

국내에서 섭취되는 나물류에 함유된 일부 수용성 비타민의 함량 분석

윤지민 · 정혜정* · †김영화**

경성대학교 식품생명공학과 대학원생, *전주대학교 한식조리학과 교수, **경성대학교 식품응용공학부 조교수

Analysis of Selected Water-Soluble Vitamin B₁, B₂, B₃, and B₁₂ Contents in Namul (Wild Greens) Consumed in Korea

Jimin Yoon, Haejung Chung* and †Younghwa Kim**

Master's Student, Dept. of Food Science and Biotechnology, Kyungsoong University, Busan 48434, Korea

**Professor, Dept. of Korean Culinary Arts, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea*

***Assistant Professor, School of Food Biotechnology and Nutrition, Kyungsoong University, Busan 48434, Korea*

Abstract

In this study, the contents of water-soluble vitamins B₁ (thiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (niacin), and B₁₂ (cyanocobalamin) in namuls (wild greens), such as salads and side dishes, consumed in Korea were quantified by high-performance liquid chromatography (HPLC) with UV and fluorescence detection. All samples were prepared with recipes used in Korea. All analyses were performed under the quality control of vitamin B₁, B₂, B₃, and B₁₂. The vitamin B₁, B₂, and B₃ contents in namuls consumed in Korea were analyzed. The highest content of vitamin B₁ was 3.018±0.016 mg/100 g in Putgochudoenjang-muchim. The highest contents of vitamin B₂, B₃, and B₁₂ were 0.279±0.003 mg/100 g in Gul-muchim, 12.241±0.040 mg/100 g in Chamchi-salad, and 8.133±0.371 µg/100 g in Pijogae-muchim, respectively. These results showed that animal-based ingredients in salads provided for good intake of vitamin B₁₂. These results can be used as basic data for food composition tables and improvement of the national health of Koreans.

Key words: HPLC/UV, HPLC/FLD, Korean namuls, water soluble vitamins

서 론

우리나라는 예로부터 계절의 변화에 따라 산이나 들에 자라는 식물의 잎, 줄기 등을 식품 원료로 활용하여 섭취하고 있다(Kwak & Lee 2014). 주로 식물을 재료로 이용하여 조리한 나물은 한국의 전통음식 중 하나로 재료가 다양하고 조리하기 간편하여 섭취 빈도가 높은 음식이다. 2016년 국민영양 통계 결과에 따르면 전체 연령층에 따른 식품 섭취량이 높은 다빈도 식품 100위 중 나물류에 자주 사용되는 상추, 콩나물, 깻잎 등의 12가지 식품이 포함되어 있어 나물류는 우리나라 국민들의 식단에서 중요 부분을 차지함을 알 수 있다(KHIDI 2016).

나물류 섭취하기 위한 조리법에는 데치기, 삶기, 볶기, 무치기 등이 주로 사용되며(Kang EJ 1993), 나물류에 속하는 음식으로는 생채류, 무침류, 샐러드류 등이 있다. 생채류 및 샐러드류는 가열 과정이 없는 조리법으로 조리방법이 비교적 간단하며, 다른 조리방법에 비해 영양소를 보존하는데 있어 효과적인 조리법이다(Ahn MS 1999; Sanchez-Mata 등 2012). 이는 또한 손쉽게 다른 채소류, 해산물 및 어패류와 함께 무침 등으로 조리할 수 있어 부족한 영양성분을 보완할 수 있는 장점이 있다. 한편, 최근 우리나라에서는 소비자들의 식습관 변화와 건강증진에 대한 관심 증대로 샐러드류의 소비가 증가하고 있으며(Kim & Jo 2010), 이로 인해 채소, 과일, 참치 등의 다양한 원료를 이용하여 여러 종류가 제조되어 판매되

† Corresponding author: Younghwa Kim, Assistant Professor, School of Food Biotechnology and Nutrition, Kyungsoong University, Busan 48434, Korea. Tel: +82-51-663-4652, Fax: +82-51-622-4986, E-mail: younghwakim@ks.ac.kr

고 있다(Jo 등 2011). 이러한 샐러드류는 별도의 조리과정이 없어 영양성분 파괴로부터 비교적 안정적이며, 신선편의식품으로 소비가 꾸준히 증가하고 있다(Kang 등 2011). 현재 우리나라에는 채소류에 대한 기호도 조사(Lee & Park 2014) 및 샐러드의 품질(Jo 등 2011) 특성에 관한 연구는 보고된 바 있으나, 국내 섭취 빈도가 높은 샐러드, 생채나물 및 무침류에 대한 다양한 영양정보는 제한적인 실정이다.

수용성 비타민 중 비타민 B₁(thiamin)은 세포 표면의 삼투압 유지, 탄수화물 대사 등에 중요한 역할을 하며, 신경전달물질 합성에도 참여한다(Kim 등 2013). 비타민 B₂(riboflavin)는 산화환원반응, 지질 및 에너지 생성 대사 등 여러 가지 신진대사의 조효소로 관여하는 미량영양소이다(Kwak 등 2006). 비타민 B₃(niacin)는 니코틴산(nicotinic acid)과 니코틴아미드(nicotinamide)의 유도체를 통칭하며, 펠라그라(pellagra)병의 예방과 치료에 효과적이고, 말초혈관을 확장시켜 혈액순환 촉진 및 콜레스테롤 감소 효과가 있는 것으로 보고되어 있다(Hong 등 2009). 또한, 비타민 B₁₂는 호모시스테인이 메틸화되어 메티오닌이 되는 과정에 필요한 영양소로서 뇌의 기능에 중요한 역할을 한다. 비타민 B₁₂가 결핍되면 methionine synthase(MS) 활성이 저하되며, 이로 인해 호모시스테인으로부터 메티오닌의 합성이 저해되기 때문에 호모시스테인이 축적되어 메티오닌 대사회로에 이상을 초래하므로 신경계 손상을 가져오는 것으로 보고되었다(Min & Kim 2009). 본 연구는 국내 섭취량이 높은 다빈도 식품 중 샐러드, 생채나물 및 무침류 25종을 선정하여 이를 대상으로 수용성 비타민의 함량을 정량분석하고, 분석법을 검증하고 함량을 평가함으로써 국민의 식생활 및 건강 증진을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서 분석한 샐러드, 생채나물 및 무침류 25종은 국민건강영양조사에서 제공하는 다빈도 식품 등의 자료에 의거하여 선정되었으며, 전주대에서 조리한 것을 공급 받아 사용하였다. 수용성 비타민 분석에 사용된 표준시약(thiamine hydrochloride, riboflavin-5'-adenosyldiphosphate(FAD), riboflavin-5'-phosphate(FMN), riboflavin, nicotinic acid and nicotinamide, cyanocobalamin)의 경우, Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하여 사용하였으며, HPLC의 이동상으로 사용된 초순수 증류수 및 acetonitrile은 J. T. Baker Co.(Phillipsburg, NJ, USA)로부터 구입하여 사용하였다.

2. 비타민 B₁ 및 B₃ 함량 분석

비타민 B₁ 및 B₃의 추출방법은 Kim 등(2014)의 방법에 근

거하여 진행했다. 검체를 균질화한 후 약 5 g을 취하여 5 mM sodium 1-hexanesulfonate 용액 50 mL를 첨가하였다. 그 후 40°C 조건의 초음파 추출기(JAC 4020, Kodogiyon, Hwaseong, Korea)로 30분간 추출하여 시료와 잘 섞어준 다음 이 추출액을 15분간 15,000 rpm으로 원심분리를 진행하였다. 다음으로 상층액을 취하여 0.45 µm Syringe filter(Whatman Inc., Maidstone, UK)로 여과하여 HPLC(Hitachi 5000 chromaster, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan) 분석을 실시하였다. 분석조건은 Table 1에 표시하였다.

3. 비타민 B₂ 함량 분석

비타민 B₂의 추출방법은 Kim 등(2014)과 식품공전에 준한 비타민 분석법(MFDS 2018)을 이용하였다. 즉, 균질화 된 검체 약 5 g에 증류수 50 mL를 첨가하여 향온수조(Laborota 4000, Heidolph, Germany, Schwabach)에서 80°C 조건으로 30분간 환류 추출하였다. 이 추출액을 원심분리 후 0.45 µm 수용매용 Syringe filter로 여과하여 분석을 위한 시험용액으로 사용하였다. 비타민 B₂의 분석조건은 Table 2와 같다.

Table 1. HPLC operating condition for vitamin B₁ and B₃ analysis

Instrument	HPLC (Hitachi 5000 chromaster)
Column	YMC-Pack ODS AM (250×4.6 mm, 5 µm)
Column temp.	40°C
Detector	UV Detector (270 nm)
Flow rate	0.8 mL/min
Injection volumn	20 µL
Mobile phase	A: 5 mM sodium 1-haxanesulfonate (Acetic acid 7.5 mL+Trierhylamine 0.2 mL/1 L) B: 100% MeOH
Gradient profile	0 min: A 100%, 20 mins: A 50%, 35 mins: A 50%, 45 mins: A 100%, 55 mins: A 100%

Table 2. HPLC operating condition for vitamin B₂ analysis

Instrument	HPLC (Hitachi 5000 chromaster)
Column	YMC-Pack Pro RS C ₁₈ (250×4.6 mm, 5 µm)
Column temp.	40°C
Detector	FLD (Ex=445 nm, Em=530 nm)
Flow rate	0.65 mL/min
Injection volumn	20 µL
Mobile phase	A: 10 mM NaH ₂ PO ₄ (pH 5.5); methanol=75:25(v/v)

4. 비타민 B₁₂ 함량 분석

비타민 B₁₂의 추출방법으로는 Jang 등(2014)의 방법을 변형하여 이용하였다. 검체를 균질화하여 약 5 g을 취한 후 1% sodium cyanide 용액 0.5 mL에 sodium acetate buffer 용액 49.5 mL를 첨가하여 10분간 초음파 추출기로 처리한 다음 97°C shaking water bath에 넣어 70 rpm으로 1시간 동안 추출하였다. 추출된 시료는 실온에서 방냉한 후 centrifuge하여 filter paper로 여과하였다. 다음으로 냉장 보관되어 있는 immunoaffinity column(Easi-Extract Vitamin B₁₂, r-Biopharm, Glasgow, UK)을 상온에서 30분간 방치한 후 column 내에 충전액을 제거하고 증류수 3 mL로 column을 활성화하였다. 그 후 여과된 시료 추출액을 3 mL씩 3회 주입하여 비타민 B₁₂를 column에 흡착시킨 다음 증류수 3 mL씩 3회 주입하여 column을 세척하였다. 빈 주사기를 이용하여 column 내부의 수분을 제거한 후, 유리 시험관에 column을 설치하여 메탄올 4 mL를 column에 주입하여 흡착된 비타민 B₁₂를 메탄올에 용해시켰다. 메탄올 추출액은 질소 농축한 다음 증류수 0.5 mL로 재용해하여 시험용액으로 사용하였다. 분석 조건으로는 분석 조건은 Table 3과 같다. 표준용액의 경우, 농도를 0.19, 0.095, 0.048, 0.024, 0.012, 0.006, 0.003 µg/mL로 제조하였다. 그 후 비타민 B₁₂ 표준용액으로부터 작성한 검량선의 회귀방정식을 이용하여 cyanocobalamine의 함량을 구하였다.

5. 수용성 비타민의 분석법 검증

검출한계(Limit of Detection: LOD)와 정량한계(Limit of Quantification: LOQ)는 각 수용성 비타민 성분의 peak로부터 얻어지는 signal-to-noise(S/N) 비율에 기초하여 평균값과 표준편차를 구하였다. 즉, 평균값에 각각 3배와 10배의 표준편차 값을 더하여 각각 LOD와 LOQ를 구하였다.

Table 3. HPLC operating condition for vitamin B₁₂ analysis

Instrument	HPLC (Hitachi 5000 chromaster)
Column	ACE 3 AQ (150×3.0 mm id)
Column temp.	35°C
Detector	UV Detector (361 nm)
Flow rate	0.25 mL/min
Injection volumn	100 µL
Mobile phase	A: 100% acetonitrile, B: Water
Gradient profile	0 min: B 100%, 11 mins: B 85%, 19 mins: B 75%, 20 mins: B 90%, 26 mins: B 100%, 31 mins: B 100%

6. 수용성 비타민의 분석품질관리

비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₁₂의 내부 분석 품질 관리(in-house control)는 AOAC 가이드라인(AOAC 2002)에 따라 분석품질관리(Quality Control: QC) 시료로 시판 조제분유(Imperial Dream XO, Namyang, Seoul, Korea)를 이용하여 관리하였다. 시료를 10회 이상 반복 추출 후 분석하여 각 성분의 표준값을 확립하고, 관리 상·하한선(Upper and Lower Control Line, UCL and LCL)과 조치 상·하한선(Upper and Lower Action Line, UAL and LAL)을 설정하여 시료를 분석하는 기간 동안 지속적으로 QC chart를 작성하여 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₁₂를 주기적으로 관리하였다.

$$UCL \text{ and } LCL = \text{Mean of analyte content} \pm 2 \times \text{Standard deviation}$$

$$UAL \text{ and } LAL = \text{Mean of analyte content} \pm 3 \times \text{Standard deviation}$$

정확성(accuracy) 검증은 미국국립표준기술소(National Institute of Standards and Technology: NIST)와 유럽공동연구개발센터(Joint Research Centre: JRC)에 인증 값이 제시된 표준참고물질 SRM(Standard Reference Materials) 1849a(Infant/Adult Nutritional Formula)를 구입하여 사용하였고, 분석 값과 NIST에서 제공한 인증참고 값(reference value)을 비교한 후 회수율(%)로 나타내었다. 정밀성 검증은 QC 시료를 하루에 독립적으로 5회 3반복 분석하여 반복성을 평가하였으며, 5일 동안 하루에 한 번씩 3반복으로 실험하여 재현성을 평가하였다.

7. 통계 처리

각 수용성 비타민의 분석 정량 값은 SAS 9.2(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 시료간의 차이 유무를 분산분석(ANOVA)을 시행한 후, 유의성을 Duncan's multiple range test($p < 0.05$)를 실시하여 각 시료간의 검토하였다.

결과 및 고찰

1. 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₁₂ 분석을 위한 내부 분석품질관리

분석 품질관리는 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₁₂의 품질관리도표를 작성하여 분석결과에 대한 신뢰도를 나타내었다. 시판 조제 분유에 함유된 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₁₂를 10회 이상 반복 분석 후, 각 성분의 표준값으로 비타민 B₁의 경우 1.137 mg/100 g, 비타민 B₂와 B₃은 각각 2.180 mg/100 g, 7.291 mg/100 g이며, B₁₂는 5.735 µg/100 g을 얻었다. 이 표준 값을 이

용하여 내부 분석 품질을 검토한 결과, 모든 성분의 분석 값이 관리 상·하한선에 포함된 것을 확인하여 시료의 분석기간 중 분석에 대한 신뢰도를 검증하였다. 또한, 각 성분의 LOD와 LOQ는 Table 4에 나타내었다. 그리고 각 성분의 회수율 및 정확성을 검증하기 위해 인증표준물질(CRM)을 이용하여 분석 품질을 확인한 결과, NIST에서 제시하는 인증 값과 비교하였을 때 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₁₂이 각각 107.70%, 104.22%, 93.42%, 90.53%의 회수율을 나타내어 분석에 대한 높은 정확성을 확인하였다(Table 5).

2. 나물류의 비타민 B₁, B₂ 및 B₃의 함량 평가

우리나라에서 소비되는 나물류에 함유된 비타민 B₁, B₂ 및 B₃의 함량을 분석한 결과(Table 6), 비타민 B₁의 경우 샐러드류에서는 양상추샐러드(Yangsangchu-salad)가 0.505±0.013 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 감자샐러드(Gamja-salad)가 0.020±0.003 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 그리고 새싹샐러드(Saessak-salad)에서는 비타민 B₁이 확인되지 않았다. 생채류 중 비타민 B₁의 함량은 풋고추된장무침(Putgochu-doenjang-muchim)이 유의적으로 가장 높은

Table 4. Comparison of the LOD and LOQ value of vitamin B₁, B₂, B₃ and B₁₂

Component		LOD(mg/kg)	LOQ(mg/kg)
Vitamin B ₁	Thiamine	0.9517	1.9042
	FAD	0.1893	0.2028
Vitamin B ₂	FMN	0.1772	0.3875
	Riboflavin	0.0866	0.3142
Vitamin B ₃	Nicotinic acid	0.1909	0.2848
	Nicotinamide	0.3613	0.7320
Vitamin B ₁₂	Cyanocobalamine	0.0003	0.0008

3.018±0.016 mg/100 g으로 확인되었고, 미나리무침(Minari-muchim)이 0.037±0.029 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타냈으며, 열무겉절이(Geot-jeori,yeolmu)에서는 검출되지 않았다. 조개, 생선 등이 함께 사용된 어패류 무침에 함유된 B₁은 오징어채무침(Ojingeochae-muchim)이 0.232±0.023 mg/100 g이 가장 높은 함량을 나타냈으며, 낙지무침(Nakji-muchim)에서는 검출되지 않았음을 확인하였다. Kim 등(2012)의 연구결과에 의하면 식품을 삶거나 데치는 과정 중에 수용성 비타민 성분이 조리수로 용출되어 함량이 감소할 수 있다고 보고하였다. 특히 비타민 B₁은 구조적 특성상 질소가 함유된 육각형의 환과 황이 함유된 오각형의 환이 비타민 B₁의 구조 중앙에 위치한 탄소에 연결되어 있어 중앙에 위치한 탄소와 각 고리의 화학적 결이 열에 장시간 노출 시 쉽게 파괴되어 기능을 상실하게 되며(Park 등 2010), 이러한 비타민 B₁의 분자 구조적 특성에 의해 나타나는 결과로 판단된다. 이러한 결과를 바탕으로 나물의 조리법 중 샐러드나 생채류 등 삶거나 데치는 과정 없이 섭취하는 것이 비타민 섭취에 도움이 된다고 판단된다.

한편, 나물류에 함유된 비타민 B₂ 분석 결과, 비타민 B₁ 함량과는 다르게 모든 나물류에서 비타민 B₂가 검출되었다. 샐러드류의 비타민 B₂ 함량은 새싹샐러드(Saessak-salad)에서 0.113±0.003 mg/100 g, 감자샐러드(Gamja-salad)가 0.013±0.000 mg/100 g으로 각각 가장 높은 값과 가장 낮은 값을 함유하는 것을 확인하였다. 생채류에서는 굴을 함유한 무생채(Mu-saengchae, gul)에서 가장 높은 0.146±0.001 mg/100 g으로 확인되었고, 돌나물(Dol-namul)에서 0.056±0.001 mg/100 g으로 가장 낮게 검출되었다. 어패류 무침류에서는 굴무침(Gul-muchim)이 가장 높은 함량인 0.279±0.003 mg/100 g으로 확인되었고, 오징어채 무침(Ojingeochae-muchim)이 0.042±0.002 mg/100 g으로 가장 낮게 검출되었다. 이는 Kim 등(2017)이 보고한 명절 및 제사음식에 함유된 비타민 B₂ 함량 분석 결과와 비교하여

Table 5. Recovery and RSD values of vitamin B₁, B₂, B₃ and B₁₂ contents for SRM (standard reference material)

Component	Sample	Reference value	Analysis value	Recovery (%)	RSD ¹⁾ (%)
		mg/100 g			
Vitamin B ₁	SRM 1849a (Infant/adult nutritional fomula)	1.257±0.098	1.354±0.025 ²⁾	107.7±2.0	1.8
Vitamin B ₂ ³⁾		2.12±0.002	2.037±0.052	104.22±1.0	1.0
Vitamin B ₃ ⁴⁾		10.8±0.1	10.090±0.123	93.42±1.1	1.2
Vitamin B ₁₂		µg/100 g		90.53±7.1	7.9
		4.82±0.85	4.364±0.344		

¹⁾ RSD = Relative standard deviation.

²⁾ The values are mean±S.D. of 3 replications.

³⁾ Vitamin B₂ = FAD+FMN+riboflavin.

⁴⁾ Vitamin B₃ = Nicotinic acid+nicotin amide.

Table 6. Vitamin B₁, B₂, B₃ and B₁₂ contents of namuls consumed in Korea

	Food	Vitamin B ₁ (mg/100 g)	Vitamin B ₂ (mg/100 g)	Vitamin B ₃ (mg/100 g)	Vitamin B ₁₂ (µg/100 g)
Salad	Gamja-salad	0.020±0.003 ^l	0.013±0.000 ⁿ	0.056±0.001 ^j	ND
	Saessak-salad	ND ¹⁾	0.113±0.003 ^{de}	0.888±0.012 ^{de}	0.158±0.076 ^e
	Gwail-salad	0.159±0.009 ^{gh}	0.050±0.000 ^{klm}	0.025±0.001 ^j	ND
	Yangbaechu-salad	0.193±0.005 ^{ef}	0.045±0.002 ^{lm}	0.310±0.001 ^{hi}	ND
	Yangsangchu-salad	0.505±0.013 ^b	0.079±0.014 ^{ghij}	1.009±0.008 ^d	ND
	Chamchi-salad	0.085±0.010 ⁱ	0.052±0.000 ^{klm}	12.241±0.040 ^a	1.901±0.056 ^{cd}
	Chaeso-salad	0.075±0.001 ^{ij}	0.043±0.001 ^m	0.106±0.003 ^{ji}	ND
	Oksusu-salad	0.055±0.003 ^{jk}	0.036±0.005 ^m	ND	ND
Saengchae-ryu	Mu-saengchae, gul	0.091±0.000 ⁱ	0.146±0.001 ^c	0.249±0.003 ^{hij}	3.995±0.516 ^b
	Geot-jeori, chicory	0.185±0.015 ^{ef}	0.085±0.001 ^{ghi}	ND	ND
	Oi-saengchae, buchū	0.503±0.015 ^b	0.077±0.000 ^{hij}	0.420±0.043 ^{gh}	ND
	Geot-jeori, yeolmu	ND	0.120±0.002 ^d	ND	ND
	Doraji-saengchae, Oi	0.185±0.015 ⁱ	0.106±0.002 ^{ij}	0.207±0.002 ^{hij}	ND
	Dallae-muchim	0.079±0.002 ⁱ	0.070±0.001 ^{def}	0.419±0.030 ^{gh}	ND
	Dol-namul	0.298±0.003 ^c	0.056±0.001 ^a	0.220±0.007 ^{hij}	ND
	Putgochu-doenjang-muchim	3.018±0.016 ^d	0.063±0.000 ^{jk}	0.671±0.013 ^{ef}	ND
	Yangpa-muchim	0.971±0.001 ^a	0.044±0.001 ^{lm}	ND	ND
	Minari-muchim	0.037±0.029 ^{kl}	0.044±0.001 ^{lm}	ND	ND
Eopaeryu-muchim	Nakji-muchim	ND	0.046±0.001 ^{klm}	4.410±0.191 ^b	1.116±0.115 ^{de}
	Ojingeochae-muchim	0.232±0.023 ^d	0.042±0.002 ^{efg}	ND	2.569±0.257 ^c
	Gaorihoe-muchim	0.084±0.003 ⁱ	0.061±0.001 ^{kl}	ND	0.583±0.063 ^e
	Ojingeoyachae-muchim	0.147±0.027 ^h	0.044±0.000 ^{lm}	ND	1.090±0.023 ^{de}
	Hoe-muchim	0.173±0.015 ^{fg}	0.120±0.004 ^d	ND	0.412±0.116 ^e
	Gul-muchim	0.198±0.025 ^c	0.279±0.003 ^b	1.693±0.015 ^c	8.092±0.576 ^a
	Pijogae-muchim	0.085±0.004 ⁱ	0.091±0.001 ^{gh}	0.583±0.024 ^{fg}	8.133±0.371 ^a

¹⁾ Not detected.

^{a-n} Mean with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

모든 11종의 나물류에서 비타민 B₂가 검출되어 본 결과와 유사한 양상을 보였다.

마지막으로 나물류에서 검출된 B₃의 함량은 샐러드류 중 참치샐러드(Chamchi-salad)에서 가장 높은 12.241±0.040 mg/100 g이 검출되었으며, 과일샐러드(Gwail-salad)에서는 0.025±0.001 mg/100 g으로 가장 낮게 확인되었다. 옥수수샐러드(Oksusu-salad)에서는 검출되지 않았다. 생채류 중에서는 풋고추된장 무침(Putgochu-doenjang-muchim)이 0.671±0.013 mg/100 g으로 가장 높게 확인되었고, 굴무생채(Mu-saengchae, gul), 도라지오이생채(Doraji-saengchae, Oi), 돌나물(Dol-namul)에서 각각 0.249±0.003 mg/100 g, 0.207±0.002 mg/100 g, 0.220±0.007 mg/100 g으로 유의적 차이 없이 가장 낮은 값을 나타내었다. 한편, 열무겉절이(Geot-jeori, yeolmu), 치커리겉절이(Geot-jeori, chicory),

양파무침(Yangpa-muchim), 미나리무침(Minari-muchim)에서는 검출되지 않았다. 어패류 무침류에서는 낙지무침(Nakji-muchim) 4.410±0.191 mg/100 g, 굴무침(Gul-muchim) 1.693±0.015 mg/100 g, 피조개무침(Pijogae-muchim) 0.583±0.024 mg/100 g으로 나타났다. 나머지 4종인 오징어채무침(Ojingeochae-muchim), 가오리회무침(Gaorihoe-muchim), 오징어아채무침(Ojingeoyachae-muchim), 회무침(Hoe-muchim)에서는 검출되지 않았다. B₃는 다양한 식품 중에 널리 존재하는 영양성분으로 동물의 간, 닭고기, 쇠고기 등 육류, 효모, 콩류, 땅콩, 호두 등 견과류, 참치, 연어, 어패류 등에 다량 함유되어 있다(Friedrich 1988; Ball 1996; Lebieziska 등 2006;). 또한, Nazmul 등(2013)의 연구에서도 bitter gourd leaves, red amaranth leaves 등과 같은 채소류에서도 B₃ 검출이 확인되었음을 알 수 있다.

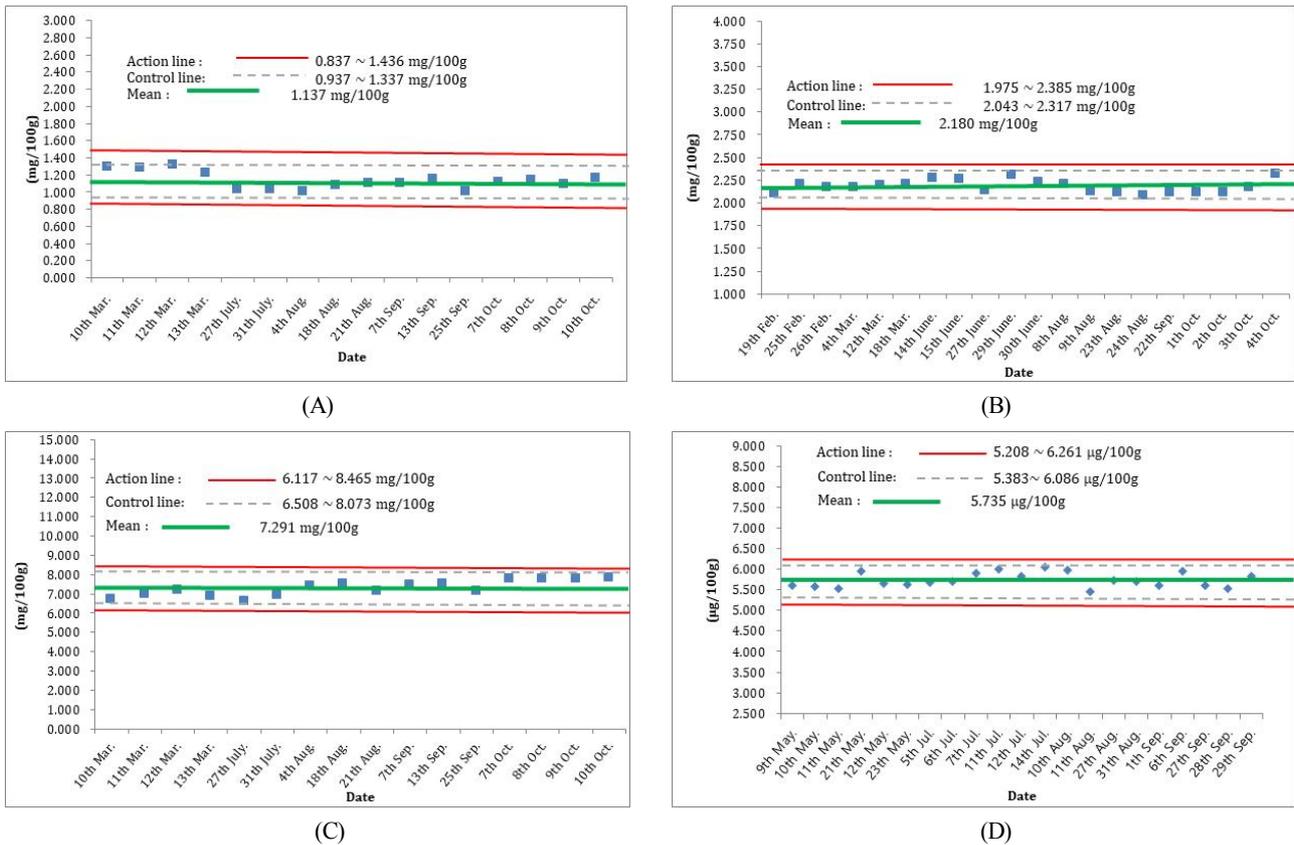


Fig. 1. Quality control charts of vitamin B₁ (A), B₂ (B), B₃ (C), and B₁₂ (D) analysis.

3. 나물류의 비타민 B₁₂의 함량 평가

나물류에 함유된 비타민 B₁₂의 함량은 샐러드류와 생채류 중 새싹샐러드(Saessak-salad)는 0.158 ± 0.076 µg/100 g, 참치샐러드(Chamchi-salad) 1.901 ± 0.056 µg/100 g, 굴무생채(Musaengchae, gul) 3.995 ± 0.516 µg/100 g을 제외한 나머지 식품에서는 검출되지 않았다. 비타민 B₁₂는 일부 박테리아에 의해서만 합성되고 먹이사슬을 통하여 상위 포식자의 생체 내에 축적이 되기 때문에 비타민 B₁₂는 동물성 식품이 주요 급원이다(Herbert V 1994). 그러나 본 연구에서 수행한 새싹샐러드에서 비타민 B₁₂가 검출이 되었으며, 이는 샐러드 조리에 첨가된 새우에 기인한 것으로 보여진다. 반면, 어패류 무침류에서는 모든 식품에서 B₁₂가 검출된 것을 확인할 수 있었다. 그중 굴무침(Gul-muchim)과 피조개무침(Pijogae-muchim)에서는 각각 8.092 ± 0.576 µg/100 g, 8.133 ± 0.371 µg/100 g으로 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 회무침에서 0.412 ± 0.116 µg/100 g으로 가장 낮게 검출되었다. 이는 어패류 및 해산물에 함유된 비타민 B₁₂가 반영된 결과로 보인다. Kwak 등(2012)의 보고에서도 어패류, 조류 및 해산물에서 비타민 B₁₂가 검출되어 유사한 결과를 나타내었다. 따라서 비타민 B₁₂의 섭취를 위해서는 다양한 채소와 해산물을 함께 조리하는 것이 효

과적인 것으로 판단된다.

요약 및 결론

본 연구는 국내에서 소비되는 나물류의 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₁₂의 함량을 형광검출기(HPLC/FLD) 및 자외선 흡광검출기(HPLC/UV)를 사용하여 분석하였다. 수용성 비타민을 분석하기 위하여 주기적으로 내부 분석품질 관리를 실시하여 분석 결과가 신뢰성 있는 데이터임을 확인하였고, 표준참고물질(SRM)을 이용하여 정밀한 분석 능력을 확보하였다. 우리나라에서 섭취되는 나물류 25종에 함유된 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₁₂ 함량을 정량적으로 평가한 결과, 비타민 B₁의 경우 풋고추된장무침(Putgochu-doengjang-muchim) 3.018 ± 0.016 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 비타민 B₂의 경우에는 나물류 중 굴무침(Gul-muchim)에서 0.279 ± 0.003 mg/100 g으로 가장 높게 나타났다. B₃은 나물류 중 참치샐러드(Chamchi-salad)에서 12.241 ± 0.040 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내는 것으로 조사되었다. 한편, 비타민 B₁₂의 함량은 식물성 재료가 주원료인 식품에서는 검출되지 않았으나, 조리 시 동물성 재료를 포함한 경우는 B₁₂가 검출되었다. 나물류 중 비

타민 B₁₂가 가장 많이 함유된 식품으로는 피조개무침(Pijogaemuchim)으로 8.133±0.371 µg/100 g의 함량을 나타내었다. 본 연구를 통해 다양한 조리법과 재료를 사용하는 한식의 한 종류인 나물류의 수용성 비타민의 함량을 알 수 있었으며, 이는 식품 영양성분 데이터베이스 구축의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다. 향후 원재료와 조리된 식품의 수용성 비타민의 잔존율을 연구한다면 국민들에게 영양성분 정보제공과 국민 건강증진에 더욱 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 식품의약품안전처의 연구개발비(17162 식생활082)로 수행되었고, 일부 2018년도 Brain Busan 21 플러스 사업에 의하여 지원되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Ahn MS. 1999. A study on the changes in physico-chemical properties of vegetables by Korean traditional cooking methods. *Korean J Diet Cult* 14:177-188
- AOAC. 2002. AOAC guidelines for single laboratory validation of chemical methods for dietary supplements and botanicals. AOAC International
- Ball GFM. 1996. Niacin and tryptophan. In *Bioavailability and Analysis of Vitamins in Foods*. pp.319-359. Chapman & Hall
- Friedrich W. 1988. Niacin: Nicotinic acid, nicotinamide, NAD(P). In *Vitamins*. pp.473-542. Walter de Gruyter
- Herbert V. 1994. Staging vitamin B₁₂ (cobalamin) status in vegetarians. *Am J Clin Nutr* 59:1213S-1222S
- Hong JE, Kim MR, Cheon SH, Chai JY, Park ER, Mun CS, Gwak IS, Kim OH, Lee KH. 2009. Determination of niacin in infant formula by solid-phase clean-up and HPLC with photodiode array detector. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:359-363
- Jang DE, Choung MG, Chun J. 2014. Immunoaffinity-HPLC/DAD assay and validation for vitamin B₁₂ in snacks and cereals. *J Agric Life Sci* 48:351-364
- Jo MJ, Jeong AR, Kim HI, Lee NR, Oh SW, Kim YJ, Chun HS, Koo MS. 2011. Microbiological quality of fresh-cut produce and organic vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 43:91-97
- Kang EJ. 1993. A bibliographical study on namul of Koryo and Choson dynasty. *Korean J Food Nutr* 6:16-24
- Kang TM, Cho SK, Park JY, Song KB, Chung MS, Park JH. 2011. Analysis of microbial contamination of sprouts and fresh-cut salads in a market. *Korean J Food Sci Technol* 43:490-494
- KHIDI [Korea Health Industry Development Institute]. National nutrition statistics. 2016. Available from <https://www.khidi.or.kr>. 2019.1.1 [cited 22 November 2018]
- Kim GP, Lee J, Ahn KG, Hwang YS, Choi Y, Chun J, Chang WS, Choung MG. 2014. Differential responses of B vitamins in black soybean seeds. *Food Chem* 153:101-108
- Kim GP, Hwang YS, Choung MG. 2017. Analysis of water soluble vitamin B₁, B₂, and B₃ contents in Korean traditional holiday foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:944-951
- Kim HY, Jo HA. 2010. Evaluation of microbial quality of the vegetable salad used dressing added with *Prunus mume* extracts. *Korean J Food Nutr* 23:240-246
- Kim JY, Heo DW, Lee HJ, Lee YH. 2013. A case of thiamine (vitamin B₁)-deficient optic neuropathy associated with wernicke's encephalopathy. *J Korean Ophthalmol Soc* 54:1954-1959
- Kim MH, Jang HL, Yoon KY. 2012. Changes in physicochemical properties of Haetsun vegetables by blanching. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:647-654
- Kwak BM, Kim SH, Kim KS, Lee KW, Ahn JH, Jang CH. 2006. Composition of vitamin A, E, B₁ and B₂ contents in Korean cow's raw milk in Korea. *Korean J Food Sci Anim Resour* 26:245-251
- Kwak CS, Lee JH. 2014. *In vitro* antioxidant and anti-inflammatory effects of ethanol extracts from sprout of evening primrose (*Oenothera lacinata*) and gooseberry (*Actinidia arguta*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:207-215
- Kwak CS, Park JH, Cho JH. 2012. Vitamin B₁₂ content using modified microbioassay in some Korean popular seaweeds, fish, shellfish and its products. *Korean J Nutr* 45:94-102
- Lebiedzinska A, Szefer P. 2006. Vitamins B in grain and cereal grain food, soy-products and seeds. *Food Chem* 95:116-122
- Lee KS, Park GS. 2014. Studies in the consumption and preference for sprout vegetables. *J East Asian Soc Diet Life* 24:896-905
- MFDS [Ministry of Food and Drug Safety]. Korea food code. 2018. Available from <https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvlv/foodRvlv.do> [cited 13 October 2018]
- Min HS, Kim M. 2009. A critical evaluation of the correlation between biomarkers of folate and vitamin B₁₂ in nutritional

- homocysteinemia. *Korean J Nutr* 42:423-433
- Nazmul H, Akhtaruzzaman M, Zakir S. 2013. Estimation of vitamins B-complex (B₂, B₃, B₅ and B₆) of some leafy vegetables indigenous to Bangladesh by HPLC method. *J Anal Sci Method Instrum* 3:24-29
- Park MY, Lee GS, Park SJ. 2010. Power Food-Super food. p.360. Green Happiness
- Sanchez-Mata MC, Cabrera Loera RD, Morales P, Fernandez-Ruiz V, Camara M, Diez Marques C, Pardo-de-Santayana M, Tardio J. 2012. Wild vegetables of the Mediterranean area as valuable sources of bioactive compounds. *Genet Resour Crop Evol* 59:431-443
-
- Received 25 January, 2019
Revised 31 January, 2019
Accepted 09 February, 2019