

PLANT & FOREST

Analysis of the amino acid contents in the various parts of the forage corn 'Gwangpyungok'

Jeong Sung Jung¹, Won Ho Kim¹, Jin-Woong Cho², Ki-Choon Choi^{1*}

¹Grassland and Forages Division, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 31000, Korea

²College of Agricultural & Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: choihw@korea.kr

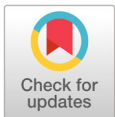
Abstract

In this study, we analyzed the amino acid contents of corn to provide basic data for promoting the use of proteins in livestock. The present study was done to examine the amino acid contents of the corn 'Gwangpyungok' grown in a natural field at the National Institute of Animal Science, Cheonan province, Korea, in 2016. Gwangpyungok, which is Korean corn cultivar, was used as the sample to provide basic data for promoting the use of proteins in livestock by analyzing the amino acid contents of each part of corn as a breed that is adaptable to the environment of Korea. The asparagine acid content was the highest in the leaf blade among the parts of corn, and the glutamic acid content was the highest in the corn ear, stem, leaf sheath, corn bract and inflorescence. The essential amino acids in the corn ear, leaf blade and inflorescence revealed that their contents were in the following order: leucine > phenylalanine > valine > threonine > lysine > isoleucine, and in the inflorescences and stem, leaf sheath and corn bract, their contents were in following order: leucine > valine > phenylalanine > threonine > lysine > isoleucine. Therefore, further research on the nutritional aspects of forage must be performed because livestock growth is influenced by the nutritive value of the various parts of forage.

Keywords: amino acid, corn, nutritive value

Introduction

옥수수는 전 세계적으로 중요한 식량 작물인 동시에 가축용 조사료로 활용되고 있다. 최근에는 신생에너지 원료로서 중요성이 매우 높기 때문에 한층 더 중요한 작물로 취급되고 있다(Edgerton, 2009). 그러나 옥수수는 타 작물에 비해 수량 및 사료가치가 높고 사일리지 조제가 용이한 장점을 갖고 있기 때문에 전 세계 축산농가는 매우 중요한 조사료 작물로 활용하고 있다(Khan et al., 2015). 옥수수를 가축용 사료로 이용하기 위해 영양소의 화학적 조성(Son et al., 2009), 사일리지 제조 기술 개발(Choi et al., 2011) 및 국내외 육성품종과 도입품종간의 생육특성 비교(Kim et al., 1999; Lee et al., 2006) 및 육성품종의 지역별 적응시험(Lee et al., 2003) 등 다양한 접근을 시도하였다. 2001년에 육성된 사료용 옥수수 품종인 광평옥은 채종이 안정적이며, 후기 녹색성이 우수하고 다수성이며 이삭비율이 높은 단교잡종으로 제주도를 제외하고 우리나라 전지역에서 재배 가능



OPEN ACCESS

Citation: Jung JS, Kim WH, Cho JW, Choi KC. 2018. Analysis of the amino acid contents in the various parts of the forage corn 'Gwangpyungok'. Korean Journal of Agricultural Science. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180069>

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180069>

Received: May 10, 2018

Revised: September 17, 2018

Accepted: September 19, 2018

Copyright: © 2018 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한 품종이다(Moon et al., 2001).

단백질(protein)은 모든 살아있는 생물체를 구성하는 고분자 유기물로서 다양한 아미노산으로 연결되어 있으며 대부분 위장에서 소화과정을 통해 아미노산이 분해되기 때문에 체내에서 중요한 영양소이다(Henikoff and Henikoff, 1992; San Gabriel and Uneyama, 2013; Zolotarev, 2014; Uneyama et al., 2016) 아미노산은 사료의 가치를 결정하는 중요한 지표로 이용될 뿐 아니라 아미노산 소화율은 단백질의 생물학적 이용성의 지표(Han and Parsons, 1990; Lemme et al., 2004)로 알려져 있다. 아미노산 함량은 사료원료 등에 의해 영향을 받기 때문에 아미노산 이용율을 고려하지 않고 화학 분석에 의한 아미노산 함량으로 사료를 제조하게 되면 영양소의 과부족과 경제적 손실이 야기된다고 알려져 있다(NRC, 1994). 일반적으로 아미노산 함량은 초종 및 가공방법 등에 의해 영향을 받기 때문에 화학분석에 의한 아미노산 함량의 조사는 매우 중요하고 또한 가축이 필요한 요구량을 정확히 충족시킬 수 있다(NRC, 1994). 그러나 이처럼 단백질이 중요한 것을 제시하였지만 조사료원으로 많이 이용하고 있는 옥수수의 부위별 아미노산 함량에 대한 조사 연구는 국내외적으로 수행되지 않았다.

우리나라의 경우 2000년대 중반까지 대부분의 사료용 옥수수는 수입산에 의존하여 재배되었으나 곡물자급률을 높이고, 수입종의 사료용 옥수수를 국산으로 대체하기 위해 광평옥(2000년) 등 많은 우수 국산 사료용 옥수수 품종이 개발되어 국내산 사료용 옥수수 재배면적이 증가하였다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 환경에 적응성이 뛰어나고 쓰러짐에 강한 품종으로 국내에서 육성한 광평옥을 이용하여 옥수수의 부위별 아미노산 함량을 분석하여 가축의 단백질 이용을 촉진하기 위한 기초자료로 제공하기 위해서 수행하였다.

Materials and Methods

옥수수 재배 및 시료 준비

본 연구는 사료용 옥수수 품종 '광평옥'을 이용하여 충남 천안시에 위치한 국립축산과학원 축산자원개발부 사료작물 재배지에서 실시하였다. 옥수수 파종은 2016년 4월 25일에 실시하였으며, 2016년 8월 20일에 예취한 다음 부위별로 분리하여 65°C 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이상 건조한 다음 20 mesh mill로 분쇄하여 시료를 준비하였다. 본 연구에서는 옥수수 20개를 이용하여 부위별로 분리한 다음 부위별 구성 비율을 계산하였다.

아미노산 분석

아미노산 함량 분석을 위하여 시료 5 g과 6 N HCl 40 mL를 둥근 플라스크에 넣고 혼합한 다음 110°C에서 24시간 동안 질소가스를 주입하여 가수분해하였다. 염산을 50°C에서 증발 농축시킨 다음 농축시료는 0.2 N sodium citrate buffer (pH 2.2) 50 mL를 넣어 희석시키고 여과지(0.45 µm)로 여과하였다. 여과한 시료(30 µL)는 아미노산 분석기(Model 835, Hitachi, Japan)를 이용하여 분석하였다.

Results

암이삭의 아미노산 함량

암이삭의 아미노산 함량은 glutamic acid가 가장 높은 함량을 보였으며 leucine, proline, asparagine = alanine, serine 순으로 나타났다. 필수 아미노산 중에서 leucine이 가장 높은 0.98%의 함량을 보였고, 그 다음에 phenylalanine, valine, threonine, lysine 및 isoleucine 등이 0.2 - 0.5% 정도 함량을 보였으며, 특히 methionine과 histidine은 약 0.2

-0.5% 정도 함량을 보였다(Table 1).

잎의 아미노산 함량

옥수수 잎의 아미노산 함량은 asparagine가 가장 높은 함량을 보였으며, glutamic acid, leucine, alanine 및 phenylalanine 순으로 나타났다. 필수 아미노산 중에서 leucine이 가장 높은 0.93%의 함량을 보였고, phenylalanine, valine, threonine, lysine 및 isoleucine등은 0.4 - 0.6% 정도였으며, 특히 methionine과 histidine은 약 0.2% 정도 함량을 보였다(Table 1).

줄기의 아미노산 함량

옥수수 줄기의 아미노산 함량은 glutamic acid가 가장 높은 함량을 보였으며 asparagine, leucine, alanine 및 serine 순으로 나타났다. 필수 아미노산 중에서 leucine이 가장 높은 0.24%의 함량을 보였으며, 그 다음에 valine, phenylalanine, threonine, isoleucine 및 lysine은 0.1% 정도 함량을 보였다. 또한 histidine 및 methionine등은 0.04 - 0.05% 정도의 함량을 보였다(Table 1).

잎집의 아미노산 함량

옥수수 잎집의 아미노산 함량은 glutamic acid가 가장 높은 함량을 보였으며 asparagine, leucine, alanine 및 serine 순이었다. 필수 아미노산 중에서 leucine이 가장 높은 0.34%를 보였으며, 그 다음에 phenylalanine = valine, threonine, lysine, isoleucine, methionine 및 histidine등이 0.1 - 0.2% 정도의 함량을 보였다(Table 1).

포엽의 아미노산 함량

옥수수 포엽의 아미노산 함량은 glutamic acid가 가장 높은 함량을 보였으며 asparagine, leucine, alanine 및 serine 순으로 나타났다. 필수 아미노산 중에서 leucine이 가장 높은 0.29%의 함량을 보였고, 그 다음에 valine, phenylalanine, threonine, lysine, isoleucine, histidine 및 methionine등이 0.1 - 0.2% 정도의 함량을 보였다(Table 1).

Table 1. Amino acid content of the parts of the forage corn.

Amino acids	Corn ear (%)	Corn bract (%)	Leaf sheath (%)	Leaf (%)	Stem (%)	Inflorescence (%)
Cystine	0.189 ± 0.006 ^z	0.079 ± 0.007	0.166 ± 0.008	0.099 ± 0.003	0.055 ± 0.005	-
Methionine	0.186 ± 0.003	0.050 ± 0.006	0.180 ± 0.009	0.063 ± 0.004	0.036 ± 0.007	-
Asparagine	0.618 ± 0.009	0.309 ± 0.041	1.594 ± 0.112	0.484 ± 0.025	0.268 ± 0.013	0.480 ± 0.056
Threonine	0.336 ± 0.003	0.163 ± 0.017	0.500 ± 0.011	0.205 ± 0.013	0.124 ± 0.007	0.262 ± 0.021
Serine	0.464 ± 0.010	0.210 ± 0.016	0.538 ± 0.013	0.249 ± 0.014	0.162 ± 0.010	0.315 ± 0.036
Glutamic acid	1.494 ± 0.031	0.453 ± 0.042	1.221 ± 0.042	0.553 ± 0.025	0.423 ± 0.044	0.698 ± 0.161
Glycine	0.338 ± 0.004	0.170 ± 0.021	0.576 ± 0.007	0.215 ± 0.013	0.124 ± 0.008	0.273 ± 0.024
Alanine	0.617 ± 0.008	0.235 ± 0.026	0.737 ± 0.032	0.296 ± 0.015	0.230 ± 0.016	0.351 ± 0.060
Valine	0.358 ± 0.001	0.168 ± 0.017	0.529 ± 0.013	0.208 ± 0.012	0.138 ± 0.008	0.252 ± 0.026
Isoleucine	0.241 ± 0.002	0.105 ± 0.013	0.377 ± 0.007	0.134 ± 0.009	0.086 ± 0.005	0.170 ± 0.018
Leucine	0.980 ± 0.022	0.289 ± 0.034	0.927 ± 0.028	0.340 ± 0.028	0.241 ± 0.033	0.472 ± 0.103
Tyrosine	0.326 ± 0.016	0.098 ± 0.009	0.377 ± 0.010	0.119 ± 0.008	0.046 ± 0.003	0.167 ± 0.025
Phenylalanine	0.409 ± 0.012	0.164 ± 0.020	0.587 ± 0.005	0.206 ± 0.016	0.123 ± 0.009	0.281 ± 0.035
Lysine	0.284 ± 0.006	0.109 ± 0.018	0.451 ± 0.013	0.138 ± 0.011	0.079 ± 0.005	0.175 ± 0.031
Histidine	0.228 ± 0.005	0.062 ± 0.008	0.182 ± 0.009	0.070 ± 0.004	0.046 ± 0.007	0.085 ± 0.030
Arginine	0.419 ± 0.007	0.122 ± 0.019	0.493 ± 0.017	0.155 ± 0.012	0.086 ± 0.009	0.221 ± 0.045
Proline	0.677 ± 0.007	0.195 ± 0.025	0.573 ± 0.018	0.243 ± 0.022	0.173 ± 0.024	0.340 ± 0.061

Data were obtained from 3 corn plants.

^zMean ± standard error

Table 2. Composition ratio of the parts of the corn.

Corn section	Dry matter weight (g/plant)	Percentage (%)
Corn ear	355.3 ± 3.43 ^z	28.02
Corn bract	91.0 ± 1.82	7.17
Leaf sheath	143.7 ± 2.20	11.32
Leaf	200.7 ± 2.03	15.81
Stem	445.7 ± 2.84	35.11
Inflorescence	32.7 ± 1.32	2.57
Total	1,267 ± 4.44	100

Data were obtained from 15 corn plants.

^zMean ± standard error

화서의 아미노산 함량

옥수수 화서의 아미노산 함량은 glutamic acid가 가장 높은 함량을 보였으며 asparagine, leucine, alanine 및 serine 순이었다. 필수 아미노산 중에서 leucine이 가장 높은 0.47%의 함량을 보였으며, 그 다음에 phenylalanine, threonine, valine, isoleucine = lysine 및 histidine 등이 0.1 - 0.3% 정도의 함량을 보였다(Table 1).

옥수수의 부위별 구성 비율

옥수수의 부위별 구성 비율은 Table 2와 같이 옥수수의 줄기비율은 35%로 가장 높았으며, 그 다음으로는 암이삭 28%, 잎 16%, 엽초 11%, 포엽이 7% 및 화서가 3%로 이루어져 있다(Table 2).

Discussion

이제까지 가축사료는 고단백을 기반으로 생산성을 높이는 방향으로 진행되어 왔으며 사료 내 단백질 함량을 근거로 가축의 영양 및 사양관리를 하고 있다(NRC, 1994). 그러나 가축에 필요이상의 질소원 공급으로 인하여 냄새발생, 이산화탄소 생산 등 환경오염과 같은 다양한 사회적 부작용이 발생하고 있으며 이러한 사회적 문제점을 최소화하기 위해서는 사료 내 단백질 함량을 감소시키고 동시에 반추동물의 아미노산 이용성을 극대화 할 수 있는 연구들이 진행되고 있다(Manjarin et al., 2014; Patton et al., 2014). 특히 미국과 유럽 등 낙농선진국에서는 사료 내 단백질 함량을 제한하고 동시에 보호 아미노산의 첨가를 유도함으로써 단백질 이용 효율을 극대화하여 질소화합물의 배출을 감소시키고자 많은 연구가 진행되고 있다(Kim, 2012; Manjarin et al., 2014; Patton et al., 2014). 본 연구의 결과에서 보는 바와 같이 옥수수의 아미노산의 함량은 부위에 따라 큰 차이를 보이기 때문에 축우의 생산성과 관련된 비효율적인 사료배합 그리고 농가나 배합비 전문가의 경험이나 노하우에 기반한 사료의 제조 및 급여가 생산성 저하를 일으킬 수 있기 때문에 조사료 등 사료의 부위에 따른 아미노산 함량에 많은 관심을 가지고 접근해야 할 것으로 생각된다. 흥미로운 것은 옥수수의 부위별 중 잎에서는 asparagine, 그리고 암이삭, 줄기, 잎집, 포엽 및 화서에서는 glutamic acid의 함량이 가장 높았으며 methionine 함량이 일반적으로 가장 낮은 함량을 보였다. 그리고 총 아미노산 함량은 잎, 암이삭, 화서, 엽초, 포엽, 줄기 순으로 높았다. 암이삭, 잎 및 화서 등의 필수 아미노산은 leucine, phenylalanine, valine, threonine, lysine, isoleucine, methionine, histidine 순으로, 줄기와 포엽은 leucine, valine, phenylalanine, threonine, lysine, isoleucine, histidine, methionine 순으로 나타났었다(Table 1). 그리고 필수 아미노산 함량은 잎, 암이삭, 엽초, 화서, 포엽 순으로 높게 나타났다. 이처럼 옥수수의 부위에 따라 아미노산 함량은 현저한 차이를 보이기 때문에 아미노산의 효율적인 이용을 위해서 그리고 가축의 생산성을 높이기 위해서는 조사료 및 농후사료의 특성을 고려하여 사료배합비를 결정해야 할 것으로 생각된다.

Conclusion

일반적으로 아미노산 함량은 초종, 식물체 부위 그리고 및 조사료 가공방법(펠릿, 큐브 등) 등에 의해 성분 차이가 있기 때문에 가축이 필요한 요구량을 충족시키기 위해서는 정밀한 아미노산 함량 분석이 필요하다. 본 연구의 결과에서 제시한 바와 같이 옥수수의 암이삭, 줄기, 잎집, 포엽 및 화서에서는 glutamic acid 함량이 가장 높았으나 옥수수 잎에서는 asparagine가 가장 높은 함량을 보였다. 특히 옥수수 부위별 필수아미노산 함량은 암이삭 > 화서 > 잎집 > 포엽 > 줄기 = 잎 순으로 높았다. 이처럼 옥수수 아미노산 함량은 부위별로 차이를 보이고 있기 때문에 옥수수의 이용성을 증진시키기 위해서는 시비, 재배, 가공 및 가축사양프로그램 개발 등 다양한 측면에서 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ01091601)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Choi KC, Jo NC, Jung MW, Lee KD, Kim JK, Lim YC, Kim WH, Oh YK, Choi JH, Kim CM, Jung DK, Choi JM. 2011. Effect of harvest stage of corn on nutritive values and quality of roll baled corn silage manufactured with corn grown in paddy land. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 31:65-74.
- Edgerton MD. 2009 Increasing crop productivity to meet global needs for feed, food, and fuel. *Plant Physiology* 149:7-13.
- Henikoff S, Henikoff JG. 1992. Amino acid substitution matrices from protein blocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 89:10915-10919.
- Han Y, Parsons CM. 2009. Determination of available amino acids and energy in alfalfa meal, feather meal, and poultry by product meal by various methods. *Poultry Science* 69:1544-1552.
- Khan NA, Yu P, Ali M, Cone JW, Hendriks WH. 2015. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95:238-52.
- Kim EJ. 2012. Reducing greenhouse gas emissions in ruminants: Minireview. *Korean Journal of Organic Agriculture* 20:185-200.
- Kim JD, Kim DA, Park HS, Kim SG. 1999. Effect of planting date and hybrid on forage yield and quality of corn for silage: I. Agronomic characteristics and forage yield of corn. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 19:211-220.
- Lee HB, Kim DU, Kim JP, Kim YL, Choi HG, Moon HG, Lee CY. 2003. Yield and dry matter at developed hybrid corns using CNU and SK inbred lines. *CNU Journal of Agricultural Science* 30:123-127.
- Lee HB, Jung JY, Kim YL, Park BY, Ji HC, Moon HG. 2006. Study on forage maize crop. IV. Characteristics related with production performance of the developed CNU maize hybrids for forage crop. *CNU Journal of Agricultural Science* 33:67-72.
- Lemme A, Ravindran V, Bryden WL. 2004. Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poultry Science Journal* 60:423-437.
- Manjarin R, Bequette BJ, Wu G, Trottier NL. 2014. Linking our understanding of mammary gland

metabolism to amino acid nutrition. *Amino Acids* 46:2447-62.

Moon HG, Son BY, Cha SW, Jung TW, Lee YH, Seo JH, Min HK, Choi KJ, Huh CS, Kim SD. 2001. A new single cross maize hybrid fod silage "Kwangpyeongok". *Treat of Crop Reserch* 2:100-105.

NRC (National Research Council). 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington DC., USA.

Patton RA, Hristov AN, Lapierre H. 2014. Protein feeding and balancing for amino acids in lactating dairy cattle. *Veterinary clinics of North America. Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 30:599-621.

San Gabriel A, Uneyama H. 2013. Amino acid sensing in the gastrointestinal tract. *Amino Acids* 45:451-61.

Son DY, Kim JT, Song SY, Baek SB, Kim CK, Kim JD. 2009. Comparison of yield and forage quality of silage corns at different planting dates. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 29:179-186.

Uneyama H, Kobayashi H, Tonouchi N. 2016. New functions and potential applications of amino acids. *Advances in Biochemical Engineering and Biotechnology* 159:273-287.

Zolotarev VA. 2014. Dietary free amino acids and the gastric phase of digestion. *Current Pharmaceutical Design* 20:273.