

월별 배추의 품질특성 비교

이혜진 · 민승기 · 황소정 · 서혜영*

세계김치연구소 연구개발본부

Comparison of the Quality Characteristics of Kimchi Cabbage (*Brassica rapa* L. spp. *Pekinensis*) by Month

Hye-Jin Lee, Sung gi Min, So Jeong Hwang, and Hye-Young Seo*

Research and Development Division, World Institute of Kimchi

Abstract

In order to compare the quality characteristics in accordance with the cultivation period of Kimchi cabbage, the growth, physicochemical, and microbial characteristics of Kimchi cabbage were analyzed and cluster analysis was performed. The cluster analysis produced 5 groups: May-June (I), July and October (II), August-September (III), November, December and January (IV), and February-April (V). The classification coincided mainly with the cultivation type of Kimchi cabbage. The characteristics of each group were examined through principle component analysis (PCA), and the results showed that the number of microorganisms in (I), the water content in (II) and (III), and the weight of head and free sugar content in (IV) and (V) were high. For the quality characteristics of the Kimchi cabbage, there was a high correlation between the head weight and the head formation index and between the solid content and the free sugar content. In particular, the solid content and the free sugar content can be expressed by a regression equation as Y (free sugar content) = $0.8195X$ (solid content) - 1.2451, and it is expected that the free sugar content can be estimated from the solid content of Kimchi cabbage. The quality characteristics of Kimchi cabbage by month based on this study are expected to be utilized as basic data for manufacturing kimchi.

Key words: Kimchi cabbage, cabbage, cultivation period, cultivation type, quality characteristics

서 론

배추(*Brassica rapa* L. spp. *Pekinensis*)는 십자화과 채소로 한국에서 가장 많이 소비되며, 전체 소비되는 채소량의 20-25%를 차지하고 있다(Ku et al., 2014). 2019년 기준 재배면적은 13,854 ha, 생산량은 1,339천톤에 달한다(Lee et al., 2019). 서늘한 기후에서 결구가 촉진되는 배추는 가을 재배가 적당한 엽채류로 과거에는 늦가을 김장배추로만 재배되었지만, 1970년대 후반부터 재배기술의 발달과 상품 김치 시장의 성장으로 봄, 여름, 겨울에도 재배되어 출하되고 있다(Lee, 2004). 배추 품질은 품종 등의 유전적인 요인 외에도 수확 후 관리, 저장방법에 영향을 받지만(Kim et al., 1998), 재배 기간 중의 환경적인 요인이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 특히, 십자화과 채소류의 2차 대사산물로 알려진 glucosinolate는 쓴맛에 관여하고,

기온이 높은 여름철에 재배한 배추에서 함량이 증가하는 것으로도 알려져 있다(Fenwick et al., 1983).

그 동안 배추 품질에 관한 연구는 품종별 배추에 관한 연구, 저장에 따른 특성 연구 등이 있지만(Lee et al., 2013), 월별 특성을 함께 비교한 연구는 시기별로 품종, 산지 등이 달라지는 어려움으로 인해 거의 수행되지 않았다. 배추는 봄, 여름, 가을, 겨울로 크게 4개 작형으로 나뉘는데 재배산지도 여름과 겨울을 제외하면 전국적으로 분포되며 동일작형이라도 노지재배, 하우스재배, 터널재배 등 다양한 방식으로 재배된다(Kim and Kim, 2015). 또한, 배추 생육이 어려운 한겨울과 수급이 어려운 여름철은 이전 작형의 배추를 미리 수확하여 저장하여 출하되는 경우도 있다(Park et al., 2009).

김치업체들은 배추 수확시기별로 품질특성에 맞춰 절임, 탈수 등의 공정조건을 달리 운영하지만, 대부분 경험이 많은 숙련자에 의존하거나 배추의 고품형 함량 등 단순한 품질지표를 측정하여 판단하는 등 체계적으로 관리되지 못하고 있다(Han, 2020). 배추는 시기별로 품종, 산지, 재배방법 등이 다르고 그로 인해 품질특성이 변하므로 표준화된 김치를 제조하기 위해서는 이러한 특성을 이해하고 대비할

*Corresponding author: Hye-Young Seo, Research and Development Division, World Institute of Kimchi, Gwangju 61775, Korea.
Tel: +82-62-610-1731; Fax: +82-62-610-1810
E-mail: hyseo@wikim.re.kr

Received March 25, 2021; revised May 16, 2021; accepted May 14, 2021

필요가 있다.

이번 연구는 월별 배추의 품질특성을 비교하기 위해, 품종과 재배산지는 잡음변수로 간주하고 재배시기에 따른 배추를 대상으로 생육특성과 수분함량, pH, 유리당 등의 이화학 및 미생물 특성을 평가하고 각 품질 인자 간의 상관관계를 조사하였다. 또한, 월별 배추 품질특성을 계층적 군집비교도 수행하였다. 본 연구는 재배시기가 다른 배추의 품질특성을 파악할 수 있는 기초자료로 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 시료는 2020년 관행적으로 재배한 배추로 두레청과(주)(Gwangju, Korea)에서 매월 둘째 주에 구매하였고, 시료는 무작위로 3개씩 추출하여 품질특성 실험에 사용하였다. 품종, 재배지역, 재배방법은 특정하지 않고 그 시기에 도매시장에서 구매할 수 있는 원료를 선택하였는데, 5-10월 배추품종은 사카다코리아(주)의 춘광, 11-4월 배추품종은 사카다코리아(주)의 휘파람으로 조사되었다.

생육특성

월별로 수확된 배추는 통배추 상태에서 구중을 측정하였고 반으로 이절한 배추로 잎의 수, 배추의 길이(구고)와 너비(구폭)를 측정하였다. 결구지수(head formation index)는 다음 식을 이용하여 산출하였다(Lee et al., 2013).

$$\text{Head formation index} = \frac{\text{weight (kg)}}{[\text{height (cm)} + \text{width (cm)}] \times 0.5} \times 100$$

수분, pH 및 가용성 고형분 함량

수분, pH, 가용성 고형분 함량 분석은 통배추를 세로 방향으로 1/4등분 하고, 가로와 세로를 0.5 cm 간격으로 일정하게 자른 뒤 외엽과 내엽이 골고루 섞일 수 있도록 균질화하여 시료로 사용하였다(Park et al., 2014). 수분 측정엔 시료 3 g을 정확히 채취한 후 105 °C 상압건조법으로 drying oven을 이용하여 향량이 될 때까지 건조하여 측정하였다. pH와 가용성 고형분 함량은 균질화된 시료를 블렌더(Hand Blender HHM-630, Hanil, Seoul, Korea)로 마쇄하여 멸균거즈(Sterile gauze No. 3, Soosung, Yangsan, Korea)로 여과한 액을 취하여 pH meter (Electrode ph gl bl14, SI Analytics, Mainz, Germany)와 굴절용 당도계(Atago, No. 90117, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

유리당 함량

유리당 함량은 pH 분석에 사용된 여과액을 0.45 µm membrane filter로 다시 여과한 뒤 분석에 사용하였다. 유리당 분석항목은 sucrose, maltose, fructose, glucose이

Table 1. HPLC analysis conditions

Parameter	Conditions
HPLC system	Dionex Ultimate 3000
Column	Sugar-pak (300×6.5 mm, Waters, Milford, MA, USA)
Mobile phase	Water
Flow rate	0.5 mL/min
Detector	Shodex RI-101
Oven temperature	70 °C

며 Bio-LC (ICS-3000, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 시험용액과 표준용액 10 µL씩 HPLC injector에 주입하여 얻은 peak의 면적을 구하여 검량선을 작성하여 유리당 함량으로 계산하였고, 분석을 위한 HPLC 조건은 Table 1과 같다(Choi et al., 2016).

미생물 균수

미생물 균수 측정은 시료 군별로 배추 시료 10 g을 채취한 후 멸균 필터백(Whirl-pak 1195, Madison, WI, USA)에 넣고 중량의 10배에 해당하는 0.85% saline 용액을 가하여 균질기(Bagmixer R400, Interscience, Saint Nom, France)로 60초간 균질화하였다. 이 시료 액을 1 mL 취하여 0.85% saline 용액으로 단계별로 희석한 다음 3M 건조 필름배지(3M™ Petrifilm, 3M, St.Paul, MN, USA)에 접종하였다. 총균수(Aerobic count plate), 유산균수(Lactic acid bacteria), 대장균균수(E.coli/Coliform), 진균수(Yeast/Mold)는 30 °C에서 48시간 배양시킨 후 집락 수를 계수하여 Colony forming unit (log CFU/g)으로 표시하였다(Lee et al., 2013).

통계분석

실험은 3번 반복하였으며 각 시료 간의 차이는 SPSS (Version 19.0, Chicago, IL, USA)를 이용하여 ANOVA 분석을 시행하고 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의차를 검증하였으며, Pearson's correlation으로 품질요인 간의 상관분석을 실시하였다. 이들 품질요인 간의 주성분분석(Principal component analysis)과 계층적 군집분석(hierarchical cluster analysis)은 MetaboAnalyst 5.0 (GNU software, Provo, UT, USA)을 사용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

생육특성

월별로 수확된 배추의 생육특성은 Table 2에 나타내었다. 배추의 잎수는 21.7-33.3장으로 11월 배추가 가장 많았고, 8월 배추가 가장 적었다. 구중은 2,138-5,035 g으로 월별로 2.4배까지 차이를 보였는데, 1월이 5,034 g로 가장 높

Table 2. Growth characteristics of Kimchi cabbage by month

Month	Cultivar	Number of leaf	Weight (g)	Height (cm)	Width (cm)	Formation index
January	Hwipalam	32.0±3.6 ^{ab1)}	5,034±945 ^a	31.5±1.4 ^{ab}	18.4±1.6 ^{abc}	20.1±2.8 ^a
February	Hwipalam	23.0±1.0 ^{cd}	4,470±488 ^{ab}	32.0±0.0 ^a	21.7±2.1 ^a	15.9±1.1 ^{abcd}
March	Hwipalam	24.0±1.7 ^{cd}	4,490±756 ^{ab}	30.7±0.6 ^{ab}	21.3±1.5 ^a	16.3±2.2 ^{abcd}
April	Hwipalam	26.7±2.3 ^{abcd}	4,056±392 ^{ab}	26.7±1.5 ^{de}	17.3±0.6 ^{bc}	18.5±2.1 ^{ab}
May	Choongwang	29.3±0.6 ^{abc}	2,868±155 ^{bcd}	26.0±1.0 ^{de}	16.7±0.6 ^{bce}	16.0±1.0 ^{abcd}
June	Choongwang	26.7±1.2 ^{abcd}	3,628±210 ^{bc}	29.7±0.6 ^{abc}	19.3±2.3 ^{abc}	14.8±0.4 ^{bcd}
July	Choongwang	25.7±3.1 ^{bcd}	3,291±54 ^{bcd}	29.7±0.6 ^{abc}	20.0±0.5 ^{ab}	13.2±0.5 ^{cde}
August	Choongwang	21.7±1.2 ^d	2,471±272 ^{cd}	28.6±0.8 ^{bcd}	13.1±1.9 ^{de}	11.9±0.8 ^{de}
September	Choongwang	22.0±1.0 ^d	2,138±66 ^d	27.1±0.9 ^{cd}	12.8±0.8 ^e	10.8±0.4 ^e
October	Choongwang	24.0±2.0 ^{cd}	2,471±343 ^{cd}	24.0±0.5 ^e	12.9±0.1 ^{de}	13.4±1.8 ^{cde}
November	Hwipalam	33.3±5.5 ^a	4,041±267 ^{ab}	30.2±1.7 ^{ab}	16.8±0.4 ^{bc}	17.2±0.8 ^{abc}
December	Hwipalam	28.7±1.2 ^{abcd}	3,710±558 ^{bc}	26.1±1.3 ^{de}	15.7±1.3 ^{cde}	17.7±1.8 ^{abd}

All values are the mean±SD.

¹⁾ Value within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

고 9월이 2,138 g으로 가장 낮았다. 구고와 구폭도 구중과 비슷한 경향을 보이는데 2월 배추가 구고 32.0 cm, 구폭 21.7 cm로 가장 크고 10월 배추가 구고 24.0 cm, 9월 배추가 구폭 12.8 cm로 가장 낮았다. 봄배추 품종에 관한 연구 (Lee et al., 2013)에서 배추의 평균 구고는 30.38 cm, 구폭은 20.25 cm로 조사되어 본 연구결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 월별 생육특성 분석 결과, 구중, 구고, 구폭 모두 계절별로 차이가 크고 동절기 배추가 하절기 배추에 비해 높은 것으로 나타났다. 월별 배추의 특성은 파종한 모종이 산지에 정식되어 재배되는 기간을 감안하면 수확 이전의 재배환경도 품질특성에 영향을 미친다. 따라서 10월 배추는 가을에 수확되었지만 하절기 배추의 특성을 더 띠는 것으로 판단된다. 결구지수는 구중, 구고, 구폭으로 산출되는 것으로, 배추의 결구도를 간접적으로 예측할 수 있는 값이다. 결구도가 높을수록 배추의 잎 간격이 좁다는 것을 나타내는데 절임 과정 중에 염수가 배추의 잎과 잎사이에 잘 침투되려면 결구도가 낮을수록 유리하다(Park et al., 2018). 월별 배추 간의 결구도는 2-5월 배추가 15.9-18.5, 6-9월 배추가 10.8-14.8, 11-12월과 1월 배추가 17.2-20.1로 계절별로 유사한 값을 나타내었다. 김치공장에서는 배추가 입고되는 시점에 품질을 검수하는데 결구도는 검수자의 주관적인 평가로 인해 편차가 발생할 수 있어 이러한 결구지수를 이용한다면 좀 더 객관적인 평가가 될 수 있을 것으로 판단된다(Lee et al., 2013).

수분, pH 및 가용성 고형분 함량

월별 배추의 수분함량, pH, 가용성 고형분 함량은 각 3개 시료를 3회씩 반복실험하여 측정값을 통계분석에 사용하였고 결과는 Table 3에 나타내었다. 수분함량은 91.5-97.0%로 최대 5.5%까지 차이를 나타내었다. 여름철인 7-9월 배추가 94.2-97.0%로 높은 함량으로 나타났고, 나머지 시기에는 91.5-93.8%로 분석되었다. 여름철 배추가 수분함

Table 3. Physico-chemical characteristics of Kimchi cabbage by month

Month	Water contents (%)	pH	Soluble solids (%)
January	93.1±0.8 ^{a1)}	6.63±0.26 ^a	5.30±0.24 ^{ab}
February	92.4±2.8 ^a	6.20±0.07 ^{de}	5.13±0.10 ^b
March	91.5±1.2 ^a	6.45±0.05 ^b	5.14±0.10 ^b
April	93.1±0.9 ^a	6.27±0.02 ^{cde}	5.84±0.31 ^a
May	93.7±0.3 ^{bc}	6.51±0.02 ^{ab}	4.41±0.13 ^{cd}
June	92.5±0.1 ^a	6.44±0.04 ^{bc}	3.95±0.13 ^{de}
July	94.2±0.2 ^{abc}	6.37±0.02 ^{bcd}	4.40±0.21 ^{cd}
August	96.4±0.5 ^{bc}	6.19±0.02 ^c	3.37±0.06 ^f
September	97.0±0.1 ^c	6.39±0.03 ^{bc}	3.68±0.16 ^{ef}
October	93.8±0.3 ^{bc}	6.36±0.07 ^{bcd}	4.55±0.23 ^c
November	92.2±0.3 ^a	6.47±0.04 ^b	5.71±0.24 ^a
December	92.0±0.1 ^a	6.40±0.02 ^{bc}	5.50±0.15 ^{ab}

All values are the mean±SD.

¹⁾ Value within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

량이 높은 이유는 해당시기의 잦은 강우와 높은 대기습도가 영향을 미친 것으로 생각된다. 1월부터 3월까지의 수분함량이 점차 낮아지는 경향이 확인되는데, 2, 3월은 월동 배추가 저장되어 출하되는 시기이므로 저온창고에서 수분함량이 감소되는 것으로 판단된다. Jeon et al. (2020)의 연구에 따르면 겨울배추 장기저장 시 중량이 8.62-15.71% 감소되었는데 이는 창고에서 냉풍에 의한 건조와 배추의 증산작용에 의한 것으로 본 연구결과도 동일한 원인에 의한 것으로 판단된다. 월별 배추의 pH는 6.19-6.63으로 수분함량이 낮은 시기에 높고 반대로 수분함량이 높은 시기에 pH가 낮은 경향을 나타내었으나, 월별로 뚜렷한 경향은 확인되지 않았다. 월별 배추의 가용성 고형분 함량은 3.37-5.83°Brix로 최소값과 최대값의 차이가 73%까지 차이를 보이는 것으로 나타났다. 다른 연구에서 고형분 함량은 봄배

추 2.73-3.37°Brix (Lee et al., 2013), 고랭지 여름배추 2.7-2.9°Brix (Eum et al., 2013)인 결과와 비교할 때 본 연구에서의 고형분 함량이 다소 높게 분석되었는데 이는 재배기 후와 환경요인에 따른 것으로 판단된다. 90% 이상의 수분을 함유한 채소류와 과일류는 고형분 함량을 당도로 나타내기도 하는데 김치공장에서도 이러한 방식으로 검사하여 규격을 관리하기도 한다(Choi et al., 2015). 본 연구결과도 고형분 함량이 유리당 함량과 높은 상관관계가 확인되므로 고형분 함량을 당함량 지표로 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 김치 제조업체에서 이를 활용해 완제품의 당 함량을 보정한다면 표준화된 김치를 생산하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

유리당 함량

배추의 유리당 함량 측정을 위해서 sucrose, maltose, fructose, glucose를 분석하였으나 maltose는 모든 구간에서 검출되지 않았고 sucrose, fructose, glucose 만이 확인되었다(Table 4). 또한, 5-10월 배추에서는 sucrose가 검출되지 않고 fructose, glucose만 확인되었다. Lee et al. (2013) 연구에서도 봄배추는 sucrose가 검출되지 않았는데 이와도 동일한 결과이다. 총 유리당 함량은 각각의 유리당 함량과 비례하며, 유리당의 구성비율 평균은 fructose 45.0%, glucose 51.8%, sucrose 3.3%로 나타났다. 김치에 당류를 첨가할 경우 이러한 비율로 적용하면 배추에서 유래하는 맛과 발효특성을 비슷하게 유도할 수 있을 것으로 생각된다. 총 유리당 함량의 월별 특성은 8월과 9월이 1.69-1.78%로 낮게 분석되었고 11월과 4월이 3.49%, 3.85%로 높게 분석되었다. 배추 품종별 품질특성 연구(Kim et al., 2000)에서 봄배추와 여름배추의 유리당 함량은 1.90-2.03%, 월동배추 품종특성 연구(Jeong et al., 1999)에서 유리당 함량은 3.78-4.63%로 분석되어 이번 연구에 해당되는 시기의 배추 유리당 함량과도 유사한 경향을 나타

내었다. 월별 배추의 이화학적 특성 결과를 종합하면, 연중 출하되는 배추 중에서 가을과 겨울배추가 유리당 함량이 높고 품질이 우수한 것으로 생각된다.

총균수, 유산균수, 대장균군 및 진균수

월별 배추의 미생물 수를 분석한 결과는 Table 5에 나타내었다. 총균수는 4.80-6.08 log CFU/g로 분석되었는데 6월과 7월 배추가 각각 5.44 log CFU/g, 6.08 log CFU/g로 높았고 2월 배추가 4.80 log CFU/g으로 가장 낮았다. 유산균수는 2.13-4.78 log CFU/g로 분석되었는데 5월이 4.78 log CFU/g로 높았고 3월이 2.13 log CFU/g로 가장 낮았다. 총균수와 유산균수는 봄배추에서 높고 가을과 겨울 배추에서 낮은 경향은 보였지만 상관관계가 완전히 일치하지는 않았다. 위생지표로 사용되는 대장균군은 2.54-5.27 log CFU/g로 분석되었는데 2월과 3월이 각각 2.78 log CFU/g, 2.54 log CFU/g로 낮았고 9월이 5.27 log CFU/g로 가장 높았다. 진균류수는 2.53-4.47 log CFU/g로 분석되었는데 4월이 4.47 log CFU/g로 가장 높았고 1월이 2.53 log CFU/g으로 가장 낮았는데 저장배추인 2, 3, 4월 배추는 1월보다 진균수가 점차 증가하는 경향을 나타내었다. Min et al. (2020)의 연구에 따르면 봄배추 장기저장 시 균수가 1-2 log CFU/g 가량 증가하였는데 이와도 일치하는 결과이다. 재배농법에 따른 국내산 배추의 위해 미생물 평가 연구(Oh et al., 2017)에 따르면 배추 100 cm² 당 엽표면의 총균수는 2.2 log CFU, 진균류는 1.7 log CFU, 대장균군은 1.0 log CFU로, 본 연구에서 검출된 미생물 수와 일부 차이를 보였는데 이는 재배시기와 미생물 함량이 높은 외엽이 산지에서 제거된 정도의 차이인 것으로 생각된다. 배추 저장 중에는 진균수가 증가하는데 진균수가 높은 배추로 김치를 제조하여 장기 발효하면 김치 상단에 하얀 집락을 보이는 곰파지를 생성하고 효소작용에 따른 무름 등이 발생할 수 있어 3, 4월 배추로 김치를 제조할 경우에는 이에 대한

Table 4. Free sugar contents of Kimchi cabbage by month

Month	Fructose (%)	Glucose (%)	Sucrose (%)	Total free sugar (%)
January	1.15±0.02 ^{e1)}	1.23±0.05 ^{bcd}	0.11±0.02 ^a	2.49±0.05 ^{bc}
February	1.53±0.07 ^b	1.81±0.13 ^a	0.09±0.02 ^a	3.43±0.21 ^a
March	1.53±0.21 ^b	1.61±0.31 ^{abc}	0.18±0.05 ^b	3.33±0.57 ^a
April	1.83±0.05 ^a	1.79±0.10 ^a	0.22±0.04 ^b	3.85±0.19 ^a
May	0.95±0.10 ^{cde}	1.09±0.11 ^d	0.00±0.00	2.04±0.21 ^{cd}
June	0.87±0.02 ^{cde}	1.17±0.03 ^d	0.00±0.00	2.04±0.05 ^{cd}
July	1.01±0.12 ^{cd}	1.22±0.16 ^{cd}	0.00±0.00	2.23±0.29 ^{cd}
August	0.70±0.01 ^e	0.98±0.01 ^d	0.00±0.00	1.69±0.01 ^d
September	0.79±0.12 ^{de}	0.98±0.17 ^d	0.00±0.00	1.78±0.29 ^{cd}
October	0.99±0.10 ^{cd}	1.22±0.16 ^{cd}	0.00±0.00	2.21±0.25 ^{cd}
November	1.48±0.09 ^b	1.67±0.10 ^a	0.33±0.40 ^{ab}	3.49±0.24 ^a
December	1.15±0.04 ^b	1.65±0.16 ^{ab}	0.10±0.02 ^a	3.19±0.18 ^{ab}

All values are the mean±SD.

¹⁾ Value within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

Table 5. Total microbial counts of Kimchi cabbage by month

Month	Total microbial count (log CFU/g)	LAB count (log CFU/g)	Coliform count (log CFU/g)	Fungi count (log CFU/g)
January	5.43±0.24 ^{ab1)}	2.92±1.33 ^{bcd}	3.73±0.19 ^d	2.53±0.46 ^d
February	4.80±0.08 ^a	2.22±0.62 ^d	2.78±0.08 ^{ef}	3.74±0.59 ^{abc}
March	5.68±0.21 ^{bc}	2.13±0.31 ^d	2.54±0.05 ^f	4.03±0.05 ^{abc}
April	5.51±0.20 ^{bc}	4.21±0.08 ^{abc}	4.10±0.02 ^{bcd}	4.47±0.08 ^a
May	5.44±0.34 ^{ab}	4.78±0.52 ^a	3.54±0.14 ^{de}	4.41±0.27 ^a
June	6.08±0.34 ^c	4.45±1.07 ^{ab}	4.84±0.47 ^{abc}	4.14±0.31 ^{ab}
July	5.97±0.13 ^c	2.99±0.01 ^{abcd}	3.33±0.31 ^{def}	4.14±0.05 ^{ab}
August	5.40±0.08 ^{ab}	4.30±0.23 ^{abc}	4.04±0.03 ^{cd}	4.12±0.06 ^{ab}
September	5.77±0.09 ^{bc}	3.59±0.20 ^{abcd}	5.27±0.39 ^a	3.89±0.02 ^{abc}
October	5.62±0.33 ^{bc}	2.63±0.33 ^d	4.99±0.54 ^{ab}	3.74±0.27 ^{abc}
November	5.63±0.26 ^{bc}	3.30±0.27 ^{abcd}	4.08±0.47 ^{bcd}	3.10±0.66 ^{cd}
December	5.17±0.28 ^{ab}	2.94±0.70 ^{bcd}	4.67±0.42 ^{abc}	3.23±0.27 ^{bcd}

All values are the mean±SD.

¹⁾ Value within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

Table 6. Correlation coefficients between quality factors of Kimchi cabbage

	Weight	Height	Width	Formation index	Number of leaves	Moisture	pH	Solid content	Total free sugar	Total bacteria	Lactic acid bacteria	Coliform	Fungi
Weight	1.000												
Height	0.590*	1.000											
Width	0.730*	0.664*	1.000										
Formation index	0.910*	0.244	0.450*	1.000									
Number of leaves	0.536*	0.084	0.169	0.648*	1.000								
Moisture	-0.637*	-0.223	-0.597*	-0.614*	-0.425*	1.000							
pH	0.424*	0.129	0.146	0.459*	0.612*	-0.214	1.000						
Solid content	0.661*	0.111	0.360*	0.758*	0.501*	-0.680*	0.210	1.000					
Total free sugar	0.565*	0.216	0.425*	0.582*	0.285	-0.634*	-0.057	0.860*	1.000				
Total bacteria	-0.260	-0.109	-0.054	-0.304	-0.044	0.164	0.220	-0.320	-0.406*	1.000			
Lactic acid bacteria	-0.270	-0.208*	-0.311*	-0.175	0.131	0.274	0.015	-0.416*	-0.422*	0.206	1.000		
Coliform	-0.505*	-0.588	-0.663*	-0.282	0.031	0.362*	0.051	-0.280	-0.402*	0.302	0.360*	1.000	
Fungi	-0.387*	-0.272	-0.015	-0.403*	-0.517*	0.141	-0.491*	-0.384*	-0.185	0.246	0.353*	-0.149	1.000

*Value within a column are significantly different ($p < 0.05$).

대비가 필요할 것으로 판단된다. 김치 원료에서 유리되는 초기 미생물 수는 발효에 영향을 줄 수 있으므로, 유리당 함량과 같이 배추의 초기균수는 표준화된 김치를 제조하는데 중요한 항목으로 관리할 필요가 있다고 생각된다.

품질특성 간의 상관관계 분석

월별 배추의 품질특성 간의 상관성을 확인하기 위해 통계분석을 시행하였으며 그 결과는 Table 6과 같다. Pearson 상관계수 분석결과, 구중과 결구율이 0.910으로 높은 상관관계를 나타내며 구중이 증가할수록 결구율이 증가하는 것을 알 수 있었다. 고형분 함량과 총 유리당 함량도 0.860으로 높은 상관성을 나타내었다. 고형분 함량은 원료의 유리당 함량을 측정하는 평가방법으로 현장에서 쉽게 활용할 수 있어 고형분 함량과 총 유리당 함량의 분석결과를 회귀식으로 나타내면, $Y(\text{유리당 함량}) = 0.8195X(\text{고형분 함량}) - 1.2451$ ($r^2 = 0.739$)로 도출되었고 이를 활용해 배추의 고형분

함량을 유리당 함량으로 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

주성분 분석과 계층적 군집 분석

월별 배추의 품질특성 결과를 주성분 분석과 계층적 군집 분석을 수행하였고 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 군집은 1, 2, 3, 4, 11, 12월 배추와 5, 6, 7, 8, 9, 10월 배추로 크게 나뉘었는데 이는 가을·월동배추와 봄·여름 배추로 구분되었다. 좀 더 세부적으로 분류하면 5-6월(I), 7월과 10월(II), 8-9월(III), 11-12월과 1월(IV), 2-4월(V)로 5그룹으로 나눌 수 있고 이를 배추 작형과 비교하면 I 그룹은 봄배추, II 그룹은 늦봄과 초가을의 준고랭지 배추, III 그룹은 여름 고랭지 배추, IV 그룹은 가을·월동배추, V 배추는 저장배추로 구분되었다. 주성분 분석을 통해 각각 그룹의 특성은 I 그룹은 미생물 수, II와 III 그룹은 수분함량, IV, V 그룹은 구중, 유리당 함량이 관련성이 높은 것으로 분석되었다. 월별 배추의 군집특성을 이해하면 해당 시기

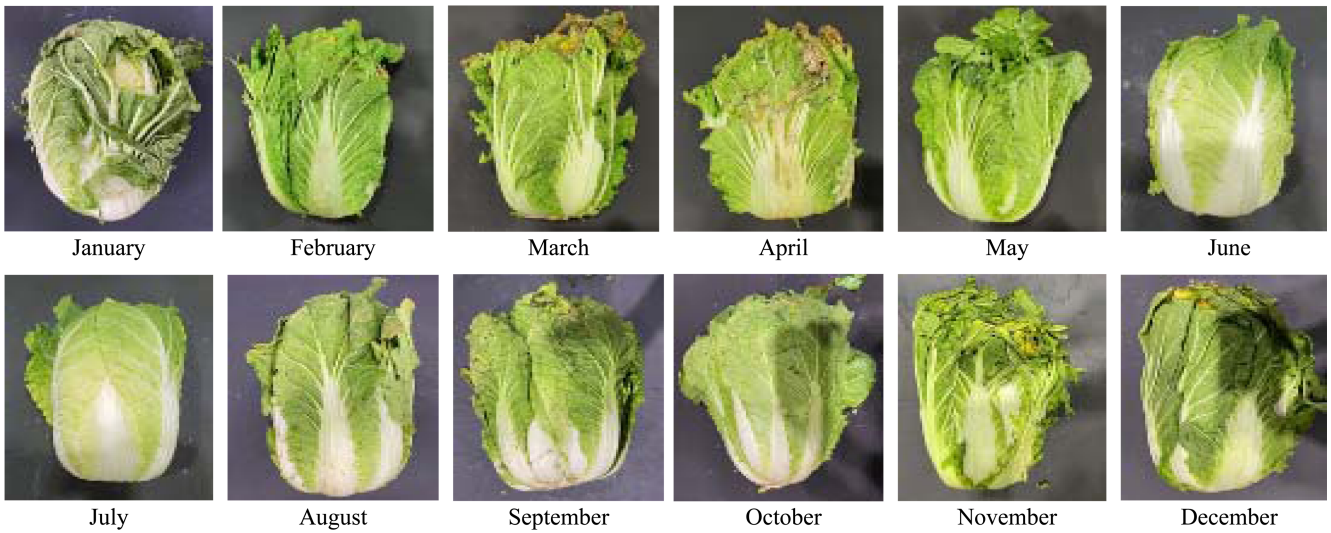


Fig. 1. Photographic images of kimchi cabbage by month.

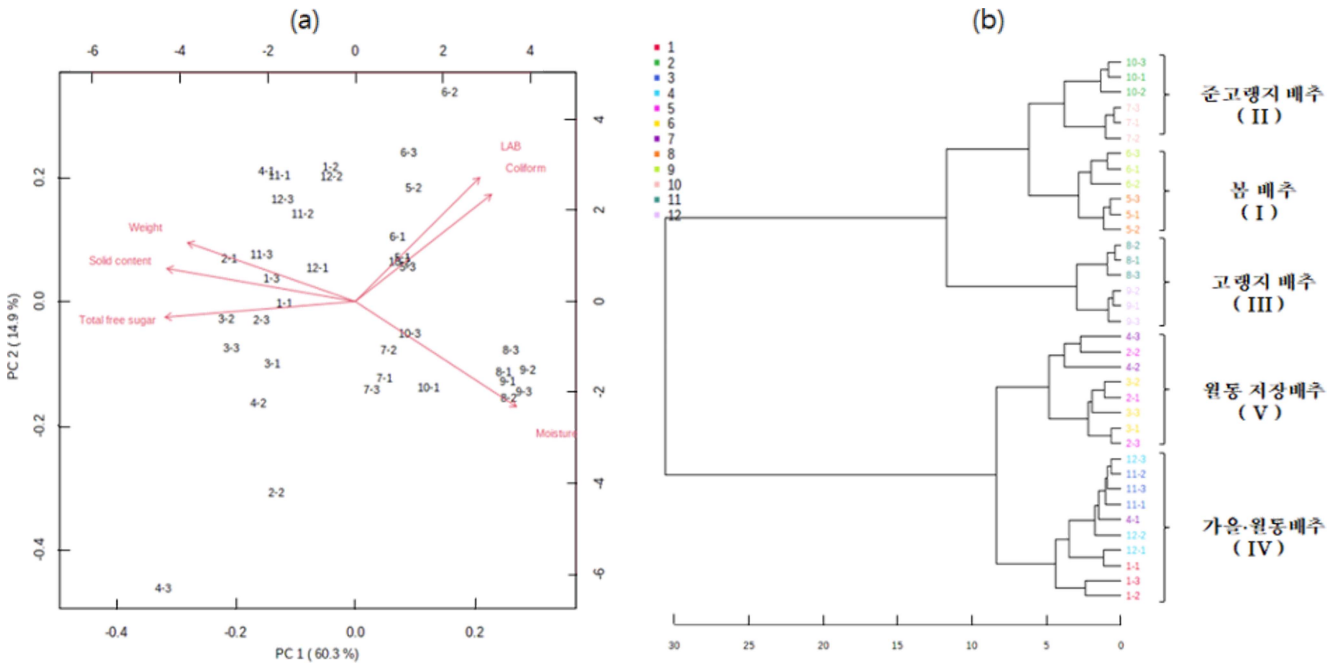


Fig. 2. Pricipal component analysis (a) and hierarchical cluster analysis (b) of physicochemical properties of Kimchi cabbage by month.

에 김치를 제조하는 데 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만, 배추 특성은 매년 재배되는 환경 및 여러 요인 등에 따라 달라지므로(Jeong et al., 2012), 앞으로 많은 데이터를 구축해야만 정확한 품질정보를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

배추 재배시기에 따른 품질특성을 비교하기 위해 월별 배추의 생육특성과 이화학특성, 미생물 특성을 분석하고

군집분석을 수행하였다. 군집특성은 5-6월(I), 7월과 10월(II), 8-9월(III), 11-12월과 1월(IV), 2-4월(V) 총 5그룹으로 분류되는데 이는 배추 작형과도 대부분 일치되었다. 주성분 분석을 통한 그룹별 특성의 경우 I 그룹은 미생물 수, II와 III 그룹은 수분함량, IV, V 그룹은 구중과 유리당 함량이 높은 것으로 분석되었다. 배추 품질특성에서 높은 상관관계를 보이는 항목은 구중과 결구율, 고형분 함량과 유리당 함량이었고, 고형분 함량과 유리당 함량을 회귀식으로 나타내면 $Y(\text{유리당}) = 0.8195X(\text{고형분 함량}) - 1.2451$ 로 나타낼 수 있는데 이를 활용해 배추의 고형분 함량으로 유

리당 함량을 추정할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구를 통한 월별 배추의 품질특성은 해당 시기에 김치를 제조할 때 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 세계김치연구소 기관고유사업(KE2102-2-2)의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Choi EJ, Jeong MC, Ku KH. 2015. Effect of seasonal cabbage cultivar (*Brassica rapa L. ssp. Pekinensis*) on the quality characteristics of salted-Kimchi cabbages during storage period. *Korean J. Food Preserv.* 22: 303-313.
- Choi YJ, Hwang YS, Hong SW, Lee MA. 2016. Quality characteristics of kimchi according to garlic content during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 1638-1648.
- Eum HL, Kim BS, Yang YJ, Hong SJ. 2013. Quality evaluation and optimization of storage temperature with eight cultivars of Kimchi cabbage produced in summer at highland areas. *Hortic. Sci. Technol.* 31: 211-218.
- Fenwick GR, Heaney RK, Mullin WJ, VanEtten CH. 1983. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *Rev. in Food Sci. and Nutr.* 18: 123-201.
- Han ES. 2020. Progress of Korea kimchi industry. *Food Sci. Ind.* 53: 422-434.
- Jeon JY, Ha SH, Min SG, Han ES. 2020. Effect of fungicide treatment and box unit wrapping in the storage of winter kimchi cabbage. *Food Eng. Prog.* 24: 343-349
- Jeong JH, Lee YS, Kim J. 2012. Optimizing a method for measuring firmness of Chinese cabbage (*Brassica rapa*) and comparing textural characteristics among cultivars. *Hortic. Sci. Technol.* 30: 700-708.
- Jeong S, Kim J, Kang E. 1999. Quality characteristics of winter Chinese cabbage and changes of quality during the kimchi fermentation. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6: 179-183.
- Kim JH, Kim KD. 2015. An outlook on Chinese cabbage production by cultivation type under the RCP8. 5 projected climate. *Proceedings of The Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology Conference: Korean J. Agric. For. Meteorol.* p. 183-186.
- Kim JY, Lee EJ, Park SK, Choi GW, Baek NK. 2000. Physico-chemical quality characteristics of several Chinese cabbage (*Brassica pekinensis* RuPR) cultivars. *Hortic. Sci. Technol.* 18: 348-352.
- Kim M, Hong G, Chung D, Kim Y. 1998. Quality comparison of Kimchi made from different cultivars of Chinese cabbage (*Brassica campestris var. pekinensis*). *J. Kor. Soc. Hortic. Sci.* 39(5): 528-532.
- Ku KH, Choi EJ, Jeong MC. 2014. Comparison of quality characteristics between seasonal cultivar of salted-Kimchi cabbage (*Brassica rapa L. ssp. Pekinensis*). *Korean J. Food Preserv.* 21: 512-519.
- Lee HS, Kim SK, Lee HJ, Lee JH, An S, Lee SG. 2019. Development of crop water stress index for kimchi cabbage precision irrigation control. *Hortic. Sci. Technol.* 37: 490-498.
- Lee J. 2004. A simplified method to evaluate major quality factors and its application to determine inheritability of tissue firmness and total soluble solids in Chinese cabbage. *Master's Degree Thesis, Chung-Ang Univ., Korea.*
- Lee KH, Kuack HS, Jung JW, Lee EJ, Jeong DM, Kang KY, Chae KI, Yun SH, Jang MR, Cho SD. 2013. Comparison of the quality characteristics between spring cultivars of kimchi cabbage (*Brassica rapa L. ssp. pekinensis*). *Korean J. Food Preserv.* 20: 182-190.
- Lee MA, Seo HY, Yang JH, Jang MS. 2013. Effect of squid and octopus on the quality characteristics of kimchi during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 2004-2011.
- Min SG, Jeon JY, Ha SH, Han ES. 2020. Effect of LDPE film packaging in the long-term storage of spring kimchi cabbage. *Food Eng. Prog.* 24: 376-382
- Oh SY, Nam KW, Yoon DH. 2017. Analysis of pathogenic micro-organism's contamination and heavy metals on Kimchi cabbage by cultivation methods in Korea. *J. Food Hyg. Saf.* 32: 500-506.
- Park SJ, Choi YB, Ko JR, Rha YA, Lee HY. 2014. Effects of drying methods on the quality and physiological activities of blueberry (*Vaccinium ashei*). *Culi. Sci. & Hos. Res.* 20: 55-64.
- Park SU, Chung YB, Park SH, Park HW, Han ES. 2018. Quality characteristics and kimchi processing ability of kimchi cabbage cultivars 'Cheonjincheongmayeop' and 'Chunkwang'. *Korean J. Food Preserv.* 25: 189-194.
- Park SY, Jung JK, Kang JM, Kim SH, Yang JY, Kang SA, Chun HK, Park KY. 2009. Monitoring of 160 kinds of pesticide residues in commercial baechu (Chinese) cabbage throughout the year. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 970-975.

Author Information

이혜진: 세계김치연구소 산업기술연구단 연구원
 민승기: 세계김치연구소 산업기술연구단 선임연구원
 황소정: 세계김치연구소 위생안전성분석센터 연구원
 서혜영: 세계김치연구소 위생안전성분석센터 책임연구원