

Quality characteristics of coffee beverage processed by ultrasound-assisted extraction

Hun-Sik Chung¹, Jeong-Seok Cho², Han-Soo Kim¹, Dong-Seob Kim¹,
Young-Guen Lee¹, Jong-Hwan Seong¹, Kwang-Deog Moon^{2*}

¹Department of Food Science and Technology, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

²Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

초음파 추출이 커피 음료의 품질특성에 미치는 영향

정현식¹ · 조정석² · 김한수¹ · 김동섭¹ · 이영근¹ · 성종환¹ · 문광덕^{2*}

¹부산대학교 식품공학과, ²경북대학교 식품공학과

Abstract

The effects of ultrasound-assisted extraction (UAE) on the physicochemical and sensory characteristics of coffee beverage were investigated. Coffee powder (4 g) was soaked into 80 mL distilled water and extracted for 15, 30, 60, 120, 180, 240, or 300 sec at 60°C in an ultrasonic bath (40 kHz, 300 W). Hot-water extraction (HE) at 80°C for 300 sec was used as a control. Content of soluble solids in coffee beverage prepared by UAE (60~300 sec) was same or higher than those of HE, however, no significant differences were observed among the four beverages extracted for more than 120 sec. Clarity and browning index of beverage prepared by UAE (15 sec) and by HE were significantly higher and lower, respectively, compared to those of the other. Content of phenolic compounds was lower and higher respectively, in beverage prepared by UAE (15 sec, 30 sec) and UAE (60~300 sec) than by HE. DPPH radical scavenging activity was highest in beverage prepared by UAE (15 sec) and HE. Sensory evaluation showed that color, aroma, taste, and overall acceptability were rated with the best score for beverage prepared by UAE (15 sec) and the worst score for beverage prepared UAE (120~300 sec). Therefore, ultrasound-assisted extraction can be used for improving quality of coffee beverage.

Key words : coffee, ultrasound, extraction, beverage, quality

서 론

커피생두는 남북위 25도 이내 지역에서 주로 생산되지만 세계적으로 교역량이 최다인 농산물 중 하나이며, 주요 재배품종은 *Coffea arabica*와 *Coffea canephora(robusta)*이고, 이 중 *C. arabica*가 보다 품질이 우수하여 생산량의 대부분을 차지한다(1). 커피는 오래전부터 높은 관능적 기호도와 각성효과 때문에 음료 형태로 소비되고 있으며, 최근에는

항산화 효과(2), 향미생물 효과(3), 항암 효과(4), 항당뇨 효과(5) 등이 과학적으로 규명됨에 따라 소비량이 더욱 증가하는 추세에 있다. 커피음료 제조의 핵심공정은 볶음공정(6,7)과 추출공정이라 할 수 있으며, 추출공정은 냉수, 열수 및 가압수 등을 이용하여 커피분말내 가용성 성분을 녹여내는 방식이 사용되고 있다. 이러한 기존 추출방식의 개선을 통한 공정의 효율성 향상 및 제품의 다양화와 고급화를 위한 목적으로, 커피음료의 맛과 열수 여과의 추출온도와 추출시간 및 음용온도와의 상관관계 규명(8), 기존 추출방법별 품질비교(9), 초임계 추출특성(10) 등의 연구가 수행된 바 있으나 아직 제한된 정보만 제공하고 있어 추가 연구가 필요한 실정이다. 이를 위해 커피음료 추출에 있어 초음파의 활용을 고려해 볼 수 있다.

초음파는 주파수가 약 20 kHz 이상인 음파를 지칭하며

*Corresponding author. E-mail : kdmoon@knu.ac.kr

Phone : 82-53-950-5773, Fax : 82-53-950-6772

Received 12 July 2016; Revised 7 August 2016; Accepted 29 August 2016.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

low-intensity($<1 \text{ W/cm}^2$)와 high-intensity($10\sim 1,000 \text{ W/cm}^2$) 초음파로 대별되며, 전자는 반사되는 성질을 이용하여 식품의 성분과 구조 등의 비파괴 검사에 적용되고 후자는 물체를 전단 및 압축시켜 조직의 물리적 파괴, 유화형성, 화학반응 촉진 등의 성질을 가져 천연물로부터 유용성분 추출을 포함한 여러 분야에서 활용되고 있다(11-13). 식물체로부터 폴리페놀, 단백질, 당, 전분, 오일과 향기성분 등의 추출공정에서 초음파 처리는 추출 효율과 속도 증대, 추출온도 저하, 용매 절약 등의 효과를 가지는 것으로 알려져 있다(14-18). 또한, 초음파는 커피와 더불어 대표적인 기호음료인 녹차음료의 제조공정에도 적용되어, 화학성분의 추출수를 증가 및 관능적 품질 향상 효과가 규명된 바 있다(19,20). 한편, 커피관련 분야에서 초음파를 활용한 연구에는 커피 리큐어의 숙성과정 촉진효과(21), 페커피가루로부터 오일추출효율 개선효과(22) 및 페놀성 물질 추출공정 최적화(23) 등이 있다. 그러나 커피음료 제조용 추출공정에 있어 초음파 처리의 효과에 대한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다.

따라서 본 연구에서는 커피음료 추출시 초음파의 적용성을 검토하고 적합한 초음파 처리조건을 설정하고자, 커피분말로부터 초음파 추출하여 음료를 제조하고 이들의 이화학적 및 관능적 품질특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

실험용 커피분말은 생두(*Coffea arabica* cv. Colombia Organic Tamata)를 전문판매점에서 구매하여 전기 볶음기(PRE 1Z, Probat-Werke von Gimbom Maschinenfabrik GmbH, Emmerich am Rhein, Germany)를 사용하여 182°C 에서 7분간 볶은 후 분쇄, 체질(40 mesh)하여 제조하였고, 즉시 음료 제조에 사용하였다. 이때 적용한 볶음조건은 추출물의 항산화능과 관능적 품질을 동시에 극대화 시키는 조건으로 보고(7)된 것이다.

커피음료의 제조

커피음료는 커피분말 4 g과 증류수(60°C) 80 mL를 유리병에 넣은 다음 이를 60°C 로 조정된 초음파 water bath(WUC-D10H, Daihan Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)에 담그고 40 kHz와 300 W의 조건에서 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300 sec 동안 각각 추출, 여과하여 제조하였다. 대조구는 초음파 처리 없이 80°C 열수로만 5분간 추출하였다. 이상과 같은 조건으로 제조한 커피음료를 유리병에 충전, 밀봉한 다음 이화학적 및 관능적 품질특성 분석에 사용하였다.

추출수율 측정

가용성 고형분의 추출수율은 커피음료 10 mL를 알루미

눔제 칭량접시에 담아 건조기(VS-1202D3N, Vision Scientific Co., Ltd., Bucheon, Korea)로 105°C 에서 항량 도달 때 까지 건조시킨 후 잔류물의 무게를 측정하여 추출 전 분말 시료 양에 대한 백분율로서 나타내었다.

투명도 측정

커피음료의 투명도는 spectrophotometer(UV1601, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 650 nm에서 light transmittance를 측정하여 나타내었다.

갈변도 측정

커피음료의 갈변도는 spectrophotometer(UV1601, Shimadzu)를 사용하여 420 nm에서 light absorbance를 측정하여 나타내었다.

총페놀 함량 측정

커피음료의 총페놀 함량은 Folin-Denis법(24)에 따라 측정하였다. 즉, 음료 희석액 시료 5 mL를 취한 후 Folin-Denis reagent 5 mL를 가하고 3분간 정지한 다음 10% Na_2CO_3 용액 5 mL를 가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 정지한 후 spectrophotometer(UV1601, Shimadzu)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였고, gallic acid 표준품으로 검량선을 작성하여 정량하였다.

Diphenyl picryl hydrazyl(DPPH) radical scavenging 활성 측정

커피음료의 DPPH radical scavenging activity는 Blois의 방법(25)으로 측정하였다. 즉, 음료 시료 0.2 mL에 4×10^{-4} M DPPH/에탄올 용액 0.8 mL와 에탄올 2.8 mL를 혼합한 것을 가하고 10초간 강하게 진탕하고 10분간 정지한 후에 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 소거활성은 다음 식으로 계산하였다. DPPH radical scavenging activity(%)=(1-시료의 흡광도/대조구의 흡광도) $\times 100$.

관능검사

관능검사는 식품공학과 대학생을 대상으로 커피음료의 관능적 품질특징과 평가방법을 교육하고 20명을 검사원으로 선발하여 수행하였다. 검사시 음료 시료는 60°C 로 조정하여 임의의 3자리 숫자로 구분된 흰색 종이컵에 담아 제시하였으며, 시료의 색(color), 향(aroma), 맛(taste), 전체적 기호도(overall acceptability) 등에 대하여 9점 척도법(1=extremely dislike, 9=extremely like)으로 평가하였다.

통계처리

실험결과는 3회 반복실험의 평균 \pm 표준편차로 나타내었고, IBM SPSS statistics(23, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 분산분석과 Duncan's multiple range test($p < 0.05$)를 실시하였다.

결과 및 고찰

고형분 추출수율 비교

가용성 고형분의 추출수율은 추출공정의 성능 평가와 추출물의 품질 평가에 하나의 지표로 사용된다. 볶은 커피콩 분말을 열수추출 및 처리시간을 달리한 초음파(40 kHz, 300 W)를 이용하여 추출하였을 때 가용성 고형분의 추출수율을 측정된 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 추출수율을 비교해 보면, 열수 추출구보다 초음파 추출구 중 30초 이하 처리구는 낮았으나 120초 이상 처리구는 유의적으로 높았으며, 120초 이상의 초음파 처리구간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이로써 초음파처리하는 커피 추출음료 제조시 가용성 고형분의 추출율을 증가시키는 효과를 가지지만 한계 처리시간이 있는 것으로 확인되었고, 열수 추출음료의 고형분 추출수율과 동등한 수준을 기준으로 할 때에 초음파처리 시간은 60초 정도인 것으로 판단되었다. 한편, 녹차음료의 경우에서도 초음파처리에 의한 고형분 추출수율의 증대 효과가 확인되었다는 보고(20)가 있다. 이러한 고형분 추출수율 증대효과는 초음파 에너지에 의한 조직의 파괴에 기인되는 것으로 알려져 있다(17).

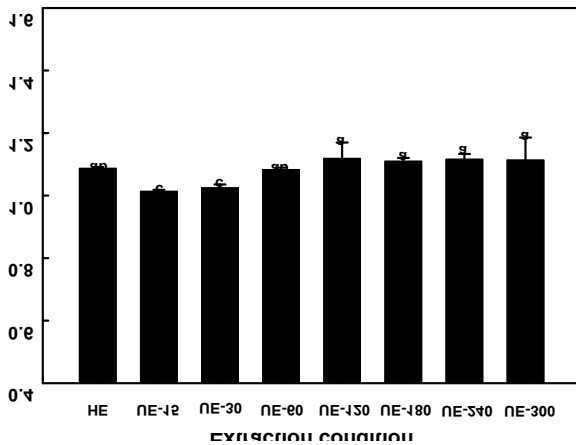


Fig. 1. Extraction yield of soluble solids in coffee beverages processed by ultrasound-assisted extraction.

HE, hot-water extraction (80°C, 5 min); UE, ultrasound-assisted extraction (40 kHz, 300 W, 60°C, 15-300 sec). Means±SD (n=3) with the same letter above the bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

투명도 비교

투명도는 음료의 관능적 품질특성 중 하나이며, 낮은 투명도는 부유입자 때문에 탁도가 높다는 것을 의미한다. 열수 추출과 처리시간을 달리한 초음파 추출로 제조한 커피음료의 투명도를 측정된 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 투명도는 열수 추출구가 15초 처리를 제외한 초음파 처리구 보다 유의적으로 높은 수준을 보였으며, 초음파 처리구에서는 처리시간이 길어짐에 따라 투명도가 낮아지는 경향이 있었다. 이로써 30초 이상의 초음파처리하는 커피음료를 혼탁하게

하는 효과를 가지는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 초음파 처리에 의해 발생된 부유입자 때문인 것으로 여겨지지만 혼탁 원인 규명에 대한 보다 구체적인 연구가 필요한 것으로 생각된다. 한편, 커피 리큐어 제조과정 중 초음파 처리는 제품의 탁도를 증가시킨다는 보고(21)도 있다.

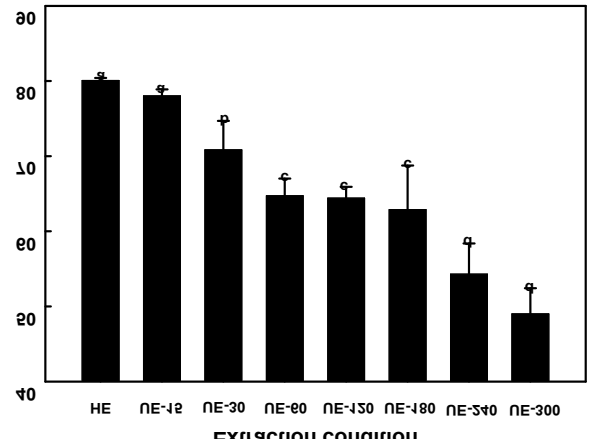


Fig. 2. Clarity of coffee beverages processed by ultrasound-assisted extraction.

HE, hot-water extraction (80°C, 5 min); UE, ultrasound-assisted extraction (40 kHz, 300 W, 60°C, 15-300 sec). Means±SD (n=3) with the same letter above the bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

갈변도 비교

갈변도는 음료의 품질평가 척도 중 하나이며, 원두의 볶음도와 갈색색소의 추출정도에 의해 결정된다. 볶은 식품의 갈변은 Maillard 반응과 캐러멜화 반응과 같은 비효소적 반응에 기인되는 것이며(26,27), 반응생성물인 갈색색소는 특이한 향미와 항산화성과 같은 기능을 가지는 것으로 알려져 있다(28,29). 열수 추출과 처리시간을 달리한 초음파 추출로 제조한 커피음료의 갈변도를 측정된 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 초음파 처리구에서 갈변도는 처리시간이 길어질수록 증가하는 경향이었고, 이 중 갈변도가 가장 낮은 15초 처리구는 열수 추출구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이로써 커피 추출시 약 30초 이상의 초음파처리하는 갈색물질의 추출을 촉진하는 것으로 확인되었다.

총페놀 함량 비교

페놀성 물질은 식물성 식재에 널리 분포되어 있으며 품질과 건강 기능성에 기여하는 것으로 알려져 있다(30). 열수 및 처리시간을 달리한 초음파 추출로 제조한 커피음료의 페놀성 물질 함량을 측정된 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 페놀성 물질 함량은 열수 추출구보다 초음파 처리구 중 30초 이하 처리구는 유의적으로 낮았으나 60초 이상 처리구는 유의적으로 높았고, 60초에서 300초 처리구 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이로써 커피음료의 페놀성 물질 함량은 초음파 처리에 의해 증대되며 60초 정도가

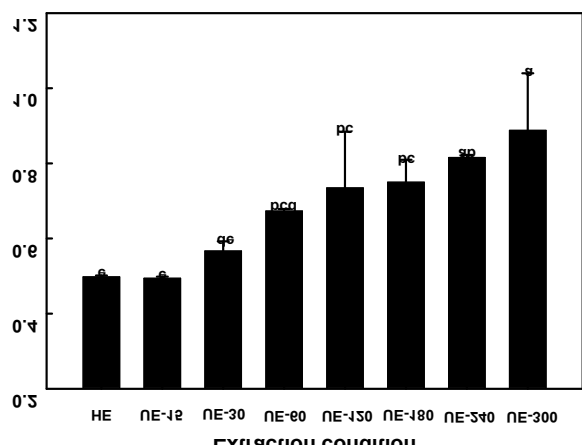


Fig. 3. Browning index of coffee beverages processed by ultrasound-assisted extraction.

HE, hot-water extraction (80°C, 5 min); UE, ultrasound-assisted extraction (40 kHz, 300 W, 60°C, 15-300 sec). Means±SD (n=3) with the same letter above the bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

임계 처리시간인 것으로 확인되었다. 한편, 차 추출의 경우에도 초음파 처리에 의해 총페놀 추출수율이 증가한 것으로 보고(19,20)된 바 있다.

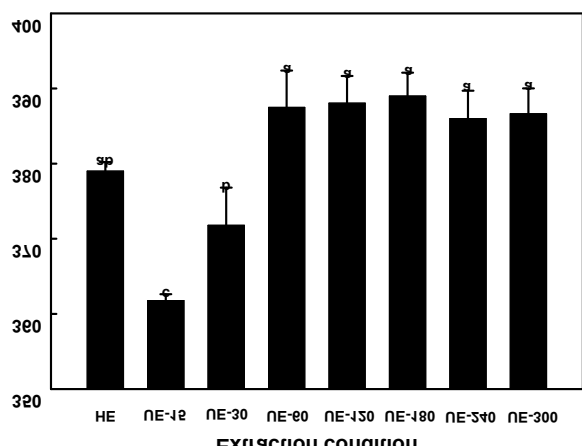


Fig. 4. Phenolic compounds of coffee beverages processed by ultrasound-assisted extraction.

HE, hot-water extraction (80°C, 5 min); UE, ultrasound-assisted extraction (40 kHz, 300 W, 60°C, 15-300 sec). Means±SD (n=3) with the same letter above the bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

DPPH radical scavenging activity 비교

DPPH radical scavenging activity는 항산화능의 지표로 측정된다. 열수 및 처리시간을 달리한 초음파 추출로 제조한 커피음료의 DPPH radical scavenging activity를 측정한 결과는 Fig. 5에 나타내었다. DPPH radical scavenging activity는 열수 추출구와 15초 초음파 추출구가 유의적으로 가장 높았으며 다음으로 초음파 30초와 60초 처리구, 그리고 초음파 120초 이상 처리구 순이었다. 일반적으로 DPPH radical scavenging activity는 페놀성 물질 함량과 정비례

관계가 있는 것으로 알려져 있으나(31), 본 연구의 초음파 처리구의 경우 상반되는 결과를 보이는 것으로 확인되었다. 이는 가압수 추출 커피의 항산화능이 우유를 첨가했을 때 감소하였다는 보고(31)를 참고하면, 초음파 처리에 의해 항산화능을 가지는 물질 뿐만 아니라 오일(22)과 같은 산화 촉진물질도 동반 추출되었기 때문인 것으로 생각된다. 이로써 초음파 추출을 이용한 커피음료 제조시 제품의 항산화능을 고려한다면 적당한 초음파 처리시간은 15초 이지만 60초 이하도 큰 차이는 없는 것으로 판단된다. 한편 커피의 항산화 활성은 원두의 볶음도에 영향을 받으며 중간단계 (medium dark) 볶음에서 가장 높은 것으로 알려져 있다(32).

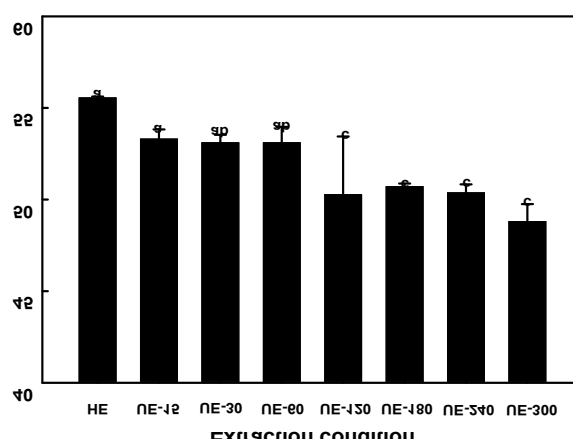


Fig. 5. DPPH radical scavenging activity of coffee beverages processed by ultrasound-assisted extraction.

HE, hot-water extraction (80°C, 5 min); UE, ultrasound-assisted extraction (40 kHz, 300 W, 60°C, 15-300 sec). Means±SD (n=3) with the same letter above the bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

관능적 품질 비교

열수 및 처리시간을 달리한 초음파 추출로 제조한 커피음료의 관능적 품질 특성(색, 향, 맛, 전체적 기호도)을 조사한 결과는 Table 1에 나타내었다. 색은 다른 처리구에 비해 열수, 초음파 15초와 60초 처리구가 유의적으로 가장 좋게 평가되었고, 초음파 180초 이상 처리구가 유의적으로 가장 나쁘게 평가되었다. 향은 열수 추출구보다 초음파 15초 처리구가 좋게 평가되었고 열수 추출구와 초음파 60초 처리구는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 맛은 초음파 15초 처리구가 다른 처리구보다 유의적으로 좋게 평가되었다. 전체적 기호도는 열수 추출구보다 초음파 15초 처리구가 좋게 평가되었고 열수 추출구와 초음파 60초 처리구는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이로써 커피음료 제조시 적당한 초음파 사용은 음료의 관능적 품질을 향상시키나 과도한 초음파는 오히려 품질을 악화시키는 것으로 확인되었으며, 본 연구에서는 초음파 15초 처리는 열수 추출보다 관능적 품질을 개선할 수 있으며, 또한 초음파 60초 처리도 열수 추출과 동등한 효과를 가져 추출시간을 단축할 수

Table 1. Sensory quality of coffee beverages processed by ultrasound-assisted extraction

Sensory quality	Extraction condition ¹⁾							
	HE	UE-15	UE-30	UE-60	UE-120	UE-180	UE-240	UE-300
Color	6.88±2.03 ^{2d)}	6.88±1.87 ^a	6.18±1.33 ^{ab}	6.53±1.74 ^a	5.65±1.66 ^{ab}	4.94±1.75 ^b	4.94±1.95 ^b	4.82±1.94 ^b
Aroma	5.64±2.32 ^{abc}	6.88±1.65 ^a	6.53±1.33 ^{ab}	6.29±1.86 ^{abc}	5.53±1.74 ^{bc}	5.00±2.12 ^c	5.41±1.46 ^{bc}	5.47±1.18 ^{bc}
Taste	3.71±2.82 ^b	5.23±2.19 ^a	4.47±1.50 ^{ab}	4.00±1.90 ^{ab}	3.47±1.59 ^b	3.53±1.74 ^b	3.88±1.72 ^{ab}	3.71±1.83 ^b
Overall acceptability	5.18±3.00 ^{abc}	5.94±1.67 ^a	5.53±1.84 ^{ab}	5.00±1.87 ^{abc}	4.35±1.76 ^{bc}	3.94±1.47 ^c	3.94±1.59 ^c	4.12±1.76 ^{bc}

¹⁾HE, hot-water extraction (80°C, 5 min); UE, ultrasound-assisted extraction (40 kHz, 300 W, 60°C, 15-300 sec).

²⁾Means±SD (n=20) in a row followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

있는 것으로 확인되었다. 한편, 차 음료의 경우에서도 초음파 처리가 향성분의 추출수율을 증대시켜 관능적 품질이 개선되는 것으로 보고(19)된 바 있다.

이상의 모든 결과를 고려해 보면, 커피음료의 추출에 있어 한계시간 이상의 초음파처리는 열수추출에 비해 가용성 고형분 추출수율, 갈변도, 페놀성 물질 추출함량 등을 높이는 효과를 가지나 투명도와 향산화능을 낮추는 효과를 가지는 것으로 확인되었다. 또한 관능적 기호도는 단시간 초음파처리에 의해 좋아지는 것으로 나타났다. 따라서 적당한 초음파처리는 커피음료의 품질을 향상시킬 수 있는 유효한 방법인 것으로 판단되었고, 앞으로 초음파의 보다 세밀한 적용조건과 효과원인 규명에 대한 연구가 필요한 것으로 생각된다.

요 약

초음파 추출이 커피 음료의 품질특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 볶은 커피분말을 초음파(40 kHz, 300 W, 60°C, 15~300 sec)나 열수(80°C, 5분) 추출한 후 추출음료의 이화학적 및 관능적 품질 특성을 조사하였다. 가용성 고형분의 추출수율은 초음파 60초 이상 처리구가 열수 추출구와 비교할 시 같거나 높았고, 120초 이상 처리구간에는 차이를 보이지 않았다. 투명도와 갈변도는 열수 추출구가 초음파 15초 처리와는 동등하였으나 다른 초음파 처리구 보다 유의적으로 높고 낮았다. 페놀성 물질 함량은 열수 추출구 보다 초음파 처리구 중 30초 이하 처리구는 유의적으로 낮았으나 60초 이상 처리구는 유의적으로 높았다. DPPH radical scavenging activity는 열수 추출구와 15초 초음파 추출구가 유의적으로 가장 높았으며 초음파 120초 이상 처리구가 가장 낮았다. 관능적 품질 특성인 색, 향, 맛 및 전체적 기호도는 초음파 15초 처리구가 유의적으로 가장 좋게 평가되었으며, 120초 이상의 처리구는 보다 나쁘게 평가되었다. 이로써 커피 추출시 적당한 초음파 사용은 추출음료의 품질을 향상시킬 수 있는 방법으로 확인되었다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구 되었음.

References

- Esquivel P, Jimenez VM (2012) Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Res Int*, 46, 488-495
- Nicoli MC, Anese M, Manzocco L, Lericri CR (1997) Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *LWT-Food Sci Technol*, 30, 292-297
- Almeida AAPA, Farah A, Silva DAM, Nunan EA, Gloria MBA (2006) Antibacterial activity of coffee extracts and selected coffee chemical compounds against enterobacteria. *J Agr Food Chem*, 54, 8738-8743
- Nkondjock A (2009) Coffee consumption and the risk of cancer : an overview. *Cancer Lett*, 277, 121-125
- Atanasov AG, Dzyakanchuk AA, Schweizer RAS, Nashev LG, Maurer EM, Odermatt A (2006) Coffee inhibits the reactivation of glucocorticoids by 11 β -hydroxysteroid dehydrogenase type 1: a glucocorticoid connection in the anti-diabetic action of coffee?. *FEBS Lett*, 580, 4081-4085
- Kim KJ, Park SK (2006) Changes in major chemical constituents of green coffee beans during the roasting. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 153-158
- Chung HS, Kim DH, Youn KS, Lee JB, Moon KD (2013) Optimization of roasting conditions according to antioxidant activity and sensory quality of coffee brews. *Food Sci Biotechnol*, 22, 23-29
- Kim YS, Lee SH (2013) Coffee extraction temperature, extraction time and drinking temperature on the difference in coffee taste and preference study. *J Digital Policy Management*, 11, 711-718

9. Eun JB, Jo MY, Im JS (2014) Physicochemical characteristics of coffee extracts using different extraction methods. *Korean J Food Sci Technol*, 46, 723-728
10. Kim HB (2007) Studies on enhancement of functional substances in coffee by supercritical fluid extraction. MS Thesis, Ajou University, Korea
11. Earnshaw RG (1998) Ultrasound-a new opportunity for food preservation. In: *Ultrasound in food processing*, Povey MJW, Mason TJ (Editor), Blackie Academic and Professional, London, England, p 183-192
12. Lee KJ, Um BH (2008) Extraction of useful component from natural plants using ultrasound system. *Korean J Biotechnol Bioeng*, 23, 101-108
13. Esclapez MD, Garcia-Perez JV, Mulet A, Carcel JA (2011) Ultrasound-assisted extraction of natural products. *Food Eng Rev*, 3, 108-120
14. Ma Y, Chen JC, Liu DH, Ye XQ (2009) Simultaneous extraction of phenolic compounds of citrus peel extracts: effect of ultrasound. *Ultrason Sonochem*, 16, 57-62
15. Karki B, Lamsal BP, Jung S, van Leeuwen JH, Pometto AL III, Grewell D, Khanal SK (2010) Enhancing protein and sugar release from defatted soy flakes using ultrasound technology. *J Food Eng*, 96, 270-278
16. Zhang HF, Yang XH, Zhao LD, Wang Y (2009) Ultrasonic-assisted extraction of epimedin C from fresh leaves of *Epimedium* and extraction mechanism. *Innovative Food Sci Emerg Technol*, 10, 54-60
17. Zhang QA, Zhang ZQ, Yue XF, Fan XH, Li T, Chen SF (2009) Response surface optimization of ultrasound-assisted oil extraction from autoclaved almond powder. *Food Chem*, 116, 513-518
18. Da Porto C, Decorti D, Kikic I (2009) Flavour compounds of *Lavandula angustifolia* L. to use in food manufacturing : comparison of three different extraction methods. *Food Chem*, 112, 1072-1078
19. Xia T, Shi S, Wan X (2006) Impact of ultrasonic-assisted extraction on the chemical and sensory quality of tea infusion. *J Food Eng*, 74, 557-560
20. Kim BC, Kang SW, Chung CH, Heo HJ, Lee SC, Cho SH, Choi SG (2010) Influence of ultrasonification on extraction yield and chemical property of green tea infusion. *J Agric Life Sci*, 44, 91-99
21. Shyr JJ, Yang SH (2016) Acceleration of the aging process in coffee liqueur by ultrasonic wave treatment. *J Food Process Preserv*, 40, 502-508
22. Lee SB, Kim HJ, Lee JD (2010) Ultrasonic assisted solvent extraction of functional oil from waste ground coffee. *J Korea Soc Waste Management*, 27, 304-309
23. Al-Dhabi NA, Ponmurugan K, Maran P (2016) Development and validation of ultrasound-assisted solid- liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. *Ultrason Sonochem*, DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.05.005
24. Singleton VL, Rossi JA (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16, 144-158
25. Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1204
26. Friedman M (1996) Food browning and its prevention : an overview. *J Agr Food Chem*, 44, 631-653
27. Ozdemir M, Devres O (2000) Analysis of color development during roasting of hazelnuts using response surface methodology. *J Food Eng*, 45, 17-24
28. Namiki LC (1988) Chemistry of Maillard reactions : recent studies on the browning reaction mechanism and the development of antioxidants and mutagens. *Adv Food Res*, 32, 115-184
29. Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lericri CR (2001) Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends Food Sci Tech*, 11, 340-346
30. Scalbert A, Williamson G (2000) Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J Nutr*, 130, 2073-2085
31. Sanchez-Gonzalez I, Jimenez-Escrig A, Saura-Calixto F (2005) *In vitro* antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). *Food Chem*, 90, 133-139
32. Del Castillo MD, Ames JM, Gordon MH (2002) Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *J Agr Food Chem*, 50, 3698-3703