Journal of Bio-Environment Control, 14(3):144-148, (2005)

비파괴적 엽색분석을 통한 케일 잎의 내적품질 평가

강호민* · 김일섭 · 원재희[1]
강원대학교 원예학과, [1]강원도 농업기술원

Evaluation of Internal Quality of Kale Leaf by Non-Destructive Color Measurement

Ho-Min Kang*, IL Sop Kim, and Jae Hee Won[1]
Dept. of Horticulture, Kangwon Nat. Univ., Chunchon 200-701, Korea
[1]Gangwon Provincial Agricultural Research and Extension Services, Chunchon 200-939, Korea

Abstract. Kale leaf had similar contents of vitamin C, NO_3, P, Ca, Mg, and Fe with reported values. Among these internal quality factors, NO_3 content which has been a concern recently, ranged from 139 to 429 mg in 100 g fresh kale leaf. Kale showed high vitamin C content ranging from 106 to 203 mg in 100 g fresh leaf. The relative concentration of chlorophyll and b value color had a high correlation coefficient (r) with vitamin C, NO_3, Mg and Fe content. The relationship between NO_3 content and the relative concentration of chlorophyll was given by the following linear equation: NO_3 content = 21.55 + (5.907 × the relative concentration of chlorophyll) with an r of 0.910**. Correlation between NO_3 content and b value was also very dependable (r = −0.901**). Vitamin C content and the relative concentration of chlorophyll showed a high correlation, r = −0.858**. Among internal quality factors, vitamin C content increased with decreasing NO_3 content and their correlation coefficient was high (r = −0.795**). Consequently, NO_3 content of kale leaf could be inferred from an external nondestructive method, such as the relative concentration of chlorophyll. We may be able to produce high quality kale leaves containing high amount of vitamin C and low content of NO_3 using this method.

Key words : NO_3, chlorophyll, vitamin C, quality of fresh leafy vegetable

*Corresponding author

서 언

케일은 비타민 C 함량이 매우 높아 영양적 가치가 높으며, 유해물질 배설과 혈중 콜리스테롤과 혈당 저하 등 보건적 효능이 우수하여 녹즙으로 주로 이용되었으며 최근 쌈으로도 널리 이용되고 있다(Park과 Ryu, 1998). 그러나 안전농산물에 대한 관심이 많아지면서 농약 잔류량과 함께 질산태 질소의 함량이 주목을 받고 있는데, 녹황색 채소에 그 함량이 많은 질산태 질소는 케일에 있어서도 문제가 된다. 질산태 질소는 과다할 경우 청색병(blue baby)을 일으켜 유럽연합(EU)이 상추와 시금치 등 주요 채소의 질산염 함량 허용기준치를 생산시기별로 1500~45000 ppm으로 규정하고, 세계보건기구(WHO)가 질산염의 1인당 1일 섭취 허용량을 219 mg으로 규정하고 있다(Ryu 등, 2002: Sohn, 1995). 우리나라에서도 식수용 지하수의 경우 질산태 질소의 함량을 10 ppm이하로 제한하고 있으나 농산물에 대해서는 아직 법적 제한을 두고 있지 않고 있으나 우리나라 국민은 WHO의 질산염 1일 섭취허용량의 1.77~3.37배나 많게 섭취하고 있으며 그 중 80.6~95.1%를 채소가 급원인 것이라고 한다(Sohn, 1995).

최근에 와서는 이러한 농산물의 안전성이 가장 중요한 품질요소로 자리 잡고 있으나 그 검사는 복합한 과정을 거치는 파괴적인 검사로 이루어지고 있어 재배 중이나 수확후 재배지에서 쉽게 측정할 수 없어 비파괴적인 품질 조사 방법이 요구되고 있다. 이러한 비파괴적 검사는 NIR 등을 이용한 연구가 많았으며 국내에서도 토마토의 과실의 a값과 당도에 관해 보고된 바 있었다(Kim과 Kim, 1998). 비파괴적 엽록소를 분석하는 상대적 엽록소계 또한 국내에서도 실지 엽록소 함

량과의 상관관계를 밝히는 실험이 있어 왔다(Sung 등, 1999). 그러나 비파괴적 품질 측정을 위한 외적 품질인 색과 내적 품질간의 상관관계를 직접 비교한 연구는 미흡하다.

본 연구는 비파괴적으로 분석한 케일 잎의 상대적 엽록소 함량 및 색분석 결과와 파괴적으로 측정한 질산염, 비타민 C 등 내적 품질간의 상관관계를 밝혀, 비파괴적으로 측정할 수 있는 외관상 품질을 통한 내적 품질 예측의 기본 자료로 삼고자 실시하였다.

재료 및 방법

강원대학교 원예학과 실험포장에서 재배된 케일(그린케일, 농우종묘)을 실험작물로 하였다. 2004년 8월 10일에 파종하여 8월 30일에 정식하였고, 살수관수 하여 11월 30일에 수확하였다. 정식전 구역별로 원예용 복합비료(N:P:K = 12:9:10)를 0, 25, 50, 100 kg · $10a^{-1}$ 수준으로 시비하였으며 검은색 폴리에틸렌 비닐로 멀칭하였다.

수확한 케일잎은 엽록소 측정기(SPAD-520, Minolta, Japan)로 12단계로 구별하여 냉동(-20도) 보관하였다. 12단계로 구별한 잎은 외적 품질로 상대적 엽록소 외에 색차계(NR-3000, Nippon Denshoku, Japan)로 엽색을 L 값(Lightness; Black = 0, White = 100), a 값(Red-Green; Red = +40, Green = -60), b 값(Yellow-Blue; Yellow = +60, Blue = -60)으로 조사하였다. 내적 품질로는 질산태 질소 함량은 Cataldo 등(1975)의 방법에 의해 UV/vis-spectrophotometer (Uvikon 942, Kontron Instruments, Italy)로 측정하였고, 원자흡광광도계(atomic absorption spectrohotometer, 13208 HPSF AAS, Hewlett Packard, USA)를 이용하여 K, Ca, Mg 함량을 조사하였다(NIAST, 2000). 비타민 C의 함량은 spectro-flurometer(SFM-25, Kontron, Germany)를 이용하여 분석하였다(Kang과 Park, 1998). 내적 품질 결과는 모두 100 g 생체내 mg 함량으로 표시하였다. 상관관계, 회귀식, 그리고 표준편차는 Microsoft Excel 2002 program을 이용 연구하였다.

결과 및 고찰

Decoteau(2000)의 보고에 의하면 케일 잎 가식 부위 100 g의 영양적 가치는 비타민 C가 130~186 mg, 마그네슘은 34~88 mg, 철이 2.7~3.4 mg, 인은 62~93 mg, 칼슘은 205~249 mg 수준이었는데 본 실험의 전체 평균은 모두 이들 범위 내에 있었다. 질산태 질소의 함량은 일반 관행 재배시 347 mg, 유기재배시에는 154~483 mg이라고 하였는데(Sohn 등, 1996), 본 실험 결과 평균 309 mg의 함량을 보여 이 역시 기존에 보

Table 1. The quality of kale leaves classified by the optical chlorophyll content.

Chlorophyll (SPAD unit)	Color			Content (mg/100 g FW)					
	L	a	b	NO_3	Vit.C	Mg	Fe	P	Ca
18	46.9	-9.7	20.1	139	190	33.6	1.09	124	84
32	45.6	-9.1	17.0	149	203	47.7	4.49	77	388
38	50.3	-9.4	14.4	229	187	44.8	1.94	60	150
42	41.6	-8.3	13.9	299	173	58.2	1.22	66	294
44	42.0	-6.6	9.7	379	169	95.8	1.35	56	113
48	38.1	-5.6	10.1	299	146	64.4	2.09	60	191
51	37.4	-4.2	6.2	287	125	41.5	2.24	103	172
57	40.2	-3.9	5.6	349	148	85.6	3.74	105	244
60	38.6	-3.8	5.8	349	156	68.8	4.99	71	383
61	40.2	-4.3	6.1	379	139	78.6	4.60	71	366
63	33.6	-1.5	4.7	415	132	68.4	4.87	97	197
69	37.7	0.7	-0.7	429	106	74.9	4.94	74	342
Aver.	41.0	-5.5	9.41	309	56	63.5	3.13	66	244

고와 유사한 수치였다(Table 1). Scharpf(1991)은 채소류 중 질산염 함량이 2000~5000 mg/100 g 수준인 작물을 고수준 작물로 분류하였으나 본 실험 결과 케일의 질산염 분포가 139~429 mg/100 g으로 나타나 질산염 함량이 저수준인 것으로 나타났다. EU의 질산염 함량 허용기준은 작물과 재배환경 등에 따라 다르나 대체로 875~4500 mg/100 g인데(Sohn, 1995), 본 실험에서 최고치가 단위 환산시 429 mg/100 g으로 이 범위이내에 있었다(Table 1). 그러나 케일의 이용 방법이 생체를 이용한 즙이나 쌈인 관계로 다량 섭취가 이루

Table 2. Correlation coefficients among 11 quality factors in kale leaf.

Chl(SPAD)	L	a	b	NO_3	Vit.C	Mg	Fe	P	Ca
Chlorophyll(SPAD unit)	−0.786**	0.923**	−0.969**	0.910**	−0.858**	0.635*	0.687*	−0.202	0.461
L		−0.846**	0.788**	−0.754**	0.831**	−0.449	−0.472	−0.084	−0.228
a			−0.962**	0.847**	−0.931**	0.526	0.668*	0.057	0.319
b				−0.901**	0.920**	−0.618*	−0.615*	0.099	−0.336
NO_3					−0.795**	0.802**	0.445	−0.274	0.220
Vit.C						−0.402	−0.436	−0.075	−0.162
Mg							0.321	−0.390	0.212
Fe								0.008	0.744**
P									−0.287
Ca									

*, ** Significant at 5% and 1% level, respectively (n = 12).

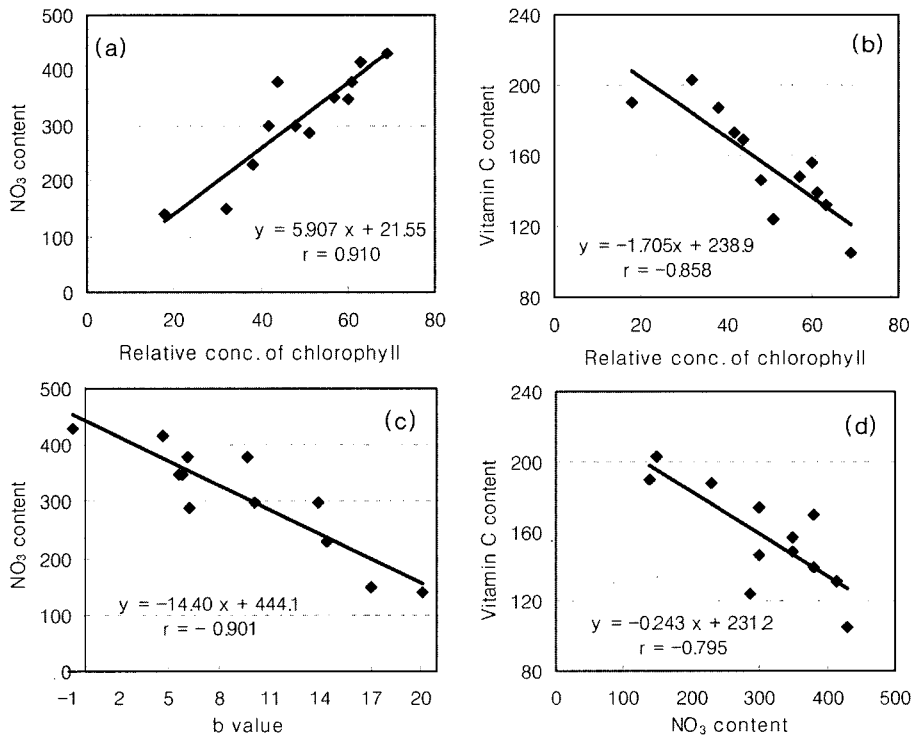

Fig. 1. Correlation between optical chlorophyll and NO_3 content (a), optical chlorophyll and vitamin C content (b), Fe content and Ca content (c), and NO_3 content and vitamin C content (d) of the kale leaf.

어지고 자칫 고농도의 질산염에 의한 청색증이나 기타 발암성인 nitrosamine에 의한 해를 입을 수도 있을 것이다.

비료 수준을 달리하여 재배한 케일의 상대적 엽록소 함량은 비료수준이 높을수록 진해졌으며 외관적 품질인 엽색과 고도의 상관관계를 보였는데 그 중 b 수치와의 상관계수(r)는 −0.969**로 모든 상관관계 중 가장 높았다. 무기물 중에는 엽록소의 구성요소인 마그네슘과 엽록소 내 단백질과 전체 80%가 결합되어 있는 철과도 높은 상관관계($P < 0.05$)를 보였다(Table 2). 외관적 품질과 내적 품질과의 관계에서 가장 높은 상관을 보인 것은 상대적 엽록소 함량과 질산염 함량으로 r = 0.910**이었으며, 질산염 함량 = 5.907* 상대적 엽록소 함량 + 21.55의 관계식이 성립하였다(Fig. 1a). 또한 상대적 엽록소 함량은 내적 품질 중 비타민 C와 r = −0.858**로 고도의 상관관계($P < 0.01$)를 보여 비타민 C 함량 = −1.705* 상대적 엽록소 함량 + 238.9의 관계식이 성립되었다(Fig. 1b).

상대적 엽록소와 상관관계를 보인 이들 질산염, 비타민, 철은 엽색 a와 b, 그리고 마그네슘은 b와 상관관계를 보였으며 그 정도 또한 상대적 엽록소 함량과 유사하였다. 또한 황색과 청색의 정도를 나타내는 b값은 질산염 함량 = −14.4* b 수치 + 441.1 (r = −0.901**)의 관계식을 구할 수 있었다(Fig. 1c). 이러한 결과는 일반적으로 색차계의 표시값인 a가 적색과 녹색의 정도, b가 황색과 청색의 정도를 나타내는 수치이기 때문이며, 또한 상대적 엽록소 측정 원리가 엽록소에 민감한 파장대인 650 nm와 둔감한 파장대인 940 nm 대역의 빛을 발광다이오드(light emitting diodes)를 이용하여 발생시키고, 이 빛을 2×3 mm 창으로 통과하게 한 후 두께가 1.2 mm 이내의 벼 잎을 통과한 빛 강도로 측정하기 때문이다(Sung 등, 2003).

잎의 질산염함량과 다른 품질간의 상관관계에서는 비타민 C와 r = −0.795**로 고도의 음의 상관관계를 나타냈으며 비타민 C 함량 = −0.243* 질산염 함량 + 231.2의 회귀식을 얻을 수 있었다(Fig. 1d). Mazafar(1993)에 의하면 원예산물에 있어 체내 질산태 질소의 함량과 비타민 C 함량은 역의 상관관계를 보인다고 하는데, 결구 상추의 경우 외엽으로 갈수록 질산태 질소의 함량은 감소하나 이에 정반대로 비타민 C 함량을 증가하였다. 시금치의 경우도 비료를 달리 시비한 실험에서 질산염 함량과 비타민 C 함량은 역의 상관을 보였다. 또한 Park 등(1997)의 보고에서도 잎파 내 양액농도 처리에 의해 엽내 질산염 함량이 증가할 경우 이에 반하여 비타민 C 함량이 감소하였다. 따라서 케일의 경우 엽내의 질산염 함량을 줄이는 것이 비타민 C 함량을 높이는 방법이 될 것이라 생각된다. 채소류가 가지는 보건적 가치는 여러 방면에서 그 중요성이 커지고 있으며, 여러 연구 논문에서 높은 질산염 함유하고 있음에도 채소의 다량 섭취가 암발생, 특히 위암 발생을 줄여준다고 한다(Block과 Langseth, 1994; Schuddeboom, 1993; Steinmetz와 Potter, 1991). 특히 케일은 항암능력이 큰 비타민 C의 함량이 오렌지에 2배 이상인 생체 100 g당 130~186 mg 수준이어서 보건적 가치가 매우 크다고 하겠다. 따라서 케일과 같이 녹황색 채소가 가지는 반 보건적 인자인 질산염 함량을 기준 이하로 관리하는 것은 채소류의 소비를 촉진하여 농민의 소득을 증대시키면 또한 국민 건강증진을 동시에 가져올 수 있는 길이라고 본다.

이상의 결과에서 케일 잎의 질산염 함량은 엽색과 매우 높은 상관관계를 보였으며, 특히 상대적 엽록소 함량으로 예측할 수 있는 수준(r = 0.910**)이었으며, 황색과 청색의 정도를 나타내는 b값도 높은 수준의 상관관계(r = −0.901**)를 나타내었다. 따라서 재배 중 엽색의 정도로 질산염 함량을 예측하여 시비를 달리함으로써, 저 질산염 함량 케일을 생산할 수 있을 것이라 생각된다. 나아가 녹황색 채소의 질산염 함량 조절에 비파괴적 방법으로 이용 가능할 것으로 보인다.

적 요

케일 잎의 내적 품질 중 비타민 C, 질산염, P, Ca, Mg, Fe 함량은 기존의 보고와 유사하였고, 이중 채소 품질로서 가장 큰 관심이 되고 있는 질산염은 100 g 생체 중 139~429 mg으로 나타났으며, 비타민 C 함량은 역시 생체 100 g당 106~203 mg으로 나타났다. 상대적 엽록소 함량과 케일 잎의 내적품질과 엽색과의 관계를 분석해 본 결과 상대적 엽록소와 b 수치가 내적 품질 중 질산염, 마그네슘, 철과 같은 엽록소와 관계 깊은 요인, 그리고 비타민 C 함량과 높은 상관관계를 보였다. 이 중 질산염 함량은 상대적 엽록소 함량과 r = 0.910** (질산염 함량 = 5.907* 상대적 엽록

소 함량 +21.55), 그리고 b 수치와는 r=-0.901**의 고도의 음의 상관관계를 나타내었다. 비타민 C 함량도 상대적 엽록소와 r=-0.858**의 고도의 상관관계를 보였다. 내적 품질간의 상관관계에서는 질산염 함량이 적을수록 비타민 C 함량이 높아져 r=-0.795**의 고도의 음의 상관관계를 보였다. 따라서 재배중 비파괴적인 상대적 엽록소 측정으로 케일 잎의 질산염 등의 내적 품질의 예측이 가능하며 이를 통한 시비관리로 보건적 가치가 높은 저 질산염, 고 비타민 C의 케일 생산이 가능해 질 것이라 생각된다.

주제어 : 질산염, 엽록소, 비타민 C, 신선 엽채류의 품질

사 사

본 연구는 강원대학교 신임교수 일반연구비(2004)에 의해 수행되었음.

인 용 문 헌

1. Block, G. and L. Langseth. 1994. Antioxidant vitamins and disease prevention. Food Technol. 7:80–84.
2. Cataldo, D.A., M. Harron, L.E. Schrader, and V.L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commu. Soil Science and Plant Analysis 6:71–80.
3. Decoteau, D.R. 2000. Vegetable crops. Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA. p. 180–181.
4. Kang, H.M. and K.W. Park. 1998. Effects of packaging methods and handling temperatures on postharvest quality during storage of cucumber J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:9–12 (In Korean).
5. Kim, H.J. and Y.S. Kim. 1998 The Relationship between sweetness and iIrrigation according to integrated solar radiation in substrate culture of cherry tomato. J. of Bio–Environment Control 7:144–150.
6. Mozafar, A. 1993. Plant vitamins: Agronomic, physiological and nutritional aspects. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. p. 196–199.
7. National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST). 2000. Analysis method of soil and plant. NIAST, Suwon, Korea. p. 103–142 (In Korean).
8. Park, K.W. and K.O. Ryu. 1998. Funtional property and health stuffed vegetables. Herbworld, Seoul, Korea. p. 172–175 (In Korean).
9. Park, K.W., J.H. Lee, Y.G. Park and H.M. Kang. 1997. Effects of NO_3–N concentration in nutrient solution on growth and nitrate contents of welsh onion *(Allium fistulosum* L.). Horticultural Abstracts 15:123–124 (In Korean).
10. Ryu S.N., S.M. Sohn, and M.E. Park. 2002. Harmony of agriculture with environment. Korea National Open University Press, Seoul, Korea p. 212–213 (In Korean).
11. Scharpf, H.C. 1991. Nutrient influences on the nitrate content of vegetables. Proc. Fertilizer Soc. 1991 Conference in London, Dec., 19. No. 313, p. 25.
12. Schuddeboom, L.J. 1993. Nitrate and nitrites in foodstuffs. Council of Europe press, Belgium, p. 53–63.
13. Sohn, S.M. 1995. Limit value of Nitrate Content and Daily Nitrate Intake by Vegetables. J. Kor. Soc. of Organic Agriculture 4:45–61 (In Korean).
14. Sohn, S.M., Y.G. Lee, D.H. Han, and Y.H. Kim. 1996. NO_3 accumulation in rhizosphere and edible parts of chinese cabbage, lettuce and kale by different farming methods in farm level. Daesan Research Papers 4:143–152 (In Korean).
15. Steinmetz, K.A. and J.D. Potter. 1991b. Vegetables, fruit and cancer. II. Mechanism. Cancer Causes and Control, 2:427–442.
16. Sung J.H., S.O. Chung, D.H. Lee, and S.R., Suh. 1999. Sensor design for chlorophyll contents and luxuriance of rice spectrum analysis. Proc. Kor. Soc. for Bio–Environment Control. 1999 Fall Conference. 8:75–78 (In Korean).
17. Sung J.H., S.R. Suh, W.P. Park, I.G. Jung, S.C. Kim, and C.K. Lee. 2003. Measurement of variability of chlorophyll contents in paddy fields using two kinds of chlorophyll meters. J. Kor. Soc. Agricul. Mach. 28:245–252 (In Korean).