

튀김옥수수의 破裂方向 및 튀김형태 決定要因

金善林* · 朴勝義** · 金怡勳***

Popping Mechanism and Shape Moulding Factor of Popcorn

Sun Lim Kim* · Seung Ue Park** and E Hun Kim***

ABSTRACT : Popped popcorn generally have a regular popping direction and typical shape. But the reason and mechanism are not clear yet. This experiment was carried out to investigate the shape moulding factor of popped popcorn. Pericarp thickness of tip-cap section of kernels is slightly thicker than that of top section and this fact provides the important information to the reason. Popping starts when the moisture pressure of heated popcorn is increased and reaches at the critical pressure. Therefore, in the same moisture pressure conditions, top sections are bursted first because their pericarp section is thinner than that of tip-cap section. At the very moment tip-cap sections pull down the top sections of pericarp as bi-metal does. So kernels which removed tip-cap section showed the irregular popping shape because they lost the tip-cap pericarp function. However, kernels which removed embryo showed the typical popping shape but their popping volume was small due to emition and shortage of critical moisture pressure. But kernels which removed the whole pericarp and top pericarp were not popped at all because moisture was entirely emitting out of kernels. These results suggest that the shape moulding factor of popped popcorn is the pericarp thickness differences between the top and tip-cap section of kernels.

Key word : Popcorn, Popping mechanism, Pericarp thickness

튀김부피는 單位 무게에 대한 튀김(popping) 후 부피의 變化(cm^2/g)로 定意되는 튀김옥수수의 가장 重要的 形質이며 食味の 物理的 特性인 質感(crispness, tenderness)과 正의 相關이 있다^{1,7)}.

튀김부피에 影響을 미치는 要因으로 品種, 水分含量, 種實의 모양 및 크기, 果皮의 두께, 軟質/硬質綠

末比率, 胚/胚乳比率(未發表) 및 튀김溫度, 종자의 收穫後 貯藏條件 등이 튀김부피에 影響을 미치는 것으로 알려져 있다. popping은 加熱時 종실내 水分의 運動 energy가 增加해서 그 壓力이 限界에 到達되었을 때 이루어지므로 수분은 壓力의 強度를 좌우하는 가장 重要的 要因이다.

* 作物試驗場(Crop Experiment Station, Suwon 440-100, Korea)

** 江原道 農村振興院 (Kangweon Provincial R. D. A., Chuncheon 200-150, Korea)

*** 江原大學校 農科大學 (Dept. of Agronomy, Coll. of Agri., Kangweon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

<94. 12. 2. 接受>

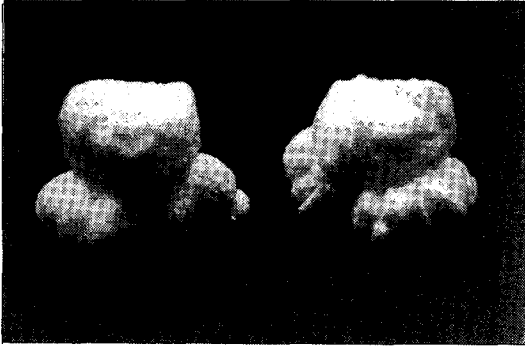


Fig. 1. Typical shape of popped popcorn.

일반적으로 튀김옥수수의 popping은 거의 일정한 방향으로 튀김형태를 갖게 된다(그림 1).

그러나 지금까지는 어떤 機作이 關與되어 튀김 옥수수가 일정한 破裂方向 및 튀김후의 형태로 popping 되는가에 대한 疑問의 提起는 물론 이와 관련된 機作의 糾明도 없었고 다만 튀김부피에 영향을 미치는 요인들에 관한 많은 연구가 있었다.

따라서 본 연구는 튀김옥수수가 popping될 때 일정한 破壞方向성 및 전형적인 튀김형태를 취하게 되는 원인을 규명하고, 이를 토대로 튀김옥수수의 popping 機作 및 果皮(pericarp)의 役割을 提示하고자 하였다.

材料 및 方法

本 試驗에 사용된 튀김 옥수수는 국내 최초의 튀김 옥수수 交雜種인 튀김옥1호¹¹⁾였다.

試驗에 앞서 튀김옥수수가 일정한 破裂方向 및 튀김형태로 popping이 이루어지는(그림 1) 원인이 果皮의 特殊한 與件에 基因할 것이라는 假定을 設定하고, 이를 證明하기 위하여 크기 및 모양이 均一한 種實을 취해서 無處理, 基部果皮除去, 胚除去, 先端部果皮除去, 全果皮除去의 처리를 한 후(그림 2) 이들을 각각 熱風式 튀김기로 popping 하였다.

果皮의 分離는 Wolf등⁹⁾이 提示한 방법을 따르거나 果皮두께의 測定은 wolf의 방법이 실제보다 두껍게 측정되는 短點이 있으므로, 이를 補充하고자 분리된 果皮에서 다시 일정한 크기로 切片을 떼어내는 방법으로 변형하여 micrometer로 측정하였다.

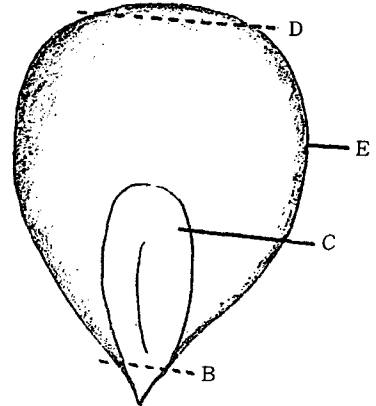


Fig. 2. Treatment : Whole kernel (A)
Tip-cap removed kernel (B)
Embryo removed kernel (C)
Top pericarp removed kernel (D)
Whole pericarp removed kernel (E)

Table 1. Changes of length, width and thickness of popped popcorn according to each treatment

Popping	Treat ment	cm /10 kernels			* Mean
		Length	Width	Thickness	
Before popping		8.5 (100)	6.5 (100)	4.4 (100)	100
After popping	A	20.8 (245)	20.1 (309)	12.1 (275)	276
	B	21.5 (253)	21.5 (331)	14.8 (336)	307
	C	11.3 (133)	14.2 (219)	11.1 (252)	201
	D	9.0 (106)	7.8 (120)	6.4 (146)	124
	E	9.2 (108)	7.7 (119)	6.4 (146)	124
LSD (5%)		1.9	2.7	1.0	
	(1%)	2.5	3.7	1.4	

A : Whole kernel

B : Tip-cap removed kernel

C : Embryo removed kernel

D : Top pericarp removed kernel

E : Whole pericarp removed kernel

* : (Length + Width + Thickness) ÷ 3

結果 및 考察

1. 各 處理에 따른 popping後의 變化

각 處理에 따른 튀김옥수수의 popping후 길이, 넓이 및 두께의 變化는 相異하게 나타나서(表 1) 기부의 果皮가 제거된 종실은 길이, 폭 및 두께의 變化는 가장 컸으나 무처리종실과는 統計的 有意差가

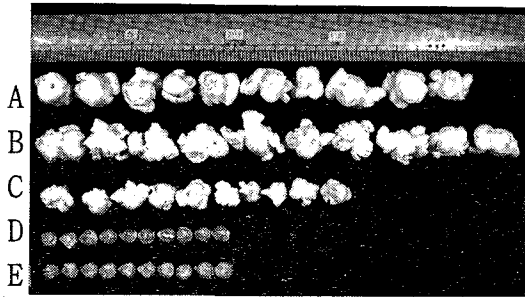


Fig. 3. Various popping response to each treatment.

없었고, 그림 3에서 보는 바와 같이 무처리종실은 튀김옥수수의 典型的인 튀김후의 形態를 이루지만 기부 的 果皮가 제거된 종실은 形態가 일정하지 않았다.

그러나 胚(embryo)가 제거된 종실의 popping은 무처리종실과 같이 전형적인 튀김후의 형태를 나타냈지만 튀김후 부피는 적었다. 그러나 선단부果皮 및 전果皮가 제거된 종실은 popping이 일어나지 않았을 뿐만 아니라 부피의 변화도 거의 없었다.

2. 果皮의 두께, 破裂方向性 및 튀김後 形態에 對한 解析

일반적으로 果皮는 epidermis, mesocarp, cross cell, tube cell의 4개 층으로 되어 있으며 種實의 약 5~6%를 차지한다⁸⁾.

그런데 果皮의 두께는 胚乳의 遺傳子型에 따른 變異가 있어서 튀김옥수수는 一般옥수수(dent corn) 및 단옥수수(sweet corn)의 果皮보다 두껍고, 일반옥수수는 단옥수수나 찰옥수수의 果皮보다 두껍다. 뿐만 아니라 동일 이삭에서도 果皮의 두께는 변이가 있어서 穗軸(cob)의 基部에 着粒된 種實은 穗軸의 선단부에 착립된 종실의 果皮보다 두껍다고 한다⁹⁾. 또한 果皮는 食味特性과도 밀접한 관계가 있어 果皮가 지나치게 두꺼울 경우 質감이 나빠지고 齒牙의 사이에 끼이거나 이물질로 남게 되어 不快感을 준다.

果皮는 튀김부피와 밀접한 관계가 있는데 튀김 부피는 食味特性인 질감과 정의 상관이 있으므로 食味를 고려한 育種上 選拔 및 檢討가 요구되는 重要形質이다¹⁷⁾.

表 2는 같은 종실의 부위에 따른 果皮두께의 差

Table 2. Differences of pericarp thickness between top and tip cap section in kernel

Section	Pericarp thickness (μm)
Top	82.0
Tip cap	89.7

LSD (5%)	5.3
(1%)	7.8

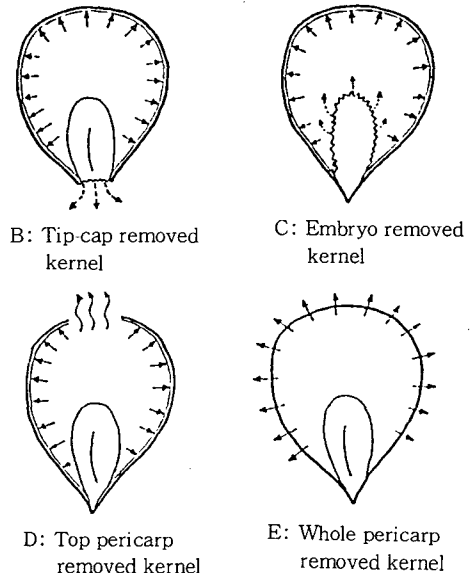


Fig. 4. Diagrammatic representation of popping response to each treatment.

異를 나타낸 것으로 기부 果皮가 선단부보다 有意하게 두꺼웠다. 그런데 이러한 결과는 popping될 때 皮열이 종실의 어느 부위에서 일어나는가에 관한 解答의 실마리를 提供한다.

왜냐하면 종실이 加熱되면 종실내의 水分壓力은 果皮가 지탱할 수 있는 限界壓力까지 계속 증가되다가 限界압력 이상에서 popping이 되므로 가열로 인해 증가된 水分壓力이 果皮의 각 부위에 동일한 條件으로 가해진다면 相對的으로 果皮가 얇은 부위가 破裂될 것이다. 따라서 果皮는 popping에 요구되는 一定壓力을 유지시킬 뿐만 아니라 popping을 誘導하는 중요한 役割을 擔當하고 있다고 思料된다.

그런데 앞서 言及한 바와 같이 튀김옥수수의 popping이 일정한 皮열 방향성 및 形態로 이루어지는

원인이 종실에서 부위에 따라 과피의 두께에 차이가 있기 때문이라 하였는데, 이를 표 1 및 그림 4에 나타난 결과로 설명하면 다음과 같다.

Popping은 加熱될 때 종실내부의 수분압력이 점차로 증가하다가, 그 압력이 한계에 到達 되었을 때 이루어지고, 이때 최초로 破裂이 일어나는 部位는 相對的으로 과피가 얇은 先端部이다.

그러나 선단부의 과열이 일어날 때 상대적으로 과피가 더 두꺼운 종실의 기부는 과열되지 않고, 마치 가열된 bi-metal이 팽창된 부분의 반대면으로 굽어지는 원리와 비슷한 작용에 의하여 기부의 과피가 선단부의 과피를 끌어당기는 작용을 하기 때문에 종실의 선단부가 기부의 방향으로 벌어지듯 popping되는 일정한 과열 방향성을 갖게 하는 것이다.

그러므로 과피의 일정한 과열 방향성에 의해 유도되어 popping된 튀김옥수수는 동일한 튀김형태를 형성하는 것이라고 判斷된다.

이와 같은 선단부 과피와 기부과피 상호간의 bi-metal과 같은 원리는 그림 4의 B에서 보는 바와 같이 기부의 과피가 제거된 종실은 과열될 때 선단부의 과피를 끌어당겨줄 기부과피의 中心이 제거된 결과와 같기 때문에 popping이 되어도 일정한 破裂方向성과 튀김形態를 維持하지 못하고 불규칙한 방향으로 popping되어 튀김후의 형태가 일정하지 않다고 할 수 있다. 그런데 胚(embryo)가 제거된 경우는 無處理種實의 경우와 같이 일정한 과열 방향성 및 튀김형태는 유지되었으나 부피의 변화가 적었는데, 이는 胚가 切斷된 部位로 水分의 放出이 一部 許容되었기 때문에 종실내부의 絕對壓力이 低下되고, 그 결과 popping이 충분치 못하게 일어났기 때문인 것으로 判斷된다.

따라서 튀김옥수수 종실의 8.9~11.8%를 차지하고 있는 胚는 튀김부피와 부의 相關이 있으나(未發表), 基部를 통하여 放出되는 水分을 遮斷해 주는 매우 중요한 역할을 담당하고 있다고 思料된다.

先端部 및 全果皮가 제거된 종실은 모두 popping 되지 않았는데, 여기서 注目할 만한 결과는 선단부의 과피가 제거되면 水分이 과피가 제거된 부위를 통해 방출되기 때문에 破裂에 要求되는 絕對壓力에 도달하지 못할 뿐만 아니라 선단부과피와 기부과피

의 bi-metal 작용도 일어나지 못하게 되므로 popping이 전혀 일어나지 않았다는 사실이다.

따라서 튀김옥수수의 popping이 거의 일정한 과열 방향성 및 동일한 튀김형태로 이루어지는 원인이 과피의 두께가 기부와 선단부간의 차이에 있기 때문이라는 假定을 證明할 수 있었다. 그러므로 종실의 모든 과피가 제거된 경우에도 popping이 전혀 이루어지지 않은 것은 상기한 설명으로서 解析이 가능해진다. 그림 4는 튀김옥수수의 과열 방향성 및 튀김형태를 결정하는 요인을 규명하고자 시험에 앞서 설정된 假定(튀김옥수수의 과열방향성 및 전형적 튀김형태의 결정요인은 과피에 그 원인이 있을 것이다)을 증명하기 위해 각각 처리되었던 튀김옥수수가 popping될 때의 반응 및 이와 관련된 機作을 설명한 것이다.

摘 要

튀김옥수수의 popping은 거의 一定한 方向性을 가지고 破裂되며 튀김후의 形態도 항상 일정하게 이루어지는 原因을 糾明하고자 本試驗을 遂行하였다.

試驗에 앞서 이와 같은 원인이 果皮의 선단부와 기부의 두께 차이에 있기 때문이라는 假定을 設定하고 이를 證明하기 위하여 과피를 각 부위별로 除去處理를 하거나 배를 제거후 popping했을 때 나타난 反應을 檢討한 結果로 얻은 튀김옥수수의 破裂方向성 및 튀김후의 形態를 決定하는 要因에 대한 解析은 다음과 같다.

1. 基部의 果皮는 先端部の 果皮보다 有意하게 두꺼웠다.
2. 加熱로 種實 内部의 水分壓力이 限界에 到達하면 과피가 相對的으로 얇은 先端部에서 破裂이 이루어지는데, 이때 기부의 과피는 선단부 과피를 끌어당겨주므로(bi-metal 원리) 항상 일정한 破裂方向 및 튀김形態로 popping 된다.
3. 기부의 과피를 제거하면 선단부의 과피를 끌어당겨주는 기부의 中心이 상실되기 때문에 불규칙한 popping이 이루어진다.
4. 胚를 제거하면 無處理와 같이 일정한 破裂方向성 및 튀김形態는 유지되나 부피는 적었다. 따라서

胚는 기부로 방출되는 水分을 遮斷하는 役割을 擔當하고 있는 것으로 判斷되었다.

5. 선단부 과피 및 전과피를 제거하면 모든 수분의 방출이 허용되어 popping이 전혀 이루어지지 않았다.
6. 튀김부피의 변화는 基部果皮 除去>無處理>胚除去>全果皮 除去>先端部 果皮除去의 順이었다.
7. 따라서 popping시 일정한 破裂方向性 및 튀김 形態를 갖게 하는 원인은 선단부와 기부 果皮의 두께가 서로 다르기 때문인 것으로 判斷되었다.

引用文獻

1. A. Song, S. R. Eckhoff, M. Paulsen, and J. B. Litchfield. 1991. Effect of kernel size on popping ability in popcorn. *Cereal Chem.* 66(5):464-467.
2. Bemis, W. P. 1959. Popcorn-harvesting and conditioning for maximum popping. *Univ. Ill. Res.* 1(1):10.
3. Cecilia Dorsey-Redding, Charles R. Hurburgh Jr., Lawrence A. Johnson, and Steven R. Fox. 1991. Relationships among maize quality factors. *Cereal chem.* 68(6):602-605.
4. D. D. Metzger, K. H. Hsu, K. E. Ziegler, and C. J. Bern. 1989. Effect of moisture content on popcorn popping volume for oil and hot-air popping. *Cereal Chem.* 66: 247-248.
5. Dexter, S. T. 1946. Conditioning popcorn to the proper moisture content for best popping. *Mich. Agric. Exp. Sta. Q. Bull.* 29:64.
6. D. L. Richardson. 1960. Pericarp thickness in popcorn. *Agron. J.* 52:77-80.
7. J. G. Willier and Arthur M. Brunson. 1927. Factors affecting the popping quality of popcorn. *J. Agr. Res.* 35(7):615-624.
8. M. J. Wolf, C. L. Buzan, M. M. Macmasters, and C. E. Rist. 1952. Structure of the mature corn kernel. II. Microscopic structure of pericarp, seed coat, and hilar of dent corn. *Cereal Chem.* 29(5):334-348.
9. M. J. Wolf, Irene M. Cull, J. L. Helm, and M. S. Zuber. 1969. Measuring thickness of excised mature corn pericarp. *Agron. J.* 61:777-779.
10. P. J. Lyerly. 1942. Some genetic and morphological characters affecting the popping expansion of popcorn. *J. Am. Soc. Agron.* 34:986-999.
11. 朴勝義, 朴根龍, 車善佑, 崔根鎮, 朴來敬, 洪正基. 1992. 고투김을 良質 튀김옥수수 交雜種 “튀김옥수수1호”. *農試論文集(田. 特作篇)* 34(1):65-67.