

Scanning Electron Microscopy을 이용한 완두 전분 복합면의 반죽구조 및 특성연구

김은주 · 윤재영* · 김희섭

수원대학교 식품영양학과, *안산 1대학 식품영양학과

A study on the characteristics and noodle structure made from pea starch-wheat composite flour using a scanning electron microscopy

Unjoo Kim, Jaeyoung Yoon* and Heesup Kim

Department of food and nutrition, suwon university, Korea

*Department of food and nutrition, ansan college, Korea

Abstract

Scanning electron microscopy was used to study changes in granule shape, dough and cooked noodle structure of pea starch-wheat composite flour with 20% and 30% pea starch substitution. The granule shape of pea starch with low swelling power and solubility was oval, irregular and smooth, which had more a deep groove than corn starch and wheat flour. During gelatinization, pea starch after swelling was partially collapsed but it still held its main shape. The dough microstructure of 20% pea starch substitution showed compact structure distributed with more small starch granules than wheat dough and was held in discontinuous network. When cooked, more open filamentous network where starch gelatinization was complete were noticed. Swollen but partially collapsed large starch granules maintaining their shape were appeared in noodle structure after 30 min soaking in soup. In farinograph studies, 20% pea starch substitution to wheat flour showed that MTI value was as same as wheat flour even though stability was slightly decreased so that it was considered that it has proper property of noodle making.

Key words: pea starch, dough, cooked noodle, microstructure

I. 서 론

복합분을 이용한 제품개발에 대한 연구는 영양과 품질 향상을 위한 측면에서 진행되고 있다. 복합분의 재료로 쌀보리가루¹⁾, 보리가루^{2,3)}, 돼지감자가루⁴⁾, 옥수수, 탈지쌀겨가루 등을 이용했으며 영양가를 보충하기 위해 탈지대두분을 첨가했고, 복합분 이용시 결합력이 떨어지는 것을 보완하기 위해 여러 가지 결합제를 첨가하여 점성을 높이려는 연구가 이루어져 왔다.

외국에서의 복합분에 대한 연구는 이미 오래 전부터 진행되어 왔는데 녹두전분과 적두전분을 이용한 연구가 있었으며⁵⁾, Nielsen등⁶⁾은 단백질의 양과 질을 높이기 위해 pasta류에 완두가루를 강화하였을때 색과 향미, 질감에서 우수하다고 하였으나 overcooking시 향미가 저하된다고 보고하였다. Vose⁷⁾는 완두전분은 호화특성에서 교차결합 시킨 변성전분과 유사하게 팽윤을 제어하는 특성을 나타내었다고 하였다. 이런 특성으로 인해 완두전분은 식

품산업에서 변성전분의 생산에 적합하다는 평가를 받았다. 또한 Liu등⁸⁾은 녹두, 완두, 고구마전분을 이용한 복합면 연구에서 녹두와 완두국수는 조리시 고풍분의 상실이 낮았으며 인장강도는 높았고 주사 전자 현미경 측정결과 녹두와 완두국수의 구조가 우수하였다고 보고하였다. SEM(scanning electron microscopy)은 지금까지 wheat kernel^{9,12)}, flour와 dough¹³⁻¹⁶⁾, starch¹⁷⁻¹⁹⁾의 microstructure와 입자의 배열, 형태에 관한 연구에 폭넓게 이용되어져 왔으며 조리된 pasta의 구조와²⁰⁾, 스파게티 제조 과정 중 반죽구조²¹⁾, 조리된 국수의 구조연구에²²⁾ 간혹 이용되어져 왔으나 국수제조 전 과정 및 조리된 국수의 구조변화에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 완두복합면이 제조, 조리되기까지의 일련의 과정에서 전분입자의 형태변화, 복합분의 반죽구조, 조리후의 복합면의 내부구조 등을 SEM을 이용하여 살펴봄으로서 국수의 조리과정에서 일어나는 변화를 관찰하고 그 차이점을 구별하고자 하였으며

차후 국수 품질 관리를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

밀가루는 제면용(중력분(주)대한제분)으로 구입하였으며, 옥수수전분은 성진식품의 제품을 사용하였고, 완두 정제전분은 알칼리 침지법²³⁾에 의하여 제조하여 냉동건조시킨 후 100 mesh체를 통과시켜 시료로 사용하였다.

2. Farinograph에 의한 반죽특성

반죽특성은 AACC²⁴⁾의 방법에 따라 Brabender Farinograph(C.W. Brabender Instruments, Inc., U.S.A.)를 사용하였다.

3. 완두 복합면의 제조

표준면의 배합비는 밀가루 500g에 1.7%의 소금과 34%의 물을 첨가하여 혼합기(KSM5, Kitchen Aid, USA)로 2분간은 속도 1에서, 8분간은 속도 2에서 혼합한 다음 수동식 제면기에 의하여 두께 2mm, 넓이 3mm정도의 기는 면발로 하여 생면을 만들었다. 완두 복합면은 밀가루에 완두 전분 20%, 30%를 대체하였고(이하 P20, P30으로 표기), 비교를 위해 옥수수 복합면은 옥수수전분 20%를 대체하였다(이하 C20으로 표기). 가수량 및 이외의 모든 조건은 표준면과 같이 제조하였다.

4. 주사 전자현미경에 의한 특성

1) 전분입자의 형태 및 크기

전분입자의 표면형태 및 크기는 주사 전자현미경(Scanning Electron Microscopy, Jeol, Japan)으로 1000배 확대하여 관찰하였으며 호화에 따른 전분 입자의 형태변화는 김등²⁵⁾의 방법에 따라 관찰하였다.

2) 완두복합면의 반죽특성

Dough sheet을 만들기 전의 반죽을 채취하여 -20°C에서 24시간 냉동한 후 냉동건조하여 시료를 만들었다. 시료는 1000배율로 관찰하였다.

3) 완두 복합면의 주사 전자현미경에 의한 특성

국수의 호화에 따른 전분 입자의 형태변화는 생면 10g을 200ml의 끓는 물에 넣고 3분간 삶은 후 건져서 흐르는 냉수에 1분간 냉각시키고 체로 건져서 2분간 물을 뺀 후 -20°C에서 24시간 냉동시킨 것을 냉동건조하였다. 이를 1000배율로 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 주사 전자현미경에 의한 특성

1) 전분입자의 형태 및 특성

생전분의 주사 전자현미경에 의한 입자양상은 Fig. 1과 같았다.

옥수수 전분의 입자는 표면이 매끄러운 편으로 다각형의 입자로서, Mistry와 Eckhoff²⁶⁾ 제시한 입자형태와 유사하였으며, 밀전분은 둥글고 매끄러운 형태였다. 완두전분은 타원형으로 그 크기가 다른 전분에 비해 크고 불규 칙적이거나 표면이 매끄럽고 구부러지거나 들어간 모양이었다.

Gujka등²⁷⁾은 작은 입자를 가진 옥수수전분에 비해 큰 입자인 완두전분은 마찰로 인한 손상에 대한 저항력이 약하다고 보고하였으나 본 실험에서는 손상의 흔적으로 나타날 수 있는 입자의 큰 균열은 볼 수 없었다.

2) 호화된 전분입자의 특성

시료 전분들을 95°C에서 가열하였을 때 나타난 입자의 형태학적 특성을 관찰하였다(Fig. 1). 대부분의 밀 전분은 호화시 입자가 팽윤되면서 붕괴되고 쭈그러져 풀어진 형태를 보였으며, 옥수수 전분은 어느 정도 붕괴되어 입자가 fold 되었으나, 완두전분은 호화시 입자가 팽윤된 후 쭈그러드는 경향을 보이고 부분적으로 변형되었을 뿐

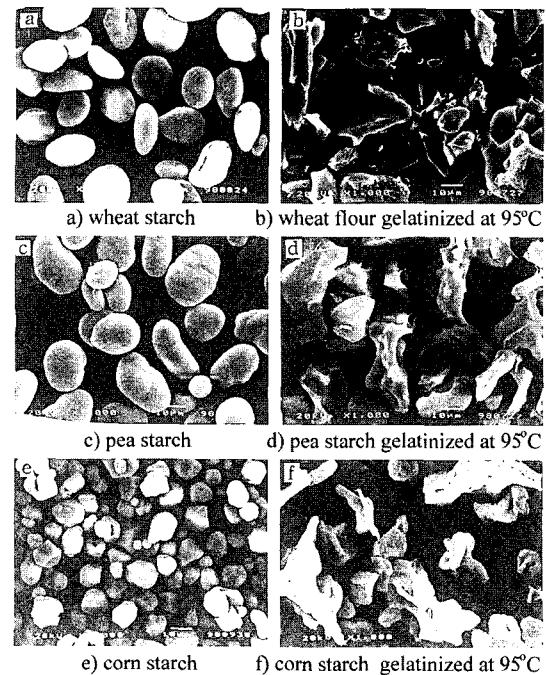


Fig. 1. Scanning Electron Micrograph of various starches.

그 형태는 유지하고 있었다.

3) 완두 복합분의 반죽특성

밀가루에 완두전분 20%, 30%, 옥수수전분 20%를 대

체한 복합분의 구조형태를 SEM으로 관찰한 결과는 Fig 2과 같다. 밀가루의 반죽구조는 (Fig. 2a)에서와 같이 여러 크기의 전분입자가 관찰되었으며 큰 전분입자들 사이

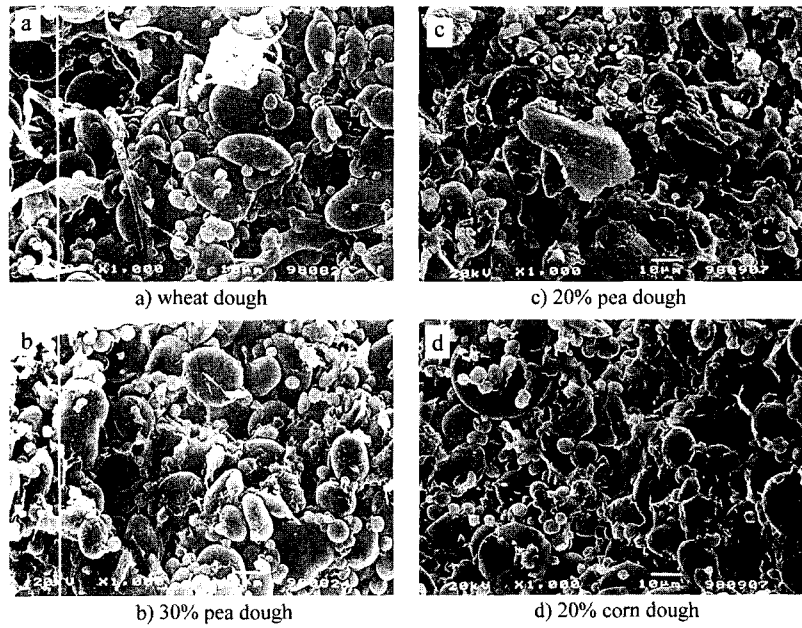


Fig. 2. Scanning Electron Micrograph of various noodle dough.

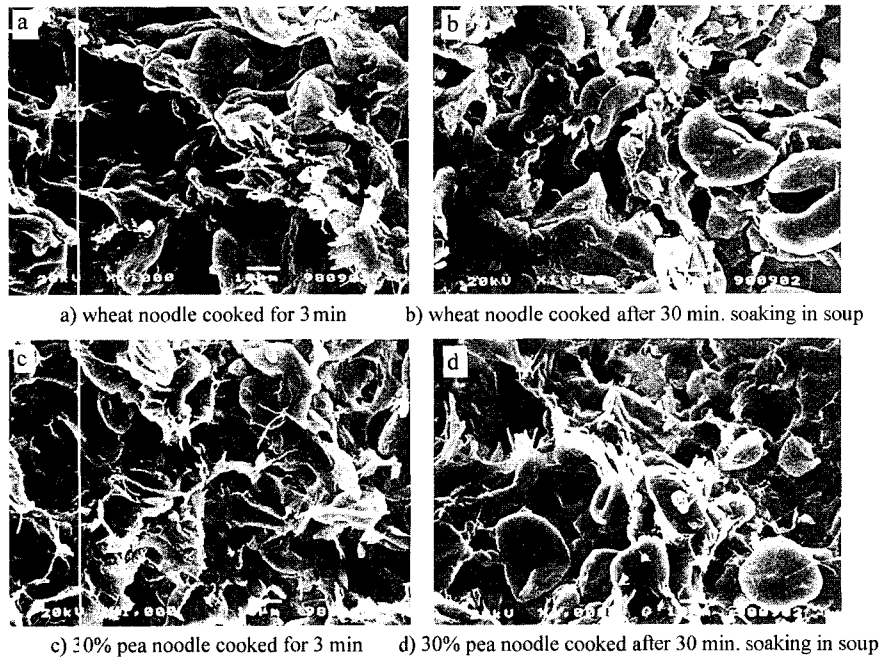


Fig. 3. Scanning Electron Micrograph of various noodles.

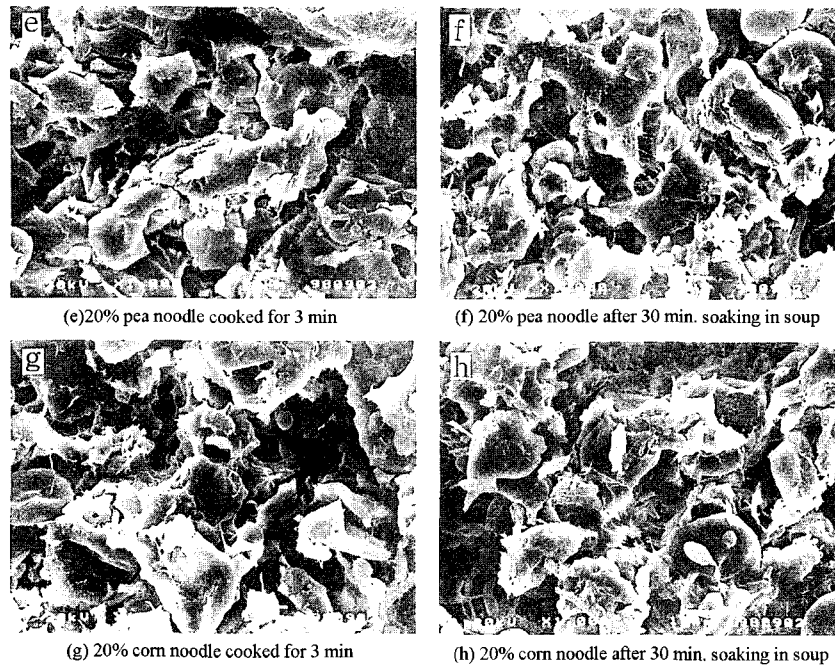


Fig. 3. Continued.

로 작은전분 입자들이 불규칙하게 분포되어 있으며 단백질과 유사한 물질과 함께 있는 것이 관찰되었다.

Pomeranz등²⁸⁾도 큰 전분 입자들은 확장되고, 작은 입자들은 약간의 변형과 함께 반죽 내부에 형성된 단백질 구조와 상호작용하는 양상을 보인다고 보고한 바 있다.

P20 복합면의 반죽구조는 밀가루 반죽에 작은 전분입자들이 많았으며, 큰 전분 입자들이 작은 전분 입자들과 서로 조밀하게 엉켜있는 모양을 볼 수 있었다. P30 복합면의 반죽, 역시 커다란 전분입자들이 많이 관찰되었으며 많고 작은 전분 입자들이 엉켜있는 모습이 관찰되었다.

SEM으로 관찰된 P20과 C20의 구조는 밀가루 반죽에 비해 보다 조밀하고 작은 입자가 많이 보였으며 P30 역시 이와 유사한 결과를 나타내었다.

4) 완두 복합면의 주사 전자현미경에 의한 특성 국수를 조리한 직후와 장국에 담긴 상태로 30분을 방치한 후의 형태 변화를 관찰하였다(Fig. 3). 조리된 직후의 표준밀가루 국수는 팽윤된 입자에 단백질망이 넓게 분포되어 있었으며(Fig. 3a), 30분이 지난 후(Fig. 3b)에는 다시 조직이 치밀해지고 마치 다시 팽윤된 것처럼 보이는 둥글고 부풀 형태에 큰 입자들이 생성된 것을 볼 수 있었다.

P30과 P20의 조리된 직후의 형태에서(Fig. 3c,e) P30

은 호화되면서 작은 전분입자가 거의 붕괴되어 밀가루의 큰 입자와 함께 풀어졌음에 비해 P20은 전분입자가 균일하게 호화되지 않고 흩어져 있는 모양으로 관찰되었다. 그러나 양쪽 모두 중간부분에 작은 입자들을 볼 수 있었다.

또한 조리 30분후의 형태도 매우 다르게 나타났는데 P30의(Fig. 3d) 조직은 큰 입자가 적어진 것을 제외하고는 표준 밀가루면과 유사하게 관찰되었으며, P20은(Fig. 3f) 조리직후의 내관과 큰 차이를 보이지 않았고 큰 입자의 형태는 어느정도 유지하였으나 표준 밀가루면과 P30에 비해 크게 감소하였다. 조리직후의 C20은(Fig. 3g) P20의 형태와 유사하게 관찰되었으나 조리 30분후의 조직은(Fig. 3h) P20보다 치밀해져서 입자 분포도가 더 작아진 것이 관찰되었다. 또한 수침 30분 후 전분입자가 또렷해지는 현상은 호화되지 않았던 전분이 다시 형태를 갖게 되는 것으로 설명하기도 하지만²⁰⁾ 노화에 의한 것인지 또는 다른 어떤 현상에 의한 것인지에 대한 연구가 더 필요하다 보겠다.

5) Farinograph에 의한 반죽특성

각 복합면의 farinogram의 결과는 Fig. 4, Table 1과 같다.

farinogram은 반죽이 일정한 굳기(consistency)에 도달하는데 필요한 수분함량 및 반죽의 개략적인 반죽의 특

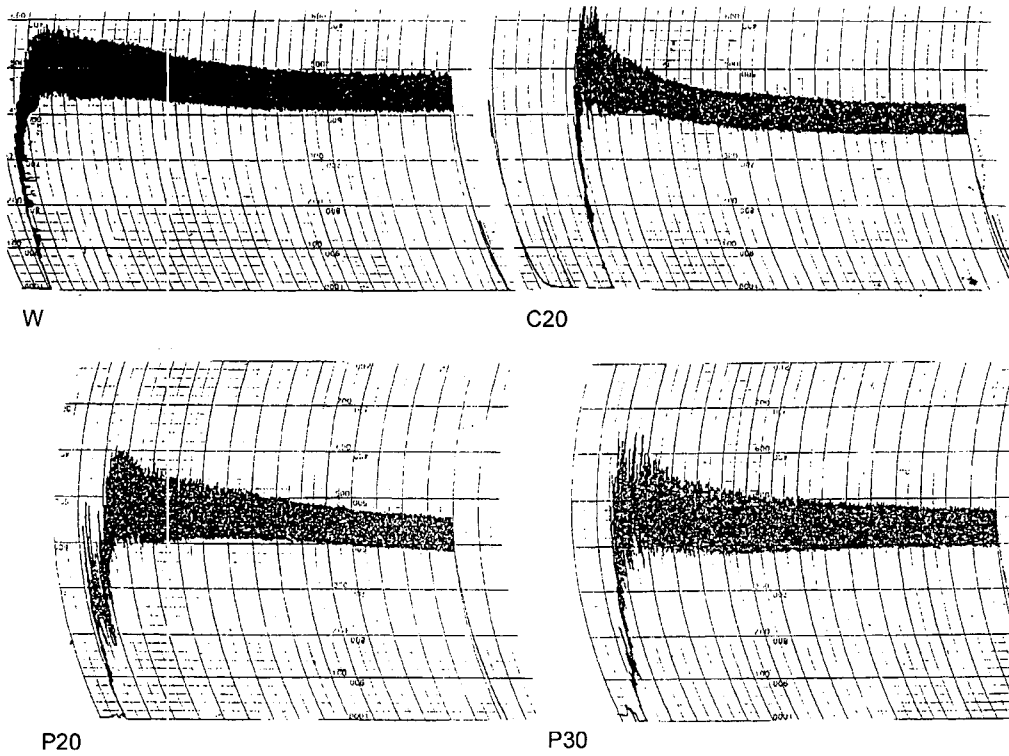


Fig. 4. Farinogram of composite flour.

Table 1. Farinogram of pea composite flours

Characteristics of farinogram	Type of flour mixture			
	Wheat	P20 ¹⁾	P30 ²⁾	C20 ³⁾
water absorption(%)	55.8	52.0	51.0	54.5
arrival time(sec)	60	80	35	30
dough development time(π .in)	2.5	2.5	2.0	1.5
stability(min)	9.0	6.0	5.5	2.5
departure time(min)	10.0	8.5	8.5	3.0
MTI(B.U.)	60	60	100	110

1) P20 : 20% pea starch.

2) P30 : 30% pea starch.

3) C20 : 20% corn starch.

성을 나타낸다. 도착시간은(Arrival time) 밀가루가 물을 흡수하는 속도를 나타내는 것으로 동일 품종밀의 경우에 단백질이 증가하면 도착시간도 증가하며 안정도는 밀가루의 반죽에 대한 저항도(tolerance)를 가리키는 지표가 된다.

mixing tolerance index(MTI)는 반죽시간에서의 커브의 윗부분과 5분후의 커브의 윗부분의 차이를 B.U.

(Brabender Unit)로 나타낸 것으로 일반적으로 안정도가 큰 밀가루가 낮은 MTI값을 보이며 MTI값이 클수록 약한 반죽이다. Irvine등³²⁾에 의하면 farinogram에 영향을 미치는 요인은 밀가루의 등급, 품종, 단백질의 양, 주위 환경, 온도, 밀가루의 입자 등으로 단백질의 함량이 많을수록 반죽형성에 도달하는 시간은 짧아지며 안정도는 증가한다고 하였다.

Fig. 4에서 보면 P20과 P30은 밀가루와 유사한 반죽 시간과 중간정도의 안정도를 보이는 반면에 C20은 짧은 반죽시간과 낮은 안정도를 보인다.

수분 흡수율은 밀가루가 55.8%인데 반해 완두 복합분의 수분 흡수율은 51~52%로 낮았으나 옥수수 복합분의 경우는 54.5%로 완두 복합분보다 높게 나타났다. 일반적으로 반죽 물성의 차이는 글루텐 단백질에 기인되지만 전분을 포함한 다른 비단백 성분 또한 밀 단백질과 상호 작용하면서 반죽 물성에 현저한 영향을 미칠 수 있다²⁹⁾.

도착시간(Arrival time)은 farinogram의 peak가 500 B.U.에 도달하는 시간을 나타내는 것으로 일반적인 밀가루의 도착시간이 1분 이내인 것에 비해 P20은 전분대체에 따른 물의 흡습으로 도착시간이 약간 길어졌으나 P30과 C20은 매우 짧았다. 이는 반죽이 잘 형성되지 않

아 물을 제대로 흡수하지 않았기 때문으로 본다. 대체로 C20이 P20, P30에 비해 도착시간과 반죽형성시간, 안정도가 짧게 나타났다. 또한 P20은 밀가루와 유사한 안정도와 반죽 저항도(MTI)를 나타냄으로서 제면적성에 적합함을 입증할 수 있었다.

IV. 요약

완두 전분입자의 형태 및 완두 복합분의 반죽구조, 조리후의 복합면의 내부구조를 SEM으로 조사한 결과는 다음과 같다.

완두전분은 타원형으로 그 크기가 불규칙적이고 다른 전분에 비해 크고 구부러지거나 들어간 모양이었다. 95°C에서 가열하였을 때 완두전분은 부분적으로 중첩되었을 뿐 그 형태는 거의 유지하였다. P20과 C20의 반죽구조는 밀가루 반죽에서의 큰 전분 입자들이 전체적으로 분포되어 있는 것에 비해 작은 전분입자들이 많아졌으며, P30은 다른 복합분 반죽의 구조보다 좀 더 많고 작은 전분입자들이 엉켜 있었다.

국수를 조리한 직후와 조리한 후 30분이 지난 뒤의 형태 변화를 관찰한 결과 P30과 P20의 조리된 직후의 형태는 각각 상이한 형태를 나타내었고 조리 30분후의 형태도 매우 다르게 나타났다. SEM으로 관찰된 P20 과 C20의 구조는 밀가루 반죽과 큰 차이를 보이지 않아 제면시 영향을 주지 않을 것으로 보였으며 P30 역시 P20 과 큰 차이를 나타내지 않아 제면적성으로는 문제가 없는 것으로 나타났다.

Farinogram에 나타난 P20과 P30은 밀가루와 유사한 반죽시간과 중간정도의 안정도를 보이는 반면에 C20은 짧은 반죽시간과 낮은 안정도를 보였다. 대체로 C20이 P20, P30에 비해 도착시간과 반죽형성시간, 안정도가 짧게 나타났다. 또한 P20은 밀가루와 유사한 안정도와 반죽 저항도(MTI)를 나타냄으로서 제면적성에 적합함을 입증하였다.

참고문헌

- 김형수, 안순복, 이관영, 이서래: 국산원료를 활용한 복합분 및 제품개발에 관한 연구. 한국식품과학회지, **5**(1): 25-32(1973).
- 류정희, 최홍식, 권태완: 보리-밀 복합분의 라면제조 및 제품특성에 관하여. 한국식품과학회지, **9**(1): 81-83 (1977).
- 김형수, 오정석: 국산원료를 활용한 복합분 및 제품개발에 관한 연구. 한국식품과학회지, **7**(4): 187-193(1973).
- 신지영, 변명우, 노봉수, 최연호: 돼지감자가루 복합분 국수의 제조와 품질개량제의 첨가효과. 한국식품과학회지, **23**(5): 538-545(1991).
- Lii, C.Y. shuh, ming. chang.: Characterization of Red Bean Starch and its Noodle quality. *J. Food Sci.*, **46**: 78-81(1981).
- Nielsen, M.A., Sumner, A.K., and Whalley, L.L.: Fortification of pasta with pea flour and air-classified pea protein concentrate. *Cereal Chem.*, **57**(3): 203-206(1980).
- Vose, Jr.: Functional characteristics of an intermediate amylose starch from smooth-seeded field peas compared with corn and wheat starches. *Cereal Chem.*, **54**(5): 1141-1151(1977).
- Lii, C.Y., Chen, C.Y., and Wang, HH.: Studies on the processings and qualities of starch noodles from various starches. *American Chemical Society*, **177**(1): (1979).
- Buttrose, M.S.: Ultrastructure of the developing wheat endosperm. *Aust. J. Biol. Sci.*, **16**: 305(1963).
- Seckinger, H.L., and Wolf, M.J.: Electron microscopy of endosperm protein from hard and soft wheats. *Cereal Chem.*, **47**: 236(1970).
- Simmonds, D.H.: Wheat grain morphology and its relationship to dough structure. *Cereal Chem.*, **49** : 324 (1972).
- Simmonds, D.H.: The ultrastructure of the mature wheat endosperm. *Cereal Chem.*, **49**: 212(1972).
- Aranyi, C., and Hawrylewicz, E.J.: Application of scanning electron microscopy to cereal specimens. *Cereal Sci. Today* **14**: 230(1969).
- Khoo, U., Christianson, D.D., and Inglett, G.E.: Scanning and transmission microscopy of dough and bread. *Baker's Dig.* **49**: 232(1969).
- Bernardin, J.E., and Kasarda, D.D.: Hydrated protein fibrils from wheat endosperm. *Cereal Chem.*, **50**: 529 (1973).
- Bernardin, J.E., and Kasarda, D.D.: The microstructure of wheat protein fibrils. *Cereal Chem.*, **50**: 735(1973).
- Hall, D.M., and Sayre, J.G.: A scanning electron microscope study of starches. Part II. Cereal starches. *Text. Res. J.*, **40**: 256(1970).
- Evers, A.D., Gough, B.M., and Pybus, J.N.: Scanning electron microscopy of wheat starch. *Stärke*, **23**: 16 (1971).
- Dronzek, B.L., Hwang, P., and Bushuk, W.: Scanning electron microscopy from sprouted wheat. *Cereal Chem.*, **49**: 232(1972).
- Dexter, J.E., Matsuo, R.R., and Dronzek, B.L.: Scanning electron microscopy of cooked spaghetti. *Cereal Chem.*, **55**: 23(1978).
- Matsuo, R. R., Dexter, J. E., Dronzek, B. L., : Scanning electron microscopy study of spaghetti processing. *Cereal*

- Chem.*, **55**(5) : 744-753 (1978).
22. Matsuo, R.R., Dexter, J.E., Dronzek, B.L.,: A scanning electron microscopy study of Japanese noodles. *Cereal Chem.*, **56**(3): 202-208(1979).
23. 김향숙, 권미라, 안승요.: 동부전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, **19**(1): 18-22(1987).
24. A.A.C.C.: Approved method of the American Association of Cereal Chemist. Methods 61-01, and 54-21 8th Ed., St. Paul, Minnesota, U.S.A. (1990).
25. 김향숙: 동부전분의 호화 및 겔화 특성. 한국조리과학회지, **10**(1): 76-79(1994).
26. Mistry, MA. A., and Eckhoff, S. R.,: Characteristics of alkali-extracted starch obtained from corn flour. *Cereal Chem.*, **69**(3): 296-305(1992).
27. Elizbreta, Gujska., Wanda., D.Reinhard., and khalil, khan.,: Physicochemical properties of field pea, pinto and navy bean starches. *J. Food Sci.*, **59**(3): 634-636 (1994).
28. Pomeranz, Y., Meyer, D., and Seibel, W.,: Wheat, wheat-rye and rye dough and scanning electron microscopy. *Cereal Chem.*, **61**(1): 53-59(1984).
29. 송재철, 박현정: 식품물성학. 울산대학교 출판부 (1996).
30. Irvine, G. N., J. W. and Martin, G. C., : A farinograph technique for marcaroni doughs. *Cereal Chem.* **38**: 153(1961).
31. 장경정, 이서래: 국산원료를 활용한 복합분 및 제품개발에 관한 연구. 제4보. 보리 및 고구마 복합분을 이용한 면류의 Texture특성. 한국식품과학회지, **6**: 65(1974).
32. 권미라, 안승요: 가열온도가 두류전분의 가용성 탄수화물의 용출양상과 전분겔 특성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **25**: 698(1993).

(1999년 8월 27일 접수)