

가열조건에 따른 마른김의 색택 변화 연구

Color change of dried laver according to heating conditions

이경인^{1,*}, 이근직², 윤영승³Kyoung-In Lee^{1,*}, Geun-Jik Lee², Young-Seung Yoon³¹책임연구원, 목포수산식품수출센터 품질관리인증팀, 목포, 58621, 대한민국²센터장, 목포수산식품수출센터, 목포, 58621, 대한민국³센터장, 목포수산식품지원센터, 목포, 58621, 대한민국^{1,2}Mokpo Seafood Export Center, Mokpo 58621, Korea³Mokpo Marine Food-industry Research Center, Mokpo 58621, Korea

(Received 13 May 2024, Revised 27 May 2024, Accepted 10 June 2024)

Abstract To verify the color change in dried laver postproduction during the heating process, chromaticity elements were compared via a spectrophotometer across various heating conditions within the visible light spectrum. In general, the moisture reduction rate increased with rising temperature and time. Surface image comparisons revealed an expanded area of light reflection on the heat-treated dried laver sample due to surface roughening from shrinkage. No statistically significant differences in chromaticity values were observed in the measurements of brightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*). Reflectance spectrum measurements in the visible light region confirmed high reflectance under red wavelength conditions. In particular, a significant increase in reflectance at 700 nm compared with untreated samples was noted. The correlation between the increase in 700 nm reflectance of dried laver samples and heating conditions ranged from 0.7471 to 0.7793, suggesting its potential use as an indicator for comparing color changes in dried laver based on heating conditions.

Keywords : Color meter, Dried laver, Heating condition, Spectrophotometer

서 론

마른김은 지역에 따라 10월에서 이듬해 5월까지 생산되는 물김을 원료로 가공되며, 채취 이후 단시간에 가공을 마치고 이후 저온 보관 과정을 이용하여 연중 수시로 소비되는 특성을 가진다[1].

한국해양수산개발원의 수산업관측센터 자료에 의하면 2024년 4월을 기준으로 2024년산 마른김 누계 생산량은 1억 4940만 속으로 2023년산(1억 4,057

만 속)보다 6.3% 증가한 것으로 나타났다[2]. 대표적인 수산가공품인 김은 농수산물 수출액 중 1~2위를 다룰 정도로 위상이 높아졌으며, 이로 인해 정부나 주요 산지 지자체 등의 지원이나 관심도 높아지고 있다.

이와 같이 증가되고 있는 국산 마른김에 대한 수요와 생산량 및 수출량 등을 감안하면 마른김의 품질 기준 등을 보다 체계화하여 품질에 맞는 가치의 창출이 필요하다. 현재 식품공전에 제시된 마른김

* Corresponding author

Phone: 061-277-7320 Fax: 061-277-7319

E-mail: spython@hanmail.netThis is an open-access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

관련 품질 기준은 중금속 등 유해물질에 대한 것이 전부이며, 수산물의 품질인증에 대한 국립수산물품질관리원의 고시에서 품목별 품질기준을 보면 마른김이나 마른 돌김의 기준으로서 기본적인 이물질이나 관능평가 및 중량 기준, 그리고 15% 이하의 수분 함량 기준이 제시되어 있다[3].

마른김의 산지와 등급별 성분 비교를 실시한 기존 연구 보고에서 마른김의 품질 등급이 높을수록 단백질이나 chlorophyll 등 색소 함량이 높은 것으로 나타났으며[4], 최근에는 마른김의 성분 중 높은 함량을 가진 것으로 알려진 조단백질 함량의 비파괴적인 분석 방법에 대한 연구가 있었다[5].

그러나 현재까지 중요한 마른김 품질 평가 요소로 적용되고 있는 관능평가에 대한 부분은 숙련된 검사원의 경험적이고 주관적인 평가에 의존하고 있는 실정이다. 검사원의 시각, 후각, 미각 등의 감각에 의존하는 이러한 관능평가 방법은 동일한 품질을 가진 마른김이라도 검사 시점이나 환경, 검사원에 따라 검사 결과가 다르게 나타날 수 있는 한계점을 가지고 있다. 따라서 보다 객관적이고 정확한 결과를 확인할 수 있는 관능평가 방법의 개발과 적용이 필요하다

일반적으로 마른김과 같이 단순 가공 제품을 생산하는 대다수의 중소기업에서는 시각적인 관능평가에 구입 및 관리에 고가의 비용이 발생하는 측색장비의 이용보다 검사원의 육안검사에 의존하여 품질 관리를 수행하고 있다. 이때의 육안검사 방식은 기준 제품과 공정 간 생산 제품 사이의 직접비교 방식 정도가 적용하고 있는데, 색차 판정 시 작업자 개인의 성향 혹은 작업 수행방식에 따라 다르게 판정될 수 있다. 이러한 점은 색상으로부터 기인하는 품질 문제에 대한 잠재적 위험요인이 된다[6].

색은 인간의 눈을 통해서 받아들여지는 정보로서, 그 판단에는 개인의 주관에 개입될 수밖에 없으므로 색상을 보다 객관적으로 표현하기 위한 정량적인 표기법이 개발되었으며, 색을 구성하는 여러 가지 속성들을 기반으로 한 발전이 이루어져 왔다[7].

국제 조명위원회(Commission internationale de l'éclairage: CIE)에서 제시한 CIE 색공간은 인간의 색인지에 대한 연구를 기반으로 수학적으로 정의한 색공간이다[8]. 인간의 원추세포는 수용할 있는 빛의

파장대 별로 L, M, S 원추세포로 분류되는데, 이는 각각 장파장(red), 중파장(green), 단파장(blue)의 색을 수용하게 된다[9]. 이들 삼색 자극값을 조합하여 여러 가지 색을 표현할 수 있게 되는데, 이는 CIE RGB를 거쳐 CIE XYZ로 발전하였다[10]. CIE XYZ 색공간을 변환하여 만들어진 CIE LAB색 공간은 색공간에서의 색차를 인간의 시각 기관이 느끼는 색깔 차이와 비례하도록 만들어졌다[11]. Figure. 1에서 보는 바와 같이 시료의 명도를 나타내는 L* 값은 0에서 100까지의 수치로 표현된다. 시료의 적색도와 황색도를 나타내는 a*, b* 값 중 +a* 값은 red, -a* 값은 green, +b* 값은 yellow, -b* 값은 blue 계열의 색을 나타낸다. a*, b*의 절대값이 증가할수록 유채색에 가깝고, a*, b* 절대값이 감소할수록 무채색에 가깝게 된다[12].

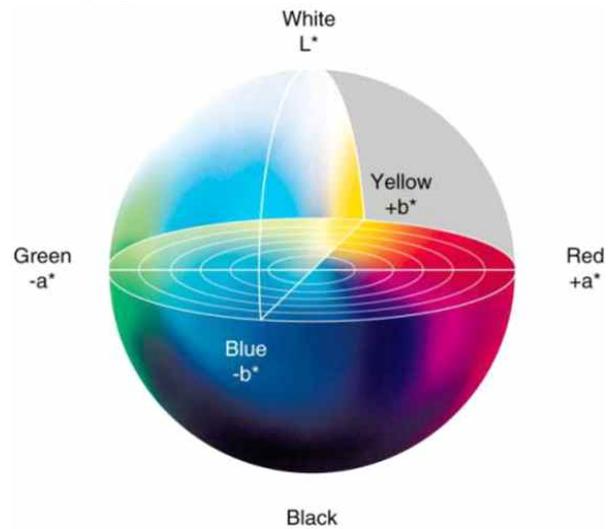


Figure 1. CIE LAB Color space[13].

한편 마른김은 생산 이후 저장기간의 연장과 품질 변화 억제 등의 목적으로 수분을 일정 수준 이하로 낮추기 위하여 화입과 같은 가열 처리 공정을 필수적으로 거치는 경우가 일반적이다[14]. 이러한 가열 공정에 적용되는 조건은 사용되는 장비특성이나 각 제조사마다의 자체 기준 등으로 다르게 적용되고 있지만 일반적으로 50~100℃ 사이의 온도에서 이루어지며, 온도에 따라 가열 시간이 가감되는 것으로 알려져 있다. 이와 관련된 연구에서 가열 온도가 높을수록 색소 등의 변화가 더 높게 나타나며, 특히 80℃ 이상의 온도에서는 그 변화가 더 급격해지는 것으로

보고하고 있다[15].

본 연구에서는 마른김 생산 이후에 이루어지는 가열 공정에 적용되는 적정 온도와 시간을 검토하는데 필요한 여러 가지 요소 중 선택 변화를 확인하기 위한 관능검사 과정에 가시광선 영역의 분광색차계의 적용 가능성을 확인하고자 가열 조건별 마른김 시료를 제조하여 측정 및 비교를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 분석 시료

마른김 시료는 전남 고흥 지역에서 생산된 것으로 100매 1속의 중량은 260g 이상인 것으로서 가로 200 mm, 세로 280 mm로 재래식 마른김 규격에 부합하는 시료를 사용하였다.

2. 가열 온도 및 시간별 가열 처리

준비된 마른김 시료를 균일하게 분배하여 50°C, 60°C, 70°C로 설정된 건조기(WOF-155, Daihan, Wonju, Korea)에서 1-2-3-4-5-6 시간 동안 가열 건조시켰다. 가열 온도 및 시간별 시료는 각각 10 장씩 회수하였으며, 밀봉 포장 후 실험 직전에 개봉하여 사용하였다.

3. 수분 감소율 측정

가열 온도 및 시간별 마른김 시료의 수분 감소율은 가열 시작 전 마른김 시료 10매의 중량을 기준으로 가열 후 감소된 중량을 반영하여 산출하였다.

4. 가시광선 spectrophotometer 측정

다양한 색도 측정방법 중 사람의 시각적 관능평가와 관련성이 높은 가시광선 영역(400~700 nm)의 색도를 측정하는 분광색차계를 사용하였으며, 마른김 시료의 가시광선 영역의 spectrum 측정은 pulsed xenon lamp를 광원 (D65)으로 장착한 CM-600d spectrophotometer (Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)로 실시하였다. Observer 각도는 2°를 적용하였으며, 측정 파장 범위는 400 ~ 700 nm로 10 nm 간격으로 reflectance 모드로 수행하였다. 측정 결과 검토는 SpectraMagic NX2 program (Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)을 활용하여 실시하였다. 가열 처리된

마른김의 중심 부위와 네 모서리 부위 등 매 장당 5 부위를 측정하였으며, 각 가열 온도 및 시간별로 총 50회의 측정 후 항목별로 평균값을 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 가열 조건별 마른김의 수분 감소율

마른김의 원료인 물김은 일반적으로 90%가 넘는 수분을 함유하므로 마른김을 제조하는 과정에는 수분을 건조시키는 공정이 필수적으로 포함된다. 이런 공정을 통해 제조된 마른김은 제조 공정이나 지역, 시기별로 차이는 있지만 20% 이하의 수분을 함유하는 것으로 알려져 있으며[5,16,17], 수산물의 품질인 증에 대한 국립수산물품질관리원의 고시에는 15% 이하의 수분 함량 기준이 제시되어 있다[3]. 한편, 마른김에 포함된 수분은 저장이나 가공 공정에서 품질에 영향을 미치는 요소이므로 일정 수준 이하로 관리할 필요가 있다[18,19].

가열 온도 및 시간별 수분 감소율을 측정하여 Figure 2에 제시하였다. 전반적으로 가열온도가 높을수록, 그리고 가열 시간이 길어질수록 수분 감소율이 증가되는 일반적인 결과를 나타냈으며, 60°C와 70°C로 가열한 마른김의 경우 가열 시간이 경과됨에 따라 유사한 수준의 수분 감소율을 보여주었다. 이는 초기 마른김 시료의 수분이 13.8%임을 감안하면 한계 수분에 가까워지면서 수분 감소율 격차가 줄어든 효과로 판단된다. 또한 동일한 목표 수분을 기준으로 50°C의 온도로 가열할 경우 상대적으로 더 긴 가열시간이 필요할 것으로 판단되었다.

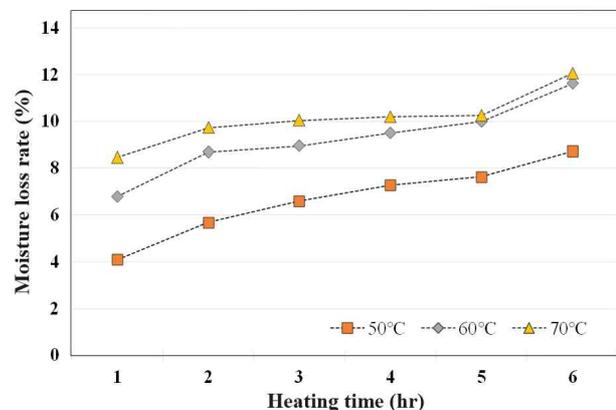


Figure 2. Moisture loss rate by heating temperature and time.

2. 가열 조건별 마른김의 시각적 비교

가열 온도 및 시간별 마른김의 표면 사진을 Table 1에 제시하였다. 가열 처리를 실시하지 않은 마른김 시료(Con)와 비교하면 가열 처리된 마른김 시료에서 나타난 시각적인 변화는 표면이 거칠어지면서 빛이 반사되는 부분이 증가가 나타난 것임을 알 수 있었다.

Table 1. Dried laver images according to heating temperature and time

Time (hr)	Drying temperature (°C)		
	50	60	70
1			
2			
3			
4			
5			
6			
Con*			

*Con; unheated sample (control).

이와 같은 변화는 가열로 인한 수분의 증발에 따라 나타나는 수축 현상에 따른 것으로 보여지며, 그 외의 뚜렷하게 나타난 색택의 변화는 관찰되지 않았다.

3. 가열 조건별 마른김의 색도 변화

일반적으로 마른김의 색도는 산지나 가공방법 등에 따라 차이가 나타나는 것으로 보고되고 있으며 [20,21], phycoerythrin, chlorophyll과 같은 색소 성분 함량의 변화를 일으키는 120°C 이상의 고온 처리나 수분이 높은 조건에서의 저장과 같은 조건에서 색도 변화가 확인될 수 있다[18,22].

가열 조건별 마른김 시료를 대상으로 분광색차계를 사용하여 측정된 색도를 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)로 구분하여 Figure 3, 4, 5에 제시하였다.

가열 온도 및 시간별 마른김의 명도(L*) 측정 결과에서 전체 시료의 값이 25.91 ~ 26.85의 범위로 나타났으며, 가열 시간에 따라 다소 증가되는 경향을 나타내기는 했으나 통계적으로 유의한 수준은 아니었다(Figure 3). 특히, 0~100 사이의 값으로 표현되는 L* 값의 범위 내에서 가열 온도나 시간에 따른 최대 변동 값이 미처리 시료(Con)의 L* 값인 26.33에 비해 -0.42에서 +0.52 수준으로 영향이 미미한 것을 확인할 수 있었다.

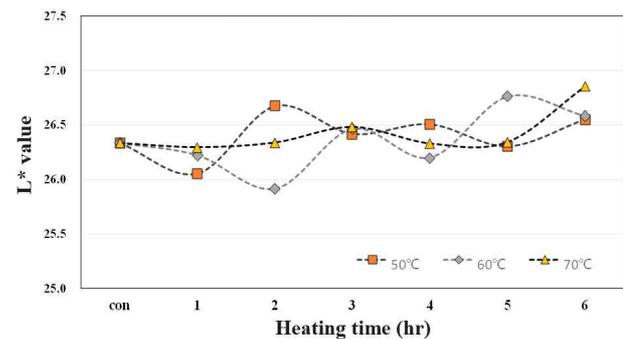


Figure 3. L* value changes by heating temperature and time. Values are mean (n=50).

가열 조건별 마른김의 적색도(a*) 측정 결과에서 전체 시료의 값이 1.578 ~ 2.438의 범위로 나타났으며, 50°C와 60°C 가열 조건에서는 유의한 변화가 나타나지 않는 것으로 확인되었다(Figure 4). 70°C 가열 조건에서는 5시간까지는 유사한 수준으로 나타났으

나 6시간 가열 조건에서 다소 증가되는 결과를 나타냈다. 다만, 적색도가 표현되는 -60 ~ +60 범위에서 미처리 시료(Con)의 a* 값이 1.932였으므로 측정된 가열 조건별 마른김 시료의 a* 값은 통계적으로 유의한 수준의 차이는 아닌 것으로 확인되었다.

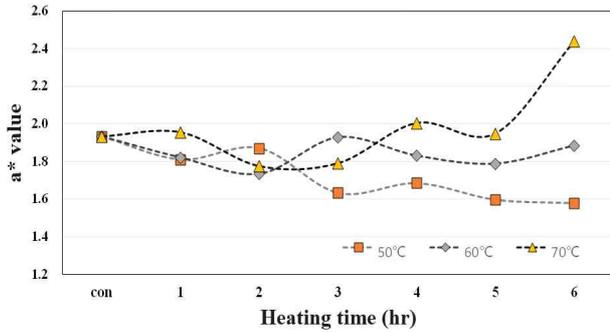


Figure 4. a* value changes by heating temperature and time. Values are mean (n=50).

가열 조건별 마른김의 황색도(b*) 측정 결과에서 전체 시료의 값이 1.432 ~ 2.650의 범위로 나타났으며, 가열 온도별로 5시간까지는 유의한 변화가 나타나지 않는 것으로 확인되었다(Figure 5). 70°C의 6시간 가열 조건에서만 다소 증가된 b* 값이 확인되었으나 적색도와 마찬가지로 황색도가 표현되는 -60 ~ +60 범위에서 미처리 시료(Con)의 b* 값이 1.776이었으므로 측정된 가열 조건별 마른김 시료의 b* 값은 통계적으로 유의한 수준의 차이는 아닌 것으로 확인되었다.

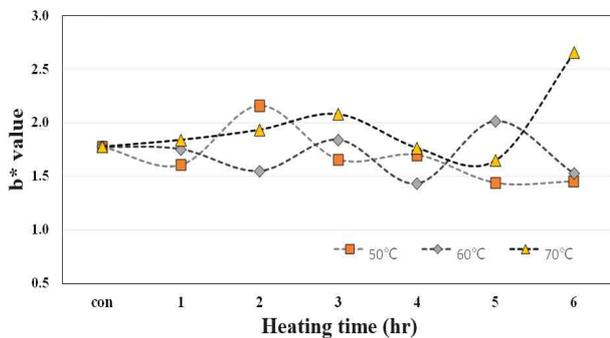


Figure 5. b* value changes by heating temperature and time. Values are mean (n=50).

한편, 일본에서 수행되었던 기존 연구에서 색도

항목 중 황색도(b*) 값과 관능평가 결과가 역의 상관관계가 있음이 확인되었다[23]. 이는 b* 값이 낮을수록 더 좋은 품질로 인정받을 수 있음을 의미하는 것으로 마른김의 가열 공정 관리에서 b* 값은 변화율이 낮게 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4. 마른김의 색도 변화

가열 온도 및 시간별 마른김 시료의 색택 변화를 확인하기 위해서 가시광선 영역의 반사율 spectrum을 추가로 측정하였다. Figure 6에 제시한 미처리 시료(Con)와 70°C 6시간 가열 시료의 spectrum 비교 결과에서 황색 ~ 적색의 파장 범위인 570 ~ 700 nm 사이에서 상대적으로 높은 반사율을 나타내고 있으며, 적색을 나타내는 파장 중에서도 680 nm 이상의 파장 조건에서 높은 반사율이 확인되었다.

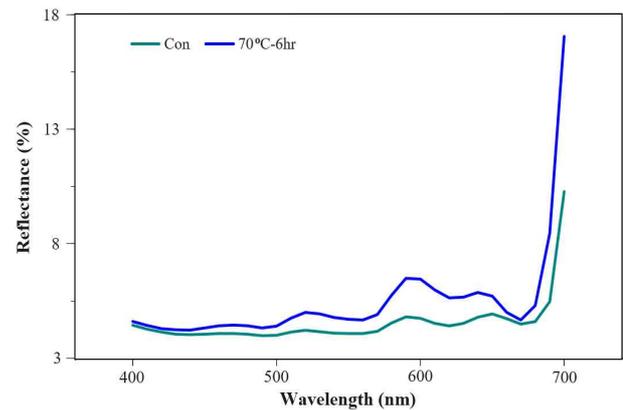


Figure 6. Reflectance spectrum of dried laver in the visible light region.

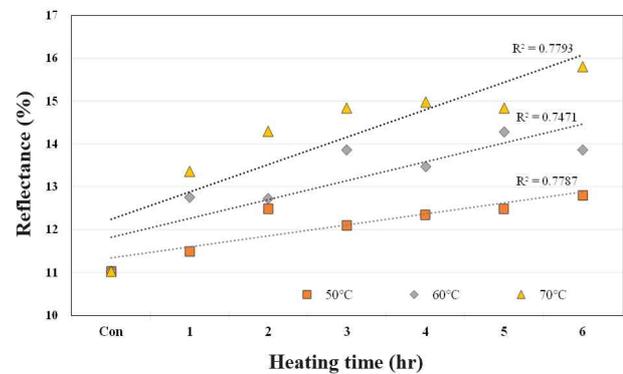


Figure 7. Reflectance changes in 700 nm by heating temperature and time. Values are mean (n=50).

Figure 6에서 보는 바와 같이 700 nm에서의 반사율은 미처리 시료(Con)의 반사율에 비해 현저히 증가되는 것이 나타남에 따라 700 nm에서의 가열 조건별 마른김 시료의 반사율을 비교하였다.

Figure 7에 제시한 가열 온도 및 시간별 마른김 시료의 700 nm 반사율 측정 결과에서 50°C, 60°C, 70°C 가열 온도 적용 시 가열 시간별 700 nm 반사율 증가 상관 관계가 각각 0.7787, 0.7471, 0.7793로 나타남에 따라 가열 온도 및 시간에 따른 마른김의 색택 변화를 비교하는 지표로서 활용이 가능할 것으로 판단되었다.

결 론

본 연구에서는 마른김 생산 이후에 이루어지는 가열 공정에서 발생될 수 있는 색택 변화를 확인하기 위해서 가열 조건별로 가시광선 영역의 분광색차계를 이용한 여러 가지 색도 항목에 대한 비교를 실시하였다. 가열 조건별 수분 감소율 측정에서 전반적으로 가열온도가 높을수록, 그리고 가열 시간이 길어질수록 수분 감소율이 증가되는 일반적인 결과를 나타냈으며, 60°C와 70°C로 가열한 마른김의 경우 가열 시간이 경과됨에 따라 유사한 수분 감소율을 나타냈다. 가열 온도 및 시간별 마른김의 표면 이미지 비교에서 가열 처리된 마른김 시료에서 나타난 시각적인 변화는 수축으로 인해 표면이 거칠어지면서 빛이 반사되는 부분의 증가였으며, 그 외의 뚜렷하게 나타난 색택의 변화는 관찰되지 않았다.

가열 조건별 마른김의 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*) 측정 결과에서 가열 조건별 마른김 시료의 색도 항목 값은 통계적으로 유의한 수준의 차이는 확인되지 않았다. 추가로 실시한 가시광선 영역의 반사율 spectrum 측정에서 적색 파장 영역인 680 nm 이상의 파장 조건에서 높은 반사율이 확인되었으며, 특히 700 nm에서의 반사율은 미처리 시료(Con)의 반사율에 비해 현저히 증가되는 것으로 확인되었다. 가열 온도 및 시간별 마른김 시료의 700 nm 반사율 증가 상관 관계가 0.7471 ~ 0.7793로 나타남에 따라 가열 온도 및 시간에 따른 마른김의 색택 변화를 비교하는 지표로서의 활용 가능성이 확인되었다.

References

1. Baek, E. Y. 2020. A study on the current state and problems of laver drying-processing industry. J. F. M. S. E. 32, 713-724.
2. Fisheries Outlook Center of Korea Maritime Institute. 2024. Monthly outlook report, https://www.foc.re.kr/web/obsbook/list.do?rbsIdx=37&cs_category=6
3. National Fishery Products Quality Management Service. 2022. <http://www.nfqs.go.kr/hpmp/qumg/actionQualityCertificationForm.do?menuId=M0000202>
4. Lee, K. H., Song, S. H. and Jeong, I. H. 1987. Quality changes of dried lavers during processing and storage 1. Quality evaluation of different grades of dried lavers and its changes during storage. Bull. Korean Fish. Soc. 20, 408-418.
5. Lee, K. I., Lee, G. J. and Yoon, Y. S. 2022. A study on the use of FT-NIR spectrophotometer for dried laver quality evaluation. J. Mar. Biosci. Biotechnol. 14, 69-75.
6. Park, J. W., Byun, K. S., Cho, S. Y., Kim, B. S. and Oh, J. H. 2019. A study on rapid color difference discrimination for fabrics using digital imaging device. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. 20, 29-37.
7. Seo, S. 2018. A Study on 3D Visualization for color analysis of multimedia data. J. Digit. Converg. 19, 1463-1469.
8. Smith, T. and Guild, T. 1931. The C.I.E. colorimetric standards and their use. Trans. Opt. Soc. 33, 73-134.
9. Kimball, J. W. 1993. Biology 6th Ed. Wesley Publishing Company.
10. Fairman, H. S., Brill, M. H. and Hemmendinger, H. 1998. How the CIE 1931 color-matching functions were derived from the Wright-Guild data. Color Res. Appl. 22, 11-23.
11. Tkalcic, M. and Tasic, J. F. 2003. Colour spaces: Perceptual, historical and applicational background. The IEEE Region 8 EUROCON 2003. Computer as a Tool, IEEE, Ljubljana, Slovenia, 304-308.
12. Jun, Y. J., Kim, J. H. and Jin, B. S. 2021. Development and characterization of O/W cosmetic formulations containing nipa palm (*Nypa fruticans* Wurmb) and finger root (*Boesenbergia pandurata*) extracts. J. Korean Appl. Sci. Technol. 38, 922-930.
13. Kusumaningrum, R., Manurung, H. M. and Arymurthy,

- A. M. 2014. CIELab color moments: Alternative descriptors for LANDSAT images classification system. J. INKOM. 8, 111-116.
14. Lee, T. S., Lee, H. J., Byun, H. S., Kim, J. H., Park, M. J., Park, H. Y. and Jung, K. J. 2000. Effect of heat treatment in dried lavers and modified processing. J. Korean Fish. Soc. 33, 529-532.
15. Lee, K. H., Ryuk, J. H., Jeong, I. H. and Jung, W. J. 1990. Quality changes of dried lavers during processing and storage 3. Changes in pigments, trypsin indigestible substrates(TIS) and dietary fiber content during roasting and storage. J. Korean Fish. Soc. 23, 280-288.
16. Nguyen, T. T., Choi, Y. J., Nguyen, T. H. P., Neri, T. A. and Choi, B. D. 2018. Changes in nutrient and pigment contents of laver *Pyropia yezoensis* based on heating process and storage. Korean J. Fish. Aquat. Sci. 51, 221-229.
17. Kim, K. W., Hwang, J. H., Oh, M. J., Kim, M. Y., Choi, M. R. and Park, W. M. 2014. Studies on the major nutritional components of commercial dried lavers (*Porphyra yezoensis*) cultivated in Korea. Korean J. Food Preserv. 21, 702-709.
18. Jo, K. S. 2003. Effect of storage conditions on quality stability of dried laver(*Porphyra tenera*). Korean J. Food Preserv. 10, 32-36.
19. Oh, S. J., Shin, M. S., Lee, K. A. and Choe, E. O. 2013. Effects of water activity on pigments in dried laver (*Porphyra*) during storage. Food Sci. Biotechnol. 22, 1523-1529.
20. Park, W. M., Kim, K. W., Kang, D. S., Bae, T. J. 2014. Studies on anion, element, chromaticity and antioxidant activities of commercial dried lavers (*Porphyra yezoensis*) cultivated in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 43, 323-327.
21. Lee, J. A. 2018. Comparative study on the physicochemical character of commercial dried laver in Korea. Culi. Sci. & Hos. Res. 24, 92-99.
22. Son, S. J. and Choe, E. O. 2014. Toasting effects on the lipid oxidation, antioxidants, and pigments of dried laver (*Porphyra* spp.). Korean J. Food Sci. Technol. 46, 677-681.
23. Tamano, M., Kitamura, H., Sasaki, H., Banba, Y., Yokoyama, E., Tanaka, T. and Noda, H. 1992. Quality evaluation of dried laver. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. 39, 357-362.