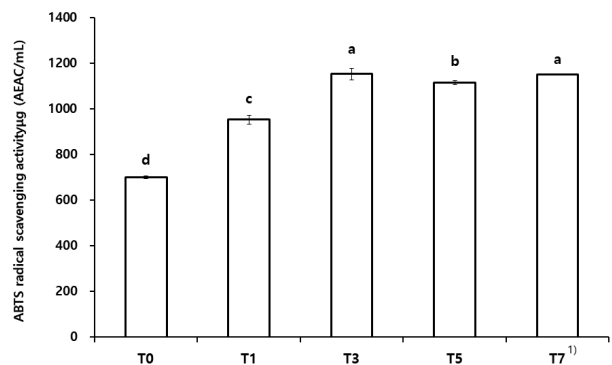


Fig. 7. ABTS radical scavenging activity in *Jicho-gwahaju* as affected by the timing of *Jicho-soju* addition.

¹⁾ Abbreviations are the same as in Fig. 1.

Values with different letter are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

정량 분석 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3. 휘발성 향기 성분 분석

지초 과하주의 향기성분을 GC로 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 총 20종의 휘발성 성분이 정량되었으며(에스터류 10종, 고급알코올류 5종, 기타 5종), 총 향기성분 함량은 T0의 501.80 ppm에서 T5의 890.40 ppm까지 증가한 후 T7에서 879.01 ppm으로 소폭 감소하였다. 에스터류는 증류주 첨가 시점이 늦어질수록 뚜렷이 증가하여 T0의 24.46 ppm에서 T5의 235.53 ppm까지 약 9.6배로 증가하였는데, 이 중 에틸아세테이트(ethyl acetate)가 모든 시료에서 가장 높은 함량을 보였고 향미값도 1.96~17.76으로 나타났다.

전통주에 함유된 에틸아세테이트는 과일향이 나는 성분으로(Park HJ 등 2013) 과일향(fruity aroma)이 지초 과하주의 주요 특성임을 확인할 수 있었다. 다만 에틸아세테이트는 150 ppm 이하에서는 과일향에 긍정적으로 작용하는 반면 그 이상에서는 용매취(solvent note)로 전이될 수 있는데(Kang HR 등 2016), T3~T7 시료(159.26~177.60 ppm)가 이 기준을 상회하여 향의 섬세함이 저하될 가능성이 존재하였다. 그러나 후술하는 관능평가의 향 기호도 결과(Table 3)에서 T3 시료는 처리구 중 상위 수준의 점수를 유지하였는데, 이는 기기분석에서 예측된 용매취의 부정적 영향이 실제 관능평가에서는 충분히 발현되지 않았음을 시사한다. 이러한 결과는 이소아밀알코올(바나나향), 에틸락테이트(크리미·코코넛

향), 2-페닐에탄올(장미향) 등 다양한 과일향 및 플로럴 계열 성분이 복합적으로 작용하여 에틸아세테이트의 용매취를 마스킹(masking)하였을 가능성이 있는 것으로 해석된다. 즉, 기기분석상의 단일 향기성분 농도 변화만으로는 관능적 향 품질을 직접적으로 예측하기 어려우며, 휘발성 향기성분 간의 상호작용이 지초 과하주의 관능적 기호도 형성에 중요한 역할을 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 에틸락테이트(ethyl lactate, 크리미·코코넛향)는 T1 이후 향미값이 1.89~4.51로 나타나 향의 부드러움에 지속적으로 기여하였다. 고급알코올류는 454.85~613.42 ppm 범위에서 증류주 첨가 시점이 늦어질수록 증가하였다. 이소아밀알코올(isoamyl alcohol)은 바나나향을 내는 향미성분으로(Ahn YG 등 2012; Song CS 등 2020), 모든 시료에서 향미값 3.57~4.76을 나타내어 제품의 바나나향 특성을 주도하였고, 이소부탄올(isobutanol, 향미값 1.08~1.43) 및 T3 이후의 장미향을 내는(Kim JH 2021) 2-페닐에탄올(2-phenylethanol, 장미향, 향미값 1.60~1.81)도 향 형성에 기여하였다. 기타 성분 중 아세트알데히드(acetaldehyde, 풋사과·풀향)는 T3에서 58.33 ppm(향미값 5.83)으로 최댓값을 보인 후 T5와 T7에서 각각 38.47 ppm과 30.20 ppm으로 감소하였는데, 이는 효모에 의한 피루브산 탈카르복실화 반응으로 발효 중기에 축적되었다가 숙성이 진행되며 알코올 탈수소효소(alcohol dehydrogenase, ADH)에 의해 에탄올로 환원되거나 아세트산으로 산화되어 감소한 결과로 해석된다(de Smidt O 등 2012). 메탄올(methanol)은 모든 시료에서

Table 2. Major volatile aroma compounds of *Jicho-gwahaju* as affected by the timing of *Jicho-soju* addition

Compound	Odor description	Threshold (ppm)	Samples ¹⁾					OAV range	
			T0	T1	T3	T5	T7		
Esters	Ethyl acetate	Fruity, solvent	10	19.55	69.51	159.26	177.60	163.65	1.96 – 17.76
	Ethyl lactate	Creamy, coconut	14	4.79	26.50	60.10	57.27	63.10	0.34 – 4.51
	Subtotal (10 esters)			24.46	97.21	220.20	235.53	227.48	
Higher alcohols	Isobutanol	Alcoholic	100	108.23	119.29	135.24	142.71	141.26	1.08 – 1.43
	Isoamyl alcohol	Banana	70	250.04	269.81	313.86	331.25	333.52	3.57 – 4.76
	2-Phenylethanol	Floral, rose	14	9.13	9.64	22.41	23.05	25.27	0.65 - 1.81
	Subtotal (5 higher alcohols)			454.85	493.36	577.42	608.40	613.42	
Others	Acetaldehyde	Green apple, grassy	10	15.36	21.61	58.33	38.47	30.20	1.54 – 5.83
	Methanol	Ethanolic	668	7.12	7.68	7.89	8.01	7.91	0.01
	Subtotal (5 others)			22.49	29.29	66.21	46.47	38.11	
Total volatile compounds				501.80	619.86	863.83	890.40	879.01	

¹⁾ Abbreviations are the same as in Fig. 1.

Table 3. Acceptability ratings of *Jicho-gwahaju* as affected by the timing of *Jicho-soju* addition

Acceptability	Samples ¹⁾					F-value (p)
	T0	T1	T3	T5	T7	
Color	5.05±1.00 ^{2)c3)}	5.45±1.10 ^{bc}	6.45±1.22 ^a	6.09±1.51 ^{ab}	5.18±1.50 ^c	4.890 (0.001) ^{***}
Aroma	5.59±1.47	5.77±1.27	6.27±1.24	5.68±1.64	5.55±1.65	0.877 (0.480)
Taste	5.27±1.55 ^{ab}	5.73±1.08 ^a	6.05±1.36 ^a	4.77±1.63 ^b	4.64±1.43 ^b	3.957 (0.005) ^{**}
Mouthfeel	5.68±1.73	5.64±1.18	5.82±1.74	5.23±0.97	5.27±1.42	0.731 (0.573)
Overall preference	5.59±1.22 ^{abc}	5.91±1.11 ^{ab}	6.32±1.21 ^a	5.41±0.96 ^{bc}	4.91±1.90 ^c	3.538 (0.009) ^{**}

¹⁾ Abbreviations are the same as in Fig. 1.

²⁾ Each value is mean±S.D (n=22).

³⁾ Different letters within the same row indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{**} $p<0.01$, ^{***} $p<0.001$.

7.12~8.01 ppm 수준으로 법적 기준(500 ppm 이하)을 크게 하회하였고, 대표적 결함 향 성분인 디아세틸(diacetyl)과 푸르푸랄(furfural) (Lee SJ 등 2007; Her J 등 2020)은 모든 시료에서 검출되지 않아 발효·숙성 조건이 적절하게 유지되었음이 확인되었다. 종합적으로, 에스테르류와 고급알코올류의 증가에 따른 향의 강도·복합성 향상과 에틸알세테이트 과잉 가능성, 아세트알데히드의 숙성 중 감소 양상을 함께 고려할 때, T3~T5 구간이 주요 향기성분 간의 균형이 가장 우수한 것으로 판단된다.

4. 관능적 특성 평가

1) 기호도 평가

지초 침출 증류주 첨가 시점에 따른 지초 과하주의 기호도 평가 결과는 Table 3에 나타내었다. 색(외관) 기호도는 T3 시료에서 6.45±1.22로 가장 높게 나타났으며($p<0.001$), T0 시료에서 5.05±1.00으로 가장 낮은 값을 보였다. 이는 T3 시료

의 적절한 적색 발현이 시각적 선호도에 긍정적으로 영향을 미친 것으로 해석된다.

맛에 대한 기호도는 T3 시료에서 6.05±1.36으로 가장 높았으며($p<0.01$), T5(4.77±1.63) 및 T7(4.64±1.43) 시료에서는 유의적으로 낮은 값을 나타냈다. 향 기호도와 조직감은 처리구 간 유의적인 차이가 없었다. 전반적인 기호도에서도 T3 시료가 6.32±1.21로 가장 높은 점수를 받았으며($p<0.01$), T7 시료는 4.91±1.90으로 가장 낮은 점수를 나타냈다. 이러한 결과는 향산화 활성 및 향기성분 함량이 가장 높은 T5, T7 시료에서 기호도가 오히려 감소한 것으로, 기능성 성분의 증대가 반드시 전반적인 기호도 향상으로 이어지지 않음을 확인할 수 있었다.

2) 정량적 묘사분석 결과

지초 과하주의 정량적 묘사분석 결과는 Table 4에 나타내었다. 적색도는 T5 시료에서 6.00±1.45로 가장 높게 나타났으며($p<0.001$), 알코올향 또한 T5 시료에서 6.77±0.97로 가장

Table 4. Characteristic intensity ratings of sensory attributes in *Jicho-gwahaju* as affected by the timing of *Jicho-soju* addition

Sensory attribute	Samples ¹⁾					F-value (p)
	T0	T1	T3	T5	T7	
Redness	4.00±1.69 ^{2)c3)}	4.86±1.55 ^{bc}	5.73±1.42 ^{ab}	6.00±1.45 ^a	4.95±1.29 ^b	6.201 (0.001) ^{***}
Alcohol aroma	5.18±1.76 ^c	5.41±1.71 ^{bc}	6.00±1.80 ^{abc}	6.77±0.97 ^a	6.32±1.52 ^{ab}	3.722 (0.007) ^{**}
Sweet taste	6.64±1.68 ^a	5.36±1.65 ^b	4.91±1.66 ^{bc}	4.05±1.65 ^c	4.41±1.68 ^{bc}	8.062 (0.001) ^{***}
Sour taste	2.73±1.32 ^c	3.73±1.39 ^{bc}	4.73±1.93 ^{ab}	4.77±2.16 ^{ab}	5.32±1.91 ^a	7.415 (0.001) ^{***}
Bitter taste	4.27±2.23 ^c	4.73±2.05 ^{bc}	5.59±1.68 ^{ab}	6.23±1.66 ^a	5.73±1.91 ^{ab}	3.752 (0.007) ^{**}
Herbal medicinal aroma	4.64±2.13	4.73±1.75	4.82±1.74	4.82±1.76	4.73±1.58	0.039 (0.997)
Body (mouthfeel)	5.55±1.71 ^a	5.23±1.45 ^{ab}	4.27±1.96 ^{bc}	3.91±1.54 ^c	3.55±1.57 ^c	5.904 (0.001) ^{***}

¹⁾ Abbreviations are the same as in Fig. 1.

²⁾ Each value is mean±S.D (n=22).

³⁾ Different letters within the same row indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{**} $p<0.01$, ^{***} $p<0.001$.

강하게 평가되었다($p<0.01$). 단맛 강도는 T0 시료에서 6.64 ± 1.68 로 가장 높아($p<0.001$) 발효 초기에 증류주를 첨가한 경우 잔당이 많이 남아 단맛이 강하게 지각되는 것을 확인하였다. 신맛과 쓴맛 강도는 증류주 첨가 시점이 늦어질수록 증가하는 경향을 보였다($p<0.001$). 한약재맛 강도는 처리구 간 유의적인 차이가 없었다. 바디감은 T0 시료에서 5.55 ± 1.71 로 가장 높았으며, T7 시료에서 3.55 ± 1.57 로 가장 낮게 평가되었다($p<0.001$). 이는 T0 시료의 높은 잔당 함량이 바디감 형성에 기여한 것으로 해석된다. T3 시료는 단맛, 신맛, 알코올향, 바디감 간의 균형이 가장 적절하게 형성되어 전반적인 기호도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

3) 주성분 분석 결과

지초 과하주의 및 시료 간의 특성 차이를 종합적으로 파악하기 위하여, 정량적 묘사분석 결과와 주요 휘발성 향기성분을 변수로 하여 주성분분석(PCA)을 실시한 결과는 Fig. 8에 나타내었다.

주성분 분석 결과, 제1주성분(PC1)과 제2주성분(PC2)이 각각 93.58%와 4.11%의 설명력을 나타내어 총 97.69%의 변동을 설명하는 것으로 나타났다. 제1주성분(PC1)의 양(+) 방향에는 에스테르류(Esters), 에틸아세테이트(ethyl acetate), 이소아밀알코올(isoamyl alcohol), 쓴맛(bitter taste), 알코올 향(alcohol aroma) 및 신맛(sour taste)이 강하게 부하되어, 발효가 진행됨에 따라 생성되는 향기성분과 유기산 및 쓴맛 형성 물질의 함량을 반영하는 축으로 나타났다. 반면 음(-) 방향에는 단맛(sweetness)과 바디감(body)이 강하게 부하되어 발

효 초기 특성 또는 잔당 함량이 높고 점성이 유지된 시료와 관련이 있는 것으로 해석된다. 따라서 제1주성분은 발효 진행 정도 및 향·풍미 강도를 대표하는 주요 축으로 해석된다.

제2주성분(PC2)에서는 적색도(redness)가 양(+) 방향에 가장 강하게 부하되었고 바디감(body)도 같은 방향에 위치하여, 지초 색소의 추출 정도 및 질감 특성을 반영하는 축으로 나타났다. 반면 신맛(sour taste) 및 에스테르류(Esters)는 음(-) 방향에 위치하여 산미 특성과 관련된 축으로 해석된다.

시료 간 분포를 살펴보면, T0 시료는 제1주성분의 음(-) 방향 끝에 위치하여 단맛과 바디감이 강하고 향기성분 생성이 상대적으로 제한된 발효 초기 특성을 반영하는 것으로 판단된다. T1 시료는 제1주성분의 음(-) 방향과 제2주성분의 양(+) 방향에 위치하여 단맛과 바디감이 유지되면서 발효가 일정 수준 진행된 특성을 나타내었다. 반면, T5 및 T7 시료는 제1주성분의 양(+) 방향에 위치하여 에스테르류, 고급알코올류 및 알코올 향이 강하고 신맛과 쓴맛이 두드러진 특성을 나타내었다. 특히 T5 시료는 제2주성분의 양(+) 방향에 위치하여 적색도가 가장 높게 발현된 시료로 확인되었고, T7 시료는 제2주성분의 음(-) 방향에 강하게 위치하여 T5 시료 대비 적색도가 감소한 특성을 보였다. 이는 관능 강도 평가에서 T7 시료의 붉은 정도가 T5 시료 보다 낮게 평가된 결과와 일치하며, 증류주 첨가 시점이 과도하게 지연될 경우 발효 후반부에서 색 품질이 오히려 저하될 수 있음을 시사한다. 한편, T3 시료는 PC1과 PC2 모두에서 원점에 가장 근접하게 위치하여, 발효산물 계열의 속성과 잔당·바디감·색 특성 사이의 균형이 가장 잘 이루어진 시료로 나타났다. 이는 기호도 평가 결과에서 전반적인 기호도가 가장 높게 나타난 결과와 일치하며, 발효와 증류주 첨가 시점 간의 균형이 가장 적절하게 형성된 시료로 판단된다.

요약 및 결론

본 연구는 지초 침출 증류주 첨가 시점을 달리하여 제조한 지초 과하주의 품질 특성 변화를 종합적으로 분석하고, 최적 제조 조건을 규명하기 위하여 수행되었다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다. 알코올 함량은 지초 침출 증류주 첨가 시점이 늦을수록 초기 값은 높았으나, 숙성이 진행됨에 따라 시료 간 차이는 감소하여 12일차에 18.43~22.70% 범위로 수렴하였다. 가용성 고형물 함량은 숙성 기간 동안 누룩 효소에 의한 전분 당화의 진행에 따라 완만히 증가하였으며, pH는 T0를 제외하고 산성의 안정적인 범위를 유지하였다. 색도 분석 결과, 적색도는 발효가 일정 수준 진행된 이후 지초 침출 증류주를 첨가한 시료에서 높게 나타났다. 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성(DPPH, ABTS)은 지초 침출 증류주 첨가 시점이 늦어질수록 증가하는 경향을 보였다. 향기

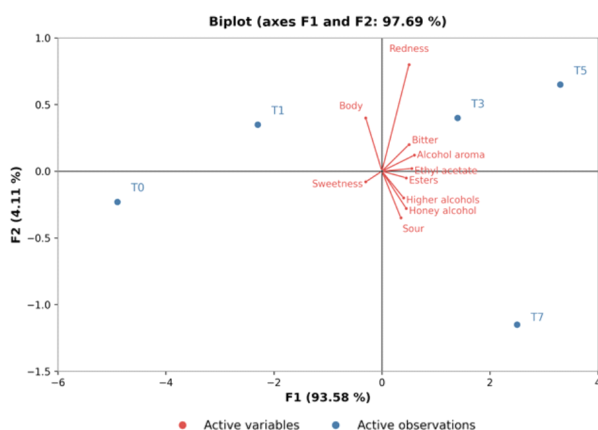


Fig. 8. Principal component analysis (PCA) biplot for sensory attributes of *Jicho-gwahaju* as affected by the timing of *Jicho-soju* addition.

Abbreviations are the same as in Fig. 1.

Principal component 1 (F1) and principal component 2 (F2) explained 93.58% and 4.11% of the total variance, respectively, accounting for 97.69% of the cumulative variance.

성분 분석 결과, 에스테르류 및 고급알코올류는 발효가 진행됨에 따라 증가하였으며, 특히 에틸아세테이트와 이소아밀알코올이 지초 과하주의 주요 향기성분으로 확인되었다. 관능평가 결과, 발효 3일차에 증류주를 첨가한 T3 시료에서 색, 향 및 맛의 균형이 가장 우수하여 전반적인 기호도가 가장 높게 나타났다. 특히 T3 시료는 총 폴리페놀 함량 및 ABTS 라디칼 소거 활성이 T5 및 T7 시료와 유사한 수준으로 높게 유지되었으며, 에틸아세테이트가 적정 향미 범위 내에 있고 아세트알데히드가 가장 높게 나타나 기능성과 기호성이 조화롭게 구현된 것으로 판단된다. 주성분분석 결과에서는 제1 주성분의 양(+) 방향에 위치한 발효 산물(에스테르류, 고급알코올류, 쓴맛, 신맛)은 과도하게 축적될 경우 기호도에 부정적인 영향을 미치는 요인으로 작용하는 반면, 제2주성분의 양(+) 방향에 위치한 적색도와 바디감은 기호도에 긍정적인 영향을 미치는 요소로 해석할 수 있다. 이러한 결과를 통해, 발효가 일정 수준 진행된 이후 적절한 시점(약 3일차)에 증류주를 첨가하는 것이 지초 과하주의 관능적 품질을 최적화하는 데 중요한 조건임을 확인할 수 있었다. 따라서 지초 과하주의 제조에 있어 증류주 첨가 시점을 발효 3일차로 설정하는 것이 품질 균형을 최적화하는 데 가장 적합한 조건으로 판단되며, 본 연구는 전통주 품질 개선 및 기능성 주류 개발을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Ahn YG, Song YS, Shin JH (2012) Determination of the volatile flavor compounds for the quality characteristics in traditional alcoholic beverages. *Korean J Community Living Sci* 23(2): 199-206.
- Cho JW, Jin SY (2020) Quality characteristics of yakju (Korean traditional rice wine) supplemented with varying amounts of *Cuscuta* seed (*Cuscuta chinensis* Lamark). *J East Asian Soc Diet Life* 30(6): 409-416.
- Cho MH, Paik YS, Hahn TR (1999) Physical stability of shikonin derivatives from the roots of *Lithospermum erythrorhizon* cultivated in Korea. *J Agric Food Chem* 47(10): 4117-4120.
- Choo EJ, Jin SY (2023) Quality characteristics of Gwahaju (Korean traditional fortified rice wine) prepared with different amounts of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) powder. *J East Asian Soc Diet Life* 33(5): 405-414.
- de Smidt O, du Preez JC du, Albertyn J (2012) Molecular and physiological aspects of alcohol dehydrogenases in the ethanol metabolism of *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS Yeast Res* 12(1): 33-47.
- Han KH, Lee JC, Lee GS, Kim JH, Lee JS (2002) Manufacture and physiological functionality of Korean traditional liquor by using purple-fleshed sweet potato. *Korean J Food Sci Technol* 34(4): 673-677.
- Han KM (2020) A study on the promotion of traditional Korean liquor into overseas market using korean wave. *Int Commerce & Law Rev* 85: 261-278.
- Heo KC (2012) Production and utilization improvement of shikonin natural food pigment from *Lithospermum erythrorhizon*. Ph D Dissertation Mokpo National University, Mokpo. pp 3-6.
- Her J, Kwak HS, Kim M, Kim JH, Baek HH, Shin H, Lee YS, Lee S, Kim SS (2020) Major sensory attributes and volatile compounds of Korean rice liquor (yakju) affecting overall acceptance by young consumers. *Foods* 9(6): 722.
- Jeong DH (2010) Korean Traditional Liquor. Yuhanmunhwasa, Seoul.
- Jin SY, Kim PH, Lim JH, Choo EJ, Bae HY (2026) The Korean Drinking Table Rediscovered in Historic Cookbooks. Button Books, Seoul. p 9.
- Jin TY, Lee WG, Lee IS, Wang MH (2008) Changes of physicochemical, sensory and antioxidant activity characteristics in rice wine, yakju added with different ratios of *Codonopsis lanceolata*. *Korean J Food Sci Technol* 40(2): 201-206.
- Kang HR, Hwang HJ, Lee JE, Kim HR (2016) Quantitative analysis of volatile flavor components in Korean alcoholic beverage and Japanese sake using SPME-GC/MS. *Food Sci Biotechnol* 25(4): 979-985.
- Kang SY (2022) A study on the definition of characteristic elements of Kwahaju, Korean fortified fermented wine: Focusing on searching for a model through sensory evaluation. MS Thesis Kyonggi University, Suwon. p 8.
- Kim HR, Kim JH, Bae DH, Ahn BH (2010) Characterization of yakju brewed from glutinous rice and wild-type yeast strains isolated from nuruks. *J Microbiol Biotechnol* 20(12): 1702-1710.
- Kim IH, Park WS, Gu YC (1996) Effect of different contents of nuruk extract on fermentation characteristics of kwahaju (a Korean traditional alcoholic beverage). *J Korean Soc Food Cult* 11(5): 711-719.

- Kim JH, Kim JY, Kim MH (2021) A study on volatile flavor compounds of Seoktanju made by varying the amount of Byeo-Nuruk. *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society* 22(11): 412-417.
- Kim YG, Jin SY (2021) Quality characteristics of yakju (Korean traditional rice wine) prepared with different amounts of *Portulaca oleracea* L. powder. *J East Asian Soc Diet Life* 31(6): 391-400.
- Kwon MH, Lee JY, Kim DK (2005) Effects of Lithospermum erythrorhizon on anti-allergic inflammatory response. *J Korean Med* 26(3): 110-123.
- Lee SJ, Kwon YH, Kim HR, Ahn BH (2007) Chemical and sensory characterization of Korean commercial rice wines (yakju). *Food Sci Biotechnol* 16(3): 374-380.
- Lee SW, Jeon JI, Bae SM (1992) The bibliographical study on the processing methods of Kwahaju. *J East Asian Soc Diet Life* 2(1): 17-33.
- Lim JH (2026) Quality characteristics of traditional liquor applying traditional fruit wine preparation methods using various fermentation agents and immature apples. Ph D Dissertation Sejong University, Seoul.
- National Tax Service (2010) Liquor Analysis Regulations. NTS Directive No. 1814, Sejong, Korea.
- Oh CH, Nam YR, Oh NS (2018) Development of *Rosa rugosa* Thunb. yakju and its quality characteristics. *Culi Sci Hos Res* 24(8): 140-149.
- Park HJ, Lee SM, Song SH, Kim YS (2013) Characterization of volatile components in makgeolli, a traditional Korean rice wine, with or without pasteurization, during storage. *Molecules* 18(5): 5317-5325.
- Park RD (2004) Traditional Liquor Guide. Daewonsa, Korea. p 7.
- Ryu IS (2024) Traditional Liquor Textbook. Gyomunsa, Seoul. p 34.
- Song CS, Ju HM, Kim JM (2020) Effects of isoamyl acetate production in Makgeolli according to fermentation conditions. *J Life Sci* 30(2): 162-168.
- Song YN (2025) Quality characteristics of Gwaha-ju added with white glutinous barley. MS Thesis Sookmyung Women's University, Seoul. pp 24-25.
- Yu L, Haley S, Perret J, Harris M, Wilson J, Qian M (2002) Free radical scavenging properties of wheat extracts. *J Agric Food Chem* 50(6): 1619-1624.

Date Received	May 24, 2026
Date Revised	Jun. 23, 2026
Date Accepted	Jun. 26, 2026