

제빵과정에 있어서 밀가루 지방질, 쇼트닝 및 유화제의 역할

정 옥 경

미국농무성 곡류연구소
(1980년 9월 1일 수리)

A Three Way Contribution of Wheat Flour Lipids, Shortening and Surfactants to Bread-making

Okkyung Kim Chung

U.S. Grain Marketing Research Laboratory, USDA-SER-SEA-AR, Manhattan, KS 66502, USA

(Received September 1, 1980)

Abstract

Breadmaking is a complex system in which many variables govern the production of acceptable bread. Lipids, a minor component of wheat flour, function importantly in bread-making. Shortening, or fat, is one of the essential ingredients in commercial baking. Beneficial shortening effect depends on type and quantity of lipids present in wheat flour and also on wheat flour quality. Surfactants have been used in baking industry during last decade because certain surfactants can replace shortening and/or natural flour lipids. A proper combination of lipid-shortening-surfactant is more useful in the production of specialty breads such as whole wheat breads, high protein breads, high fiber breads or even non-wheat composite breads rather than in the production of regular white breads. This presentation is a review of recent studies on the contribution of flour lipids, shortening, and surfactants, alone or in combination in the production of breads; illustrations are mainly from data obtained in the author's laboratory.

서 론

대부분의 곡류는 전분이 주성분이고 단백질이 전분 다음의 성분이며 지방질은 미량성분에 속한다. 제분할 때 맥각과 배아부분을 제거한 후 남은 가루 상태의 배유부분이 소위 "밀가루"이다. 밀(whole wheat)의 지방질함량은 2~4%이나 밀가루에서는 거의 반으로 줄어 1~2% 정도이다. 밀 전체에 함유된 지방질성분과 밀가루의 지방질성분은 양적으로 질적으로 서로 다르다. (Table 1)⁽¹⁻³⁾. 밀가루의 지방질성분이 제빵에 중요한 역할을 하는 것은 거의 반세기 전에 이미 알려진 것이지만^(4,5) 더욱 더 체계적으로 연구한 것은 1960년도 이후라 하겠다. 이 분야에서 현저한 연구업적을 남긴 모든 연구결과를 전부 정리한다는 것은 불가능한 일이며

로, 본 논문에서는 저자가 근무하고 있는 연구실과 대학에서 나온 연구결과를⁽⁶⁻⁹⁾ 중심으로 검토하여 정리하고자 한다.

반응에 관여하는 밀가루의 주성분

밀가루의 주성분을 살펴 보면 70%가 전분이고 12%가 단백질, 2%가 지방질이며, 2%가 pentosan이고, 12%가 수분이다.

밀가루의 총 지방질은 반정도가 비극성 지방질(NL)이고 반정도는 극성지방질(PL)이며 PL의 반이 당지방질(주로 galactolipids), 나머지 반은 인지지방질이다⁽¹⁰⁾. NL의 주성분은 triglycerides(TG)이며, 당지방질의 반 이상이 digalactosyldiglycerides(DGDG)이며, 인지지방질의 경우는 lysophosphatidyl choline(LPC)과 phos-

Table 1. Lipid content and classes of wheat fractions

Lipids	Wheat fractions			
	Eran	Germ	Starchy endosperm	Whole wheat
Structural fraction(% Wheat) ^(a)	12	3	85	100
Lipid (% Fraction) ^(b)	6~7	8~20	1~2	2~4
Lipid classes (% Lipids) ^(c)				
I	0.5	3.7	trace	1.9
II	56.1	57.0	29.4	45.9
III	25.1	17.8	17.1	16.4
IV	22.5	16.5	52.4	32.0

(a) From Shellenberger and Ward⁽¹⁾

(b) From Mecham⁽²⁾

(c) From Nelson *et al.*⁽³⁾

I : Hydrocarbon and esters

II : Triglycerides

III : Fatty acids, sterols, mono- and di-glycerides

IV : Phospho- and glyco-lipids

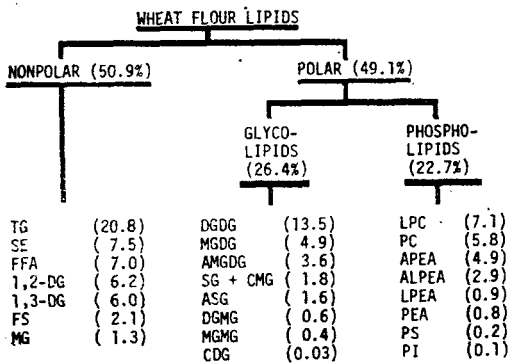


Fig. 1. Composition of total wheat flour lipids (extracted with water-saturated butanol)

The abbreviations are:

TG=triglycerides, SE=steryl esters, FFA=free fatty acids, 1,2-DG=1,2-diglycerides, 1,3-DG=1,3-diglycerides, FS=free sterols, MG=monoglycerides, DGDG=digalactosyl diglycerides, MGDG=monogalactosyl diglycerides, AMGDG=6-0-acyl monogalactosyldiglycerides, SG=steryl glucoside, CMG=ceramide monoglycerides, ASG=6-0-acyl steryl glucosides, DGMG=digalactosyl monoglycerides, MGMG=monogalactosyl monoglycerides, CDG=ceramide diglycosides, LPC=lysophosphatidyl choline, PC=phosphatidyl choline, APEA=N-acyl phosphatidyl ethanolamines, ALPEA=N-acyl lysophosphatidyl ethanolamines, LPEA=lysophosphatidyl ethanolamines, PEA=phosphatidyl ethanolamines, PS=phosphatidyl serines, PI=phosphatidyl inositols. (Adapted from reference 10).

phatidyl choline(PC 흔히 레시틴이라 불림)이 함께 반이상을 이룬다(Fig. 1). 총지방질이라 함은 물-포화 된 부탄올 용액(water-saturated butanol: WSB)으로 상온에서 추출한 것을 말한다.

지방질의 양과 질을 논할 때 추출용매가 매우 중요하다. 용매의 극성 및 용해특성에 따라서 추출되는 지방질의 양과 질이 달라지기 때문이다. 지방 추출특성의 차이를 이용하여 곡류화학자들이 흔히 사용하는 분류는 유리지방질과 결합 지방질이다(Fig. 2).

석유에테르(PE)나 헥산같은 비극성 용매에 의하여 추출되는 지방질 획득을 유리 지방질이라 하며 남은 잔재물에서 WSB이나 클로로포름-메탄올-물(CMW) 혼합용매같은 극성용매로 추출되는 지방질 획득을 결합 지방질이라 한다. 단백질등에 결합되어 있는 지방질을 추출하려면 그 결합을 파괴할 수 있는 CMW와 같은 강한 용매가 아니면 결합 지방질을 추출하기 어렵다.

Hoy⁽¹¹⁾는 일찌기 증기압 data를 이용하여 Hildebrand⁽¹²⁾가 정의한 solubility parameter ($\delta = \sqrt{\Delta E/V}$, 여기서 ΔE 는 internal energy, V는 molar volume임)를 제시한 바 있다. 이 때 유기용매에 비하여 물의 δ 는 상당히 높으므로(Table 2), 소량의 물을 포함한 유기용매의 혼합 용매는 δ 가 증가되어 결합 지방질을 추출하는 데 대단히 효과적이라 할 수 있다.

Table 2. Solubility parameters (δ) of solvents commonly used as lipid extractants

Solvent	$\delta^{(a)}$	Solvent	$\delta^{(a)}$
Hexane	7.27	Butanol	11.60
Diethyl ether	7.53	Propanol	12.18
Benzene	9.16	Ethanol	12.78
Chloroform	9.16	Methanol	14.50
Isopropanol	11.44	Water	23.53

^(a) From Hoy⁽¹¹⁾

그러나 δ 가 너무 높아지면, 지방질의 용해도가 낮아 지므로 용매의 δ 가 높다고 하여 지방질의 추출량이 증가되는 것은 아니다. δ 가 높은 용매를 쓸 때는 지방질 이외의 아미노산, 저급 펩티드 및 탄수화물이 함께 추출되기 때문에 전체추출물에서 지방질만 다시 분리하는 정제과정이 필요하다.

밀가루 지방질중 50~60%는 쉽게 PE로 추출되며 나머지 결합지방질은 WSB로 추출된다(Fig. 2). 밀가루 유리 지방질의 70~80%가 NL인데 비하여, 결합지방질 60~70%가 PL이다. Free PL과 bound PL은 질적으로 다르다. 즉, free PL의 65~70%가 다지박기(T

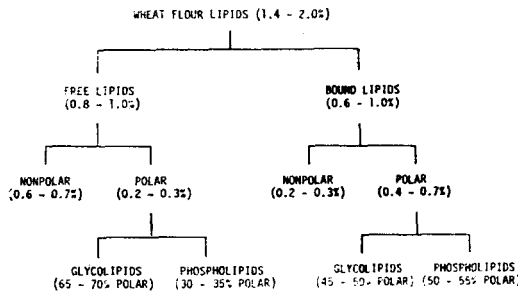


Fig. 2. Free and bound lipids in wheat flour (From reference 7)

GDG가 주성분인데 비하여 bound PL의 반 이상이 인지지방질(LPC가 주성분)이다(13). 당지방질은 인지지방질에 비하여 제빵에 특히 중요한 기능적 특성을 지녔기 때문에 free PL과 bound PL의 차이를 이해하여야 할 것이다.

밀가루 지방질을 연구하는 데 혼란을 일으키는 또 하나의 지방질 성분이 있다. 위에서 설명한 지방질 성분들 (Fig 1 및 2)은 non-starch lipid로써 전분입자밖에 존재하여 주로 단백질과 결합되어 있거나 단백질과 전분입자 사이에 존재하고 있는 반면, 전분입자안에 강력하게 결합되어 있는 starch lipid가 있다(14). WSB 같은 극성용매도 상온에서는 starch lipid를 추출할 수 없고 90°C 이상의 WSB나 butanol-water(65 : 95)만이 효과적으로 추출할 수 있다(14~17). 그 이유는 전분입자들이 높은 온도(전분 호화 온도 이상)에서 호화된 후에야 입자속에 결합되어 있던 지질이 추출될 수 있기 때문이다. starch lipid는 전체가 monoacyl lipid이며 86~94%가 LPC이다(14).

한편, 밀가루 단백질의 80%정도가 글루텐이다. 글루텐을 크게 둘로 나누면 반이 글리아닌 (70% 알칼리에 용해되는 prolamines의 혼합단백질)이고 나머지 반은 글루테닌(약산이나 염기에 용해되는 글루틸린의 혼합단백질)이다. 밀가루안에 포함되어 있는 단백질의 양 및 그 특성이 빵의 품질을 결정시켜 주는 데 중요한 역할을 하는 것은 잘 알려진 사실이며(18), 양보다 더 중요한 것이 질이다. 단백질의 양은 밀을 재배하는 조건에 따라 많이 좌우되는 것이지만, 단백질의 질은 밀의 품종에 따라 달라진다. 그러므로 단백질 양, 빵의 부피(LV)간의 관계를 연구한 결과 빵의 부피는 단백질의 양이(8~18%) 증가함에 따라 증가되나 그 증가율은 밀의 품종에 따라 다르다(Fig. 3). 증가율의 차이는 품종에 따른 단백질 특성 차이에서 온다고 할 수 있다. 즉, 제빵특성이 우수한 품종의 밀가루는 단백질의 양이 1% 증가함에 따라 100g의 밀가루로 만든 빵의 부피

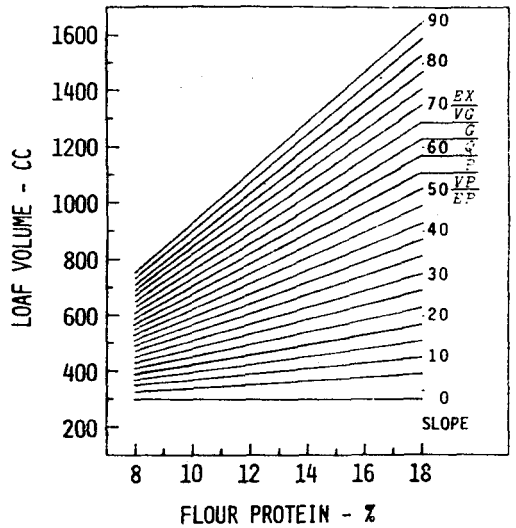


Fig 3. Loaf volume (100 g flour) versus protein content regression lines for correcting loaf volumes of wheat varieties to a constant protein basis. Slope is rate of change in loaf volume per 1% protein (From reference 18)

가 70 ml 증가되는 반면에 품질이 좋지 않은 품종의 밀가루는 50 ml 밖에 증가되지 않는다. Ottawa Selection 같은 질이 좋지 못한 밀가루는 1% 증가할 때 15 ml 정도밖에 증가되지 않는다. 단백질 양이 같은 12%라 해도 품질에 따라 빵의 부피가 1100 ml가 되는 품종이 있는 반면에 400 ml도 안되는 것이 있다.

밀가루를 전분, 수용성물질, 글루텐으로 분획한 후, 다시 조합하여 제빵하는 방법을 이용하여 밀가루 각 구성성분들의 제빵에서의 역할을 연구할 수 있다. 더우기 글루텐을 글리아닌과 글루테닌으로 분리한 후 재조합하여 연구할 수도 있다. 품질이 좋은 품종의 밀가루와 좋지 않은 것의 구성성분들을 분획한 후 재조합할 때 글루텐, 또는 글리아닌이나 글루테닌을 서로 다른 밀가루의 것과 바꾸어 제빵할 수도 있다. 그런 연구결과를 살펴보면(19) 글리아닌이 빵의 부피를 지배하는 반면에 글루테닌이 반죽할 때 요하는 반죽형성 시간을 지배한다는 결론을 내릴 수 있다.

앞에서 설명한 바와 같이 전분이 밀가루의 주성분(65~70%)이며, 전분의 아밀로오스에 대한 아밀로펙틴의 비율은 대략 1 : 3이다. 종류가 다른 밀가루(hard wheat, soft wheat, durum wheat 등등)에서 전분을 분획하여 그 성분을 교환하거나, 심지어는 다른 곡물(보리, 호맥)의 전분을 대치하여 제빵함으로써, 전분의 제빵특성을 연구한 보고가 많으나 결론이 일치되지

않고 있으며, 상세한 것은 Pomeranz의 보고를 참조하기 바란다⁽²⁰⁾.

제빵 과정 중 지방질성분의 결합반응

제빵에서의 첫 과정은 반죽(dough mixug)을 하는 것이며, 반죽과정 중 다음과 같은 여러가지 현상이 일어나고 있다. 제빵에 필요한 여러 원료가 균일하게 혼합되고, 주입된 물에 의하여 밀가루 단백질이 수화됨으로써, 소위 “글루텐” (dough protein의 artifact)이 형성된다. 반죽형성은 주로 품종의 특성(단백질 특성)에 따라 좌우되지만, 때로는 밀가루 이외에 첨가하는 기타 원료 성분(물 포함)에 따라 다소 영향을 받는다. 또한 반죽할 때 글루텐의 3차 구조가 적당하게 형성되어 빵의 품질에 결정적인 영향을 주게 된다.

그리고 반죽과정중 밀가루가 물과 접촉하게 되고 밀가루지방질이 단백질과 결합하여 글루텐구조를 형성한다. 글루텐형성시, lipid binding이 일어난다는 것은 1947년에 Olcott와 Mecham⁽²¹⁾이 보고한 후 많은 연구논문들이 발표된 바 있다^(2,6~8,20,22).

제빵에서 두번째 과정이 발효과정이다. 발효에 있어서 지질의 기능이 무엇인지는 많이 연구되지 않으며 반죽과정에서 일어나는 것과 같은 큰 역할을 하지 않

는 것으로 알려져 있다.

제빵의 마지막 단계는 굽는 과정이며, 이 과정에서 lipid binding은 더 촉진되며 특히 결합위치가 바뀐다고 보고되어 있다. 즉 반죽과정에서 형성된 lipid-protein binding이 고온에서(굽는 과정) 단백질이 변성되므로써 binding이 약화되고, 새로운 결합관계를 고온에서 호화된 전분과 맺게 된다^(23,24). Lipid binding이 비록 전환된다고⁽²⁴⁾ 하였지만, 변성된 단백질과 호화된 전분이 혼합되어 있는 속에서 결합위치의 전환이 명백하게 일어난다고는 생각하기 어렵다. 그러나 반죽과정이나 발효과정동안 비교적 비활성적이었던 전분이 굽는 과정에서 활발하게 활성화되며, 지질과 단백질이 상호반응하는 것만은 명백하다고 할 수 있다. 따라서 starch lipids가 제빵 특성에 영향을 미치고 있다면 그것은 굽는 과정에서 활발하게 기능을 발휘할 수 있다고 하겠다. 최종 생산품인 빵의 품질 및 빵의 저장시 굳어지는 (staling)속도 등 많은 요소들이 결정되는 중요한 단계가 굽는 과정이지만, lipid binding에 관하여 가장 연구가 많이 되어 있는 제빵단계는 역시 반죽과정이다.

Table 3에서 보는 것과 같이 반이상(60~70%)의 밀가루 유리지방질이 반죽하는 동안 타성분과 결합되며, 특히 유리 당지방질이나 유리 인지지방질은 거의 다 결합

Table 3. Lipids extracted from 10g (dry basis) flour, optimally-mixed dough and bread^(a)

Sample	Lipids(mg/10g Sample) ^(b)							
	Free				Bound			
	UL	NL	GL	PL	UL	NL	GL	PL
Flour	109	74	24	11	136	62	42	52
Dough (lyophilized)	49	45	3	1	206	67	71	68
Bread (lyophilized)	24	22	—	2	241	85	67	89

(a) From Chung *et al*⁽²⁵⁾

(b) Free lipids were extracted with petroleum ether(PE) on a Soxhlet and bound lipids were extracted with water-saturated butanol in a Stein Mill at room temperature after PE-extraction. UL=unfractionated lipids; NL=nonpolar lipids; GL=glycolipids; PL=phospholipids.

되어 잘 반죽된 것을 동결건조한 후 PE로 추출할 때 거의 추출되는 것이 없다. 그리고 반죽 속의 유리지방질 중 반 이상이 굽는 과정에서 결합된다. 밀가루 지방질과 빵 지방질을 상호 비교해보면 80% 정도의 밀가루 유리 지방질이 제빵 중 결합되며 당지방질 및 인지지방질의 경우 거의 다 결합되어 동결건조시킨 빵에서 PE로 추출한다고 해도 추출이 되지 않는다. 빵에서 추출된 인지지방질의 양이 밀가루에서 추출된 양보다 많은 것은 WSB로 상온에서 추출되지 않았던 밀가루 starch lipid가 빵에서 추출된 것으로 보이며, 이는 빵 안에 있는 전분이

호화된으로써 추출이 가능하였기 때문이라고 생각된다.

밀가루 지방질의 역할

제빵에서 밀가루 지방질의 역할은 제빵원료구성 및 밀가루 자체에 함유하고 있는 지방질의 양과 질에 따라 다르기 때문에 그 역할을 논함에 있어서 각별한 주의가 필요하다. 밀가루 지방질의 역할을 살펴 보기 위하여 많은 연구자들은 밀가루를 탈지한 후, 제빵하여 그 빵의 부피나 품질을 탈지하지 않은 원래의 밀가루로 만든 빵

과 비교하여, 그 차이가 밀가루 지방질에 의한 것이라고 결론내리고 있다. 그러나, 앞에서 언급한 바와같이 탈지할 때 추출용매⁽²⁶⁻²⁸⁾, 추출기⁽²⁷⁾, 추출온도^(27,28), 추출시간, 심지어 밀가루 수분함량⁽²⁸⁾에 따라서 추출되는 지방질의 양과 질이 다르기 때문에, 탈지할 때 지방질이외의 단백질이나 전분에 영향이 미치지 않도록 탈지법의 선택을 신중히 해야 한다. 이 때 탈지한 밀가루에, 추출한 지방질을 원래의 양대로 가해 주어, 다시 조합된 밀가루에서 만든 빵이 탈지하지 않은 원래의 밀가루로 만든 빵과 품질이 동일한 것을 반드시 확인하여야 한다. 좋은 예로 WSB와 같은 용매는 밀가루 지방질을 상온에서 추출하는 경우 가장 효과적일 용매라고 할 수 있으나⁽²⁾ 지방질의 기능과 특성을 연구하는 데에는 사용할 수 없는 용매이다. 왜냐하면 WSB로 탈지된 밀가루는 추출된 지방질을 원래량 또는 그 이상을 다시 넣어주어도 빵의 질이 극히 불량하게 되는데, 이것은 WSB로 탈지할 때 부탄올이 전분입자 안에 있는 아밀로오스의 helix안에 들어가서 아밀로오스와 결합들을 형성한다. 일단 helix안에서 아밀로오스와 결합된 부탄올은 어떠한 방법으로도 전분에서 제거할 수 없다. 전분과 결합된 부탄올은 효모활성을 저해하므로 반죽이 제대로 발효되지 않고 결과적으로 나쁜 품질의 빵을 생산하게 되는 것이다. 따라서 이러한 탈지법을 사용하여 지방질의 역할을 연구하려 한다면 커다란 과오를 범하게 된다.

빵의 품질을 비교할 때 빵의 부피, 무게, 색, 빵내부 조직 등 여러가지를 고려해야 하지만, 가장 정량적이면서 다른 품질특성까지 포함하여 알 수 있는 것이 빵의 부피라 할 수 있다. 밀가루 지방질의 기능특성은 원료배합에 있어서 쇼트닝이 포함되고 안된 것에 따라서도 다르다. 예를 들면, regional baking standard flour (a composite of many hard, red winter, HRW wheats)에서 PE로 유리지방질을 추출한 후(밀가루 전질 중량의 1.0%), 지방질을 두 종류로 분리하였다. 즉 silicic acid column에서 chloroform으로 우선 NL (0.7% of flour weight)를 유출한 후 methanol로 PL(밀가루 무게의 0.3%)을 유출하였다. 다음, 어느 종류의 밀가루 지방질이 제빵에 중요한가를 살펴보기 위하여, 0.7%에 해당하게 NL만 탈지한 밀가루에 가하고 또한 0.3%에 해당하게 PL만 가하여 재조합하였다. 네 종류의 밀가루(원래밀가루, 탈지밀가루, 두가지의 재조합 밀가루)를 이용하여 제빵할 때, 한 쪽은 쇼트닝이 없이 원료배합하였고 (Fig. 4, 위), 다른 한 쪽은 3% 쇼트닝을 포함하여 제빵하였다(Fig. 4, 아래) 쇼트닝이 포함되지 않았을 때 유리지방질(NL+PL)이 밀가루 안에 있건 없건 큰 차이가 없었고 또한 NL만

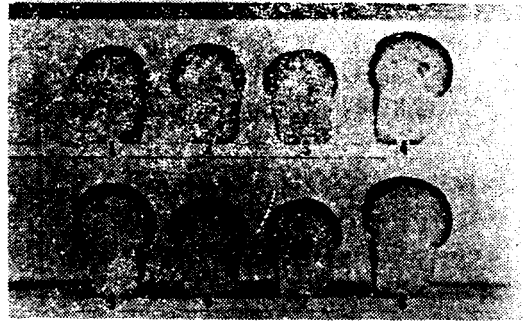


Fig. 4. Loaves baked without shortening (top row) or with 3% shortening (bottom row) from untreated RBS-75 flour (1 and 5), flour defatted with petroleum ether (2 and 6), flour defatted and then reconstituted with nonpolar lipids only (3 and 7), and flour defatted and then reconstituted with polar lipids only (4 and 8)

원래의 양대로 넣어줘도 차이가 없었지만, PL의 경우는 원래량(밀가루의 0.3%)대로 가했을 때(빵 4)는 대조(빵 1)에 비교할 수 없을 정도로 품질이 좋은 빵이 되었다. 3% 쇼트닝이 원료배합에 포함되었을 때는 비로소 원래 함유된 밀가루 지방질의 중요한 역할이 나타난다(빵 5 및 6). NL만 넣었을 때는 그 양이 PL보다 두 배 이상임에도 불구하고 탈지된 밀가루로 만든 빵과 거의 비슷하고(빵 6, 7), PL만 넣었을 때는 최고품질의 빵을 생산할 수 있었다(빵 8). 그러므로 PL은 제빵에 좋은 품질 개선제인 반면에 NL은 효과가 없거나 오히려 어떤 때는 품질을 저하시키고 있음을 알 수 있다.

밀가루를 잘못 저장하면 밀가루 성분중 제일 먼저 변화를 일으키는 것이 지방질이다. acylate 되어 있던 지방산이 가수분해되어 유리지방산량이 정상보다 높게 되고 생성된 유리지방산은 빵의 품질을 저하시킨다⁽³⁰⁾. 한 예로 Marquis flour(수분 14%, 신선밀가루 및 6개월 저장 밀가루) 100g을 사용하여 정규 원료배합(3% 쇼트닝 포함) 및 제빵 방법으로 만든 빵의 부피 차이가 300 ml이나 크게 나타났다(Fig. 5). 그 차이는 주로 지방질이 변하기 때문이다. 신선밀가루에서 PE로 추출한 유리지방질(NL+PL)을 저장밀가루에 가했을 때 빵의 부피가 증가는 했지만, 신선 밀가루 빵의 부피까지 증가시키려면 유리 PL의 2%까지나 더 가하여야 했다. 이와 같이 많은 양의 PL이 저장 밀가루에서 소요되는 이유는 원래의 밀가루 지방질이 변하여 (PL이 가수분해됨) 품질을 저하시킨 그 만큼을 더 보완해 주어야 하기 때문이었다⁽³¹⁾.

밀가루 단백질의 품질이 밀의 품종에 따라서 다르다

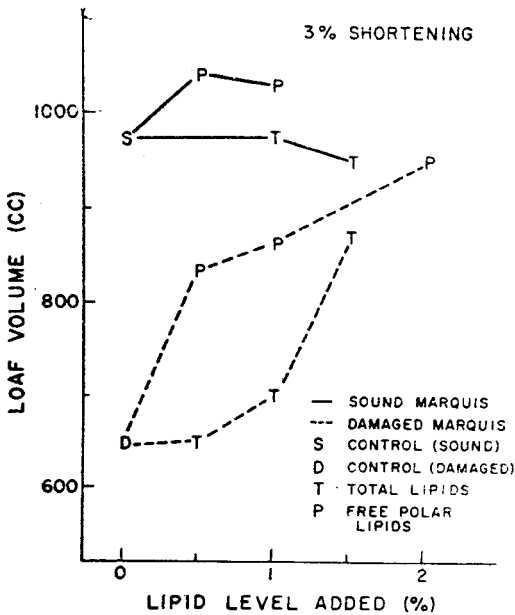


Fig. 5. Effects of the added lipids on loaf volume of bread baked with 3% shortening from the sound and damaged (improper storage) Marquis flours (Drawn with data in reference 31)

고 앞에서 언급하였는데 밀가루 지방질의 품질(lipid quality)도 품질에 따라 차이가 있음이 최근에 보고되었다(29). 지방질의 품질을 NL/PL 비로 표시하여 본다면 여러 종류의 밀가루에서 추출한 지방질의 NL/PL 비와 여러 종류의 밀가루로 만든 빵의 부피와는 직선적 관계에 있다.

HRW제 밀 가운데서 빵의 부피가 아주 다른 다섯 종류의 밀가루를 선택하여 지방질을 추출하고 이의 NL/PL 비를 구하였다. 여섯 용매로 추출하였는데 용매의 δ 가 높을수록 추출해낸 지방질의 NL/PL 비가 적어진다. 왜냐 하면 δ 가 낮은 PE로 NL은 거의 다 추출할 수 있으며 δ 가 높아질수록 추출해내는 PL의 양이 증가되기 때문이다(Fig. 6), 여섯 용매중 PE가 추출된 지방질의 양이 제일 적었고 또 NL/PL 비가 제일 높았다. 그와 반대로 WBS가 가장 많은 양을 추출하였으며 추출된 지방질의 NL/PL 비가 제일 낮았다. NL/PL 비와 빵의 부피간의 직선적관계중 PE로 추출하였을 때 구매가 제일 크다. 그러므로 NL/PL 비로 다섯 밀가루의 빵부피를 비교 구별하는데 PE가 가장 적절한 용매였다. 더 나아가서, HRW 밀 가운데서 21개의 밀과 그에 해당하는 밀가루를 선택하여 제빵한후 빵의 부피를 구하였고 PE로 유리지방질을 밀과밀가루에서 각각 추출하여 NL과 PL로 분리한 후 NL/PL 비

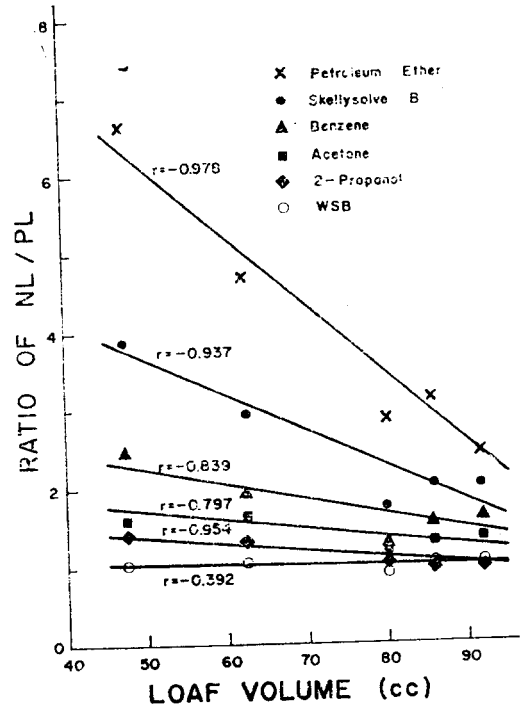


Fig. 6. Loaf volume of bread baked with 10g HRW wheat flours versus the ratio of nonpolar lipids(NL) to polar lipids(PL) extracted with petroleum ether, Skellysolve B, benzene, acetone, and 2-propanol by a Soxhlet method and with water-saturated n-butanol (WSB) by a Stein mill (From reference 29)

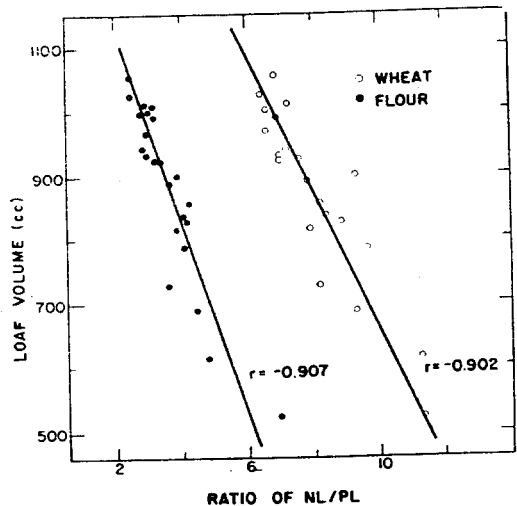


Fig. 7. Linear relation between the ratio of nonpolar lipids (NL) to polar lipids (PL) of HRW wheat or flour and loaf volume of bread baked with 100g flour (From reference 33)

를 구하여 그 관계를 연구 보고한 것이 있다(Fig. 7)⁽³²⁾. 여기서 밀이라고 하는 것은 밀 전체를 분쇄시킨 whole wheat flour를 말하며, 밀가루는 milled flour(70% 정도의 whole wheat)를 말한다. 밀과 밀가루에 있는

free PL의 양과 그에 해당하는 밀가루에서 만든 빵의 부피와도 상당한 직선관계에 있다(Fig. 8). 밀 또는 밀가루(Fig. 8, 아래) 100g에 200mg 이상의 free PL가 있는 품종들은 빵의 부피가 900 ml 이상으로 제빵에 좋은 품종을 보여 준다. 단백질의 특성이 좋은 품종의 밀가루 100g에서 동 단백질이 1,000mg 증가함에 따라 빵의 부피가 60~70 ml 증가됨에 비하여^(18,13), 100g 밀가루당 free PL가 1mg 증가함에 따라 부피가 3.31 ml 씩 증가된다(Fig. 8, 아래). 이것으로 보아 free PL가 밀가루의 제빵특성중 빵의 부피에 주는 영향이 대단히 크다고 볼 수 있다.

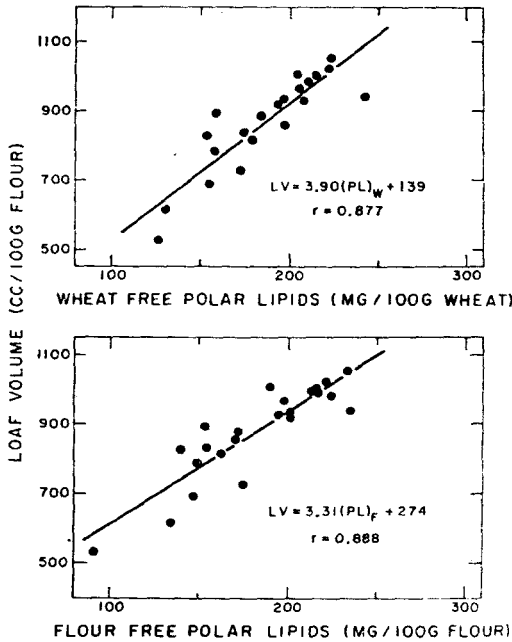


Fig. 8. Linear relation between free polar lipids in wheat, (PL)_w, (top) and in flour, (PL)_f, (bottom) and loaf volume (LV) of bread baked with 100 g flour (From reference 32)

크게 나눈 두 종류의 지방질(NL과 PL)안에 또 여러 지방 성분(Fig. 1)들이 있는데, 각 성분들의 역할은 Table. 4에서 볼 수 있다. Dafray등⁽³⁴⁾이 유리지방질을 추출한 탈지 밀가루에 추출 후 분리된 지방질을 다시 가하여 제빵하였다. 쇼트닝이 들지 않은 원료로 제빵했을 때 탈지한 밀가루에서 만든 빵보다 더 좋은 빵을 만들게 된 것은 바로 PL(당지방질과 인지지방질의 혼합지방질)때문으로 판단되었다. 같은 0.2% 수준에서 분리된 인지지방질은 빵의 부피는 10 ml 감소한 반면에 당지방질(DGDG+MGDG)은 140 ml 증가시켰다(Table 4). 분리시킨 DGDG와 MGDG는 한데 합쳐서 가했을 때와 같은 증가를 보였고 NL은 혼합되어 가했을 때나 분리하여 각 성분들(TG, DG, MG)을 가했을 때나 다 같이 빵의 부피를 감소시켰다. 그러나 2% 쇼트닝이 원료구성에 포함되었을 때는 탈지한 밀가루에서 만든 빵보다는 어느 구성성분을 첨가하였건 모두 빵의 부피가

Table 4. Effects of lipid fractions on loaf volume (cc) response to shortening (three per cent) in bread baked from 100g petroleum ether-defatted marquis flour^(a)

Lipid Description	Lipid level(g)	Loaf volume(cc)		
		Shortening		Response to Shortening ΔLV ^(b)
		0%	3%	
None	0	750	720	-30
Unfractionated	0.8	775	885	+110
Polar (PL)	0.2	925	925	0
Nonpolar (NL)	0.6	700	815	+115
Triglycerides (TG)	0.4	725	803	+83
Diglycerides (DG)	0.2	733	815	+82
Monoglycerides (MG)	0.1	738	875	+137
Phospholipids	0.2	740	860	+120
Glycolipids	0.2	890	—	—
Digalactosyl glyceride (DGDG)	0.2	875	935	+60
Monogalactosyl glyceride (MGDG)	0.2	890	875	+5

(a) From Chung and Pomeranz⁽⁶⁾

(b) Calculated from data in reference (34). ΔLV=LV(s)-LV(o) where LV(s) and LV(o) are, respectively, loaf volume (LV) of breads baked with and without three per cent shortening.

증가되었으며 가장 큰 효과를 보여 준 것이 0.2% 수준의 DGDG였다.

Mac Ritchie⁽³⁵⁾의 보고에서는 지방질의 제빵특성은 그의 극성정도에 비례하는 것 같다고 하였다. 쇼트닝이 원료에 안 들어 있을 경우 극성이 높은 지방질(DG, DG와 인지지방질)은 빵의 부피를 증가시키고 극성이 중간 정도의 지방질(MG, FFA, MGDG)은 빵의 부피를 감소시키며, 극성이 낮은 지방질(TG)은 단독일 때는 빵의 부피에 무관하지만, 다른 지방질 성분들과 공존할 때는 빵의 부피를 증가시킨다고 하였다. 그러나 이러한 현상은 탈지한 밀가루에 가해 줄 때 그런 경향이 있으나 보통 밀가루(이미 원래의 지방질이 함유되어 있는 밀가루)에 넣었을 때나, 가해주는 양에 따라 지방질이 제빵특성에 미치는 영향이 다르기 때문에 실용면에서는 신중히 고려되어야 할 것이다.

지방질-쇼트닝의 효과

쇼트닝 혹은 기타 지방질원료는 제빵에 있어서 필수적인 원료성분이다. 우선 반죽할 때 반죽기 자체나 손

에 끈적거리며 붙는 것을 막아주고, 제빵과정마다 조작하기 쉽게 해주며, 빵의 부피를 증가시키고, 빵내부 조직을 향상시키며, 빵을 저장하는 동안 굳어지는 것도 지연시킨다. 쇼트닝 양은 제빵공정(연속, 회전, straight dough 또는 sponge dough)에 따라서 사용량이 달라지겠지만 유럽의 나라들이 미국보다 일반적으로 적은 양(밀가루의 1~1.5%)을 쓴다. 저자의 연구실에서는 straight dough 공정을 쓰며, pup loaf(100g 밀가루)이건 micro loaf(10g 밀가루)이건 일반 원료 구성에는 밀가루 무게의 3%에 해당하는 쇼트닝을 포함시킨다.

쇼트닝(3% 정도)이 빵의 부피를 증가시키는 데에는 원료 밀가루 지방질이 필요하다(Fig. 4). 즉, 탈지하지 않은 밀가루를 사용할 때 3% 수준의 쇼트닝의 역할은 대단히 크다(Fig. 4의 빵 1, 5). 그러나 탈지한 밀가루나 탈지한 데에 NL만 가한 밀가루로 제빵할 때 쇼트닝의 작용이 별로 없다(Fig 4의 빵 2, 6 및 빵 3, 7). 밀가루에 PL만 가한 경우엔 보통 밀가루에서 만큼의 큰 증가는 아니나, 빵은 부피도 다소 증가되었고 빵내부 조직도 향상되었다 (Fig. 4의 빵 4, 8). 빵의 부

Table 5. Effects of lipid fractions on loaf volume (cc) response to shortening (two per cent) in bread baked from 25g untreated or petroleum ether (PE-defatted) Chris flour (1968 crop year)^(a)

Lipid type and level (%)	Loaf volume (cc) response of bread from ^(b)	
	Untreated flour $\Delta LV(cc)$	PE-defatted flour $\Delta LV(cc)$
None (Control)	+37	+4
Fraction 1 (Nonpolar Lipids)		
0.01	+29	+28
0.25	+23	+27
0.50	+29	+44
Fraction 2 MGDG:DGDG:Others=81.4 : 11.8 : 6.8)		
0.10	+35	+20
0.25	+35	+35
Fraction 3 (MGDG:DGDG:Others=5.1 : 46.2 : 48.7)		
0.01	+29	+26
0.25	0	-1
0.50	0	-3
Fraction 4 (DGDG:DGWG:Others=71.3 : 15.5 : 13.2)		
0.20	+27	+26
0.40	+20	+15
0.60	+13	-11
Fraction 5 (Phospholipids)		
0.10	+38	+10
0.25	+27	+30
0.50	+21	+26

(a) From Chung and Pomeranz⁽⁶⁾

(b) Calculated from data in reference (36) $\Delta LV = LV(s) - LV(o)$, where LV(s) and LV(o) are, respectively, loaf volume (LV) of bread baked with and without two per cent shortening.

피에 영향을 주는 쇼트닝의 영향은 탈지한 밀가루에 어떤 지방질 성분을 가하였는가에 따라 다를 뿐 아니라 (Table 4), 같은 지방질 성분을 가했다 해도 그 양에 따라 다르다 (Table 5). 가해준 지방질의 성분과 양이 같다고 해도 탈지한 밀가루에 가하느냐 혹은 탈지하지 않은 밀가루에 가하느냐에 따라 쇼트닝의 영향이 다르다. 좋은 예로는, Table 5에서 보는 바와 같이 fraction 4와 5를 가할 때이다. 2% 쇼트닝을 원료구성에 포함함으로써, 빵 풀질을 향상시키고자 할 때는 밀가루 안에 원래의 지방질이 함유되어 있어야 하며, 원래의 지방질이 제거되는 양이 많을수록 쇼트닝의 역할은 오히려 저해된다 (Fig. 9) (37). 네 종류의 용매를 쓰되 추출온도도 다르게 함으로써 한 밀가루를 탈지하여 15개 종류의 탈지밀가루를 얻었을 때 동 15 종류의 밀가루에서 제거된 지방질의 양과 질은 모두 다르다. 이

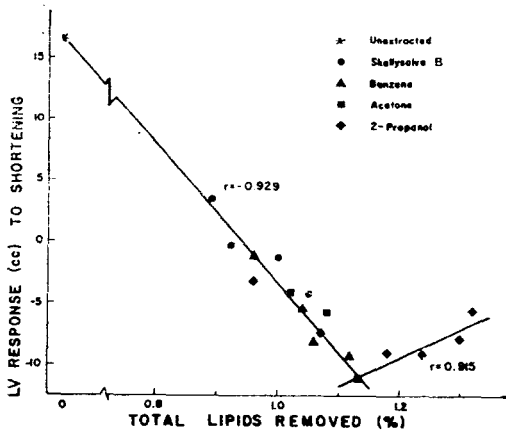


Fig. 9. The effect of total lipid removal on loaf volum (LV) response to shortening LV response to shortening was calculated by subtracting the LV of bread baked without shortening from the LV of bread baked with shortening for comparably defatted flours (From reference 37)

때 각 밀가루에서 제거된 NL량은 거의 같았지만, 용매와 추출온도에 따라 제거된 PL량은 많이 달랐다. 그러므로 같은 밀가루이지만 그 안에 있는 원래 PL를 제거하던 할 수록 쇼트닝은 나쁜 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 제빵특성(특히 빵의 부피)이 좋은 밀의 품종이나 밀가루일수록 자연적으로 PL량이 많아서 (Fig, 8) 3% 쇼트닝이 빵의 부피에 끼치는 영향이 밀가루의 품종에 따라 다르다 (38). 좋은 품종의 밀가루는 제빵시 쇼트닝의 이익을 받으나 나쁜 밀가루는 이익을 적게 받을 뿐 아니라 심지어는 해를 받는 경우도 있다.

보통 사용되고 있는 쇼트닝첨가 수준은 3%이지만 과잉(12%)의 쇼트닝을 사용할 때 어떤 영향을 주며, 또

한 제빵에 중요한 역할을 하는 밀가루지방질을 쇼트닝이 대체할 수 있는가 여부를 연구한 것이 있다 (38). 즉 밀가루에서 PE로 유리지방질을 추출하고 2-propanol로 총지방질(유리지방질+결합지방질)을 제거하였다. 두 가지의 탈지된 밀가루(PE탈지, 2-propanol탈지)에 추출분리된 NL과 PL를 각각 원래 함량 대로 가하여 제조하였다. 10g(14% 수분함량)의 밀가루로 micro-baking technique에 의해 제빵하였다. 밀가루에 들어 있는 지방의 양과 질에 따라 수분흡수나 반죽특성이 다소 다르기는 하였지만, 일반적으로 0%에서 12% 사이의 쇼트닝 첨가수준에서는 수분흡수가 5%정도 감소되

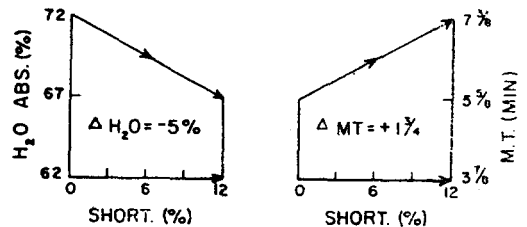


Fig. 10. Schematic diagrams of water absorption (left) and mixing time (right) affected by shortening levels (Adopted from reference 39)

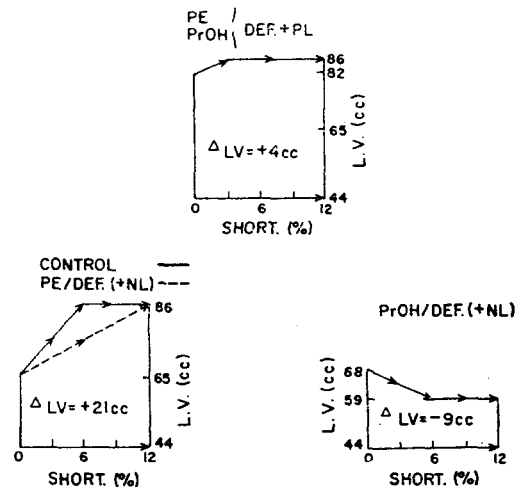


Fig. 11. Schematic diagrams of loaf volumes of breads affected by shortening levels Breads baked from 10g flour defatted by petroleum ether (PE) or 2-propanol (Pr OH) and then reconstituted with polar lipids (PL) only at the native level (top), from control flour, PE-defatted with PE and then reconstituted with nonpolar lipids (NL) only at the native level (left), and from PrOH-defatted flour or its reconstituted with NL only(right). (Adopted from reference 39)

는 반면에 반죽시간은 약 75초 증가시켰다(Fig. 10). PE 또는 PrOH로 탈지한 밀가루에 PL만 가한 경우, 필요한 쇼트닝첨가량은 1.5~3%면 충분하였고(Fig. 11, 위), 대조구인 일반 밀가루에서는 3%에서도 좋으나 6%에서 빵의 부피가 좀 더 증가되었다. 유리지방질을 제거한 PE-탈지 밀가루에 NL만 가해준 때는 12%라는 과량의 쇼트닝을 넣어주므로서 겨우 free PL의 역할을 대체할 수 있었다(Fig. 11, 왼쪽). 하지만, 총 지방질 (free+bound)을 PrOH로 제거해준 경우에는 NL의 존재에 상관없이 쇼트닝이 total PL을 대체할 수 없었다(Fig. 11, 오른쪽). 12%나 되는 수준에서 free PL을 대체할 수 있는 쇼트닝의 역할을 알았고, 동시에 0.3% 밖에 안 되는 밀가루 free PL나 0.6%인 total PL의 역할이 제빵에 끼치는 중요성은 재인식할 수 있다.

유화제-지방질-쇼트닝의 복합 효과

밀가루 안에 있는 단백질의 양과 질이 다 좋을 뿐만 아니라, 지방질의 양과 질이 좋아서 풍족한 PL이 들어있을 때엔 2~3% 쇼트닝으로 품질이 좋은 빵을 생산할 수 있다. 그리고 지난 20년간 지방질 관련 유화제에 관한 연구를 많이 행한 바 있다. 유화제 중 MG (monoglyceride)는 이미 1950년도에도 제빵 공업에서 많이 사용되었는데, 그 이유는 빵이 생산된 후 식용될 때까지의 저장시 빵의 노화를 감소시켜 수일간 빵이 굳지 않고 말랑말랑하게 하는데 가장 큰 이유가 있다. 다른 한 가지 이유는 유화제를 쇼트닝과 함께 사용함으로써 쇼트닝의 양을 감소시켜 보자는 것이었다. 그러나, 저자의 의견에는 유화제가 가장 중요한 역할을 할 수 있는 것은 특수 빵을 생산할 때인 것 같다. 특수빵이라 하면 단백질 양을 높여주기 위한 고단백 빵 (10%나 15%의 밀가루를 콩가루같은 것으로 대체한 것), high-fiber bread(변비를 막기위해 밀겨같은 섬유량이 높은 것을 밀가루에 가하거나 대체시킨 것), whole wheat bread, rye bread 같은 것, 또는 밀가루가 아닌 다른 곡식류의 가루(쌀, 보리, 수수 등)로 제빵을 한 빵을 들 수 있겠다.

영양, 맛, 경제성 등등의 이유로 밀가루 이외의 다른 것을 보충할 때엔 밀가루만을 이용하여 만든 빵보다 생산품의 품질이 좋지 못하다. 가장 큰 원인은 밀가루를 반죽할 때 형성되는 글루텐이 다른 보충재료로 인하여 글루텐양 자체가 희석되고, 글루텐조직을 형성하는 데 큰 역할을 하는 밀가루 PL의 양이 역시 희석되기 때문이다. 밀가루 아닌 다른 보충물이 포함된 단백질은 글루텐이 아닌 보충된 단백질이 반죽할 때 글루텐과 상호 반응함으로써 글루텐형성을 방해한다. 이

를 막기 위해서는 밀가루 PL이 중간에서 다리꾼 놓아주므로써 보충된 단백질이 글루텐 조직에 방해없이 끼어들어가게 되는데, 원래 밀가루 자체의 PL만으로는 부족하여 비슷한 역할을 할 수 있는 유화제를 필요로 하는 것이다.

콩가루를 사용하여 밀가루를 부분적으로 대체하여 만든 고단백 빵만을 우선 논해보기로 한다. 탈지한 밀가루에 NL과 PL을 각각 가함으로써 밀가루에 포함되어 있는 지방의 양과 질을 다르게 한 후 밀가루 4%와 10%를 콩가루(Ardox 550, Archer Daniels Midland Co.)로 대체하여 제빵한 실험에서 다음과 같은 결과를 볼 수 있다(Fig. 12). 3% 쇼트닝이 들어있던(Fig. 12, 위)없던 (Fig. 12, 아래) 빵의 부피는 콩가루량이 증가함에 따라 감소된다. 다만 PL-재조합 밀가루에서 4%

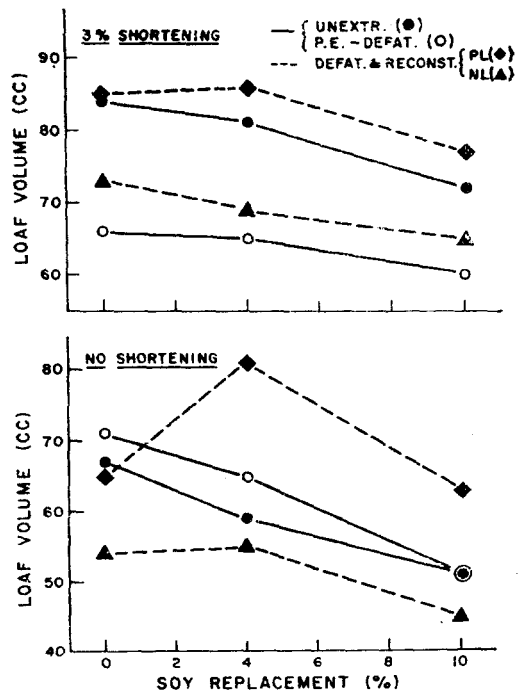


Fig. 12. Effects of soy flour replacement on loaf volume of breads baked with 3% shortening (top) or without shortening (bottom) from 10 g flour (100% wheat or wheat/soy blend) Wheat flours were unextracted control, defatted with petroleum ether (PE), PE-defatted and then reconstituted with polar lipids (PL) or nonpolar lipids (NL) at its native level (From reference 9)

콩가루로 대체하였을 때만은 예외이다. 반죽 개량제로 많이 쓰이는 ethoxylated monoglycerides(EMG)를 탈지한 밀가루에 밀가루지방을 대신하여 가하거나, NL-

재조합 밀가루에 PL대신으로 가해주거나 PL-재조합 밀가루에 NL대신으로 가하여 제빵함으로써 고단백 빵을 생산할 때 원래 밀가루지방질을 EMG가 대체할 수 있는 가능성을 연구한 보고가 있다. 이 연구에서는 밀가루원료를 100% 밀가루, 96% 밀가루에 4% 콩가루. 그리고 90% 밀가루에 10% 콩가루로 시험하였다(Fig. 13). 첫 경우(100% 밀가루)에는 탈지한 밀가루에 원래 수준의 PL을 가해준후 NL대신에 그에 해당하는

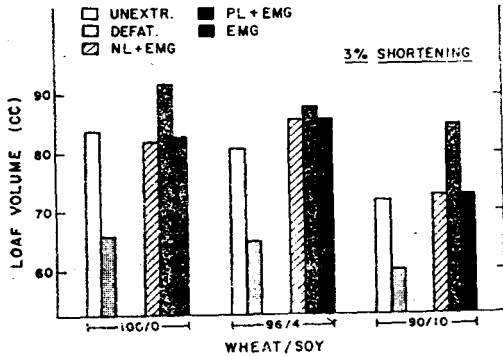


Fig. 13. Loaf volume of bread baked with 3% shortening from 10 g of wheat flour (100/0), wheat/soy (96/4) blend, and wheat/soy (90/10) blend

Each set included unextracted control wheat flour, flour defatted with petroleum ether, flour defatted and then reconstituted with nonpolar lipids (NL) plus ethoxylated monoglycerides (EMG) replacing polar lipids (PL), flour defatted and then reconstituted with EMG replacing total free lipids (From reference 9)

양의 EMG를 가해줄 때 빵의 부피가 가장 크진 하지만, 유리지방질을 모두 EMG로 대체하였거나, 탈지한 밀가루에 NL만 첨가하고 PL량에 해당하게 EMG를 PL 대신에 가하여 대체한 경우에 빵의 부피가 대조구의 부피만큼 되었다. 두번째 경우(밀가루/콩가루=96/4)에도 전체 유리지방질을 EMG로 대체하였을 때나 또는 NL이나 PL만을 대체하였을 때나 모두 빵의 부피가 밀가루/콩가루(96/4) 혼합물의 그것보다 큰 것은 물론이고, 100% 밀가루의 그것보다도 좀더 큰 좋은 빵을 생산할 수 있었다. 10%의 콩가루가 첨가된 구에 있어서는, PL reconstituted 때에 NL대신에 EMG를 가한 빵만이 100% 밀가루와 같이 좋은 품질의 빵을 생산할 수 있었다. 하지만 쇼트닝이 포함되지 않은 밀가루에서는 (Fig. 14), 콩가루가 하나도 섞이지 않았을 때와 4%만 함유한 밀가루에는 EMG와 PL이 존재할시 NL을 대체할 수 있고, 전체밀가루지방질도 대체할 수 있었으며, 동시에 3% 쇼트닝까지도 대체하여 쇼트닝

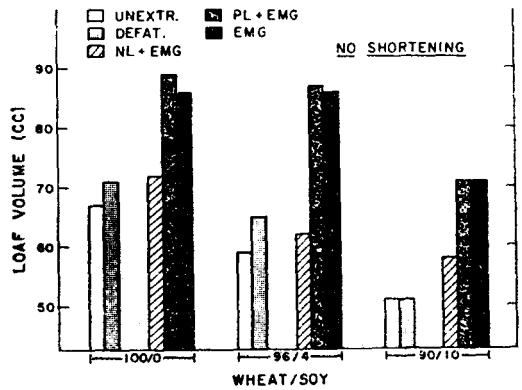


Fig. 14. Legend is same with Fig. 13

Bread was baked without shortening added (From reference 9)

이 있을 때의 100% 밀가루와 같은 빵을 생산하였다. 그러나 10%의 밀가루를 콩가루로 대체하였을 때에는 EMG 단독으로는 물론 PL존재시 NL량 만큼의 EMG로도 쇼트닝이 없는 100% 밀가루빵보다 좋은 빵을 생산했으나, 쇼트닝이 첨가된 밀가루빵에는 미치지 못하였다. Fig. 13에서 보는 바와 같이, 10%의 콩가루가 대체된 가루혼합물에서는 PL, EMG, 3% 쇼트닝이 다 필요하였으며 유화제-밀가루지방-쇼트닝의 지방화합물 공동역할로써 10% 대체된 콩가루에서 문제점을 개선

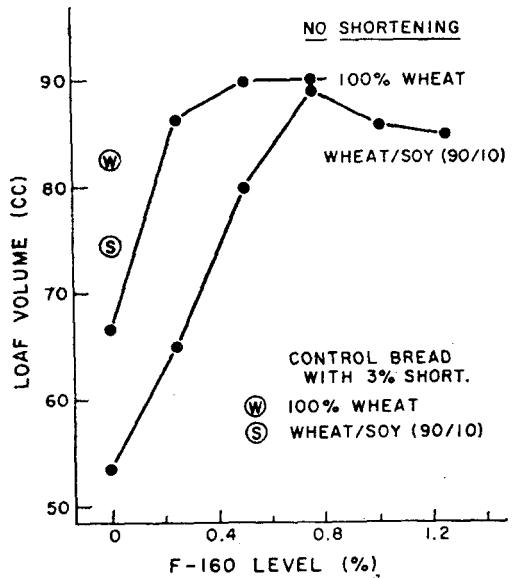


Fig. 15. Effects of sucrose monopalmitate (F-160) on loaf volume baked without shortening from 100 g wheat flour or wheat/soy (90/10) blend (From reference 9)

할 수 있었다.

100% 밀가루로 제빵할 때와 밀가루/콩가루(90/10)

혼합물로 제빵할 때 어느 수준에서 유화제가 쇼트닝을 대신할 수 있는가를 Fig. 15에서 살펴볼 수 있다. 100% 밀가루로 제빵할 때는 0.2% sucrose ester(F-160; sucrose monopalmitate)가 3% 쇼트닝을 대체할 수 있으나 90/10 혼합물에선 적어도 0.6%의 F-160을 사용하여야 된다. 0.8% 사용시엔 90/10 혼합물의 빵부피가 100% 밀가루 및 3% 쇼트닝을 넣고 만든 대조구의 빵보다도 부피가 훨씬 큰 빵을 생산할 수 있었다.

몇가지 다른 유화제에 대해서도 살펴 본 결과가 있다. 우선 100% 밀가루로 제빵할 때 3% 쇼트닝이 들어있을 때 빵의 부피는 유화제의 양에 따라 변하였다. Fig. 16에서 SSL이나 TANDEM 8은 0.2% 수준에서 가장 큰 부피의 빵을 생산했지만 다른 유화제의 경우에는 대체로 증가되는 양에 따라 (0.4%까지) 그 부피도 증가되었다.

쇼트닝이 포함되지 않은 원료구성에서 유화제의 효과는 더욱 크다(Fig. 16, 아래). 물론 그 효과는 유화제의 종류에 따라 다르다. 예를 든다면 0.2%에서

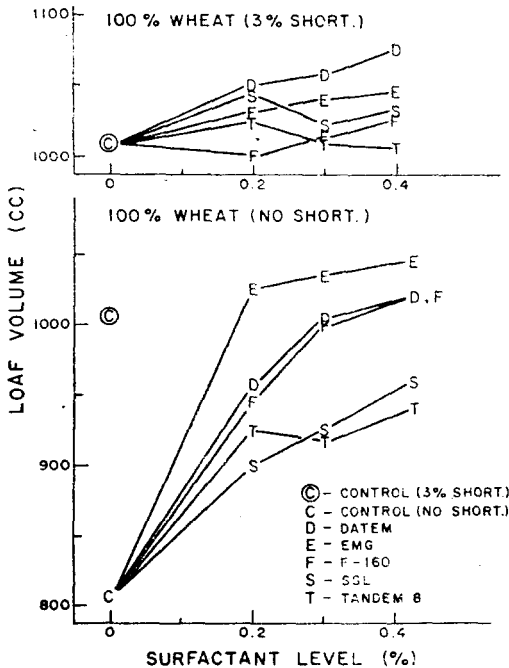


Fig. 16. Effects of various surfactants on loaf volume of bread baked with 3% shortening (top) or without shortening (bottom) from 100 g wheat flour

DATEM=diacetyl tartaric acid ester of mono- and diglycerides. EMG=ethoxylated monoglycerides. F-160=sucrose monopalmitate. TANDEM 8=40% polysorbate 60+60% preservatives (a mixture of BHA, and citric acid). (From reference 9).

EMG는 이미 3% 쇼트닝을 대체할 수 있었고 DATEM이나 F-160인 경우엔 0.3%가 필요하였고 SSL이나 TANDEM 8인 경우엔 0.4%에서도 3% 쇼트닝의 품질을 따르지 못하였다. 하지만 더 증가된 첨가량에서는 이 두 유화제로도 대체할 수 있었다.

밀가루/콩가루(90/10) 혼합물에서도 유화제를 첨가한 양에 따라 빵의 부피가 증가되며, 3% 쇼트닝이 있을 때는 그 효과가 더 크며 같은 양을 가했을 때의 효과는 종류에 따라 다르다(Fig. 17). TANDEM 8 이외의 다른 유화제의 경우는 쇼트닝이 포함되지 않은 100%

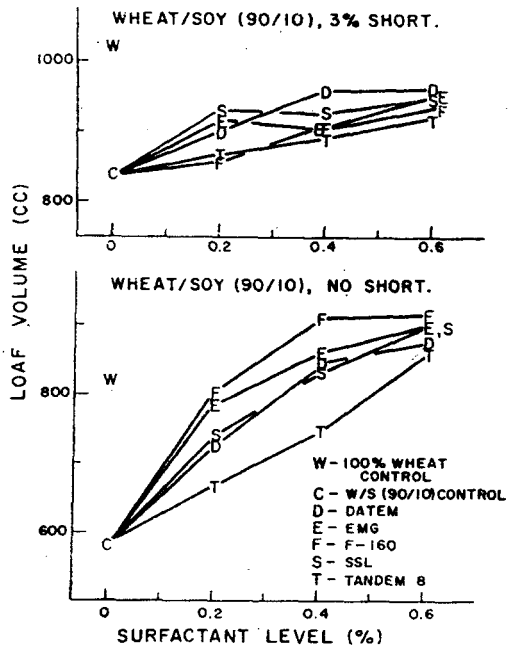


Fig. 17. Legend is same with Fig. 16

Bread was baked from 100 g wheat/soy (90/10) blend (From reference 9).

밀가루빵에 달하는 빵을 0.4%에서 생산할 수 있었지만, 3% 쇼트닝이 함유된 100% 밀가루빵의 부피에 달하기 위해서는 모든 유화제가 모두 0.6% 보다는 높은 첨가량이 필요하였다.

쇼트닝의 양이 밀가루지방의 양과 질, 밀가루 또는 밀가루혼합물의 종류, 유화제의 종류와 양에 따라 제빵 특성은 크게 달라진다. Fig. 18에서 Y축은 3% 쇼트닝이 포함되었을 때와 안 되었을 때에 생산된 빵 부피의 차이를 나타내며, X축은 유화제의 첨가수준을 나타낼 때, 쇼트닝의 역할이 가장 큰 경우는 100% 밀가루이거나(Fig. 18, 위) 90/10 혼합물(Fig. 18, 아래) 또는 유화제가 안되었을 때이다. 일반적으로 유화제의 양이 증가함에 따라 제빵에 미치는 쇼트닝의 공헌이 적으며, 유화제의 역할이 클수록 쇼트닝의 필요성이 적

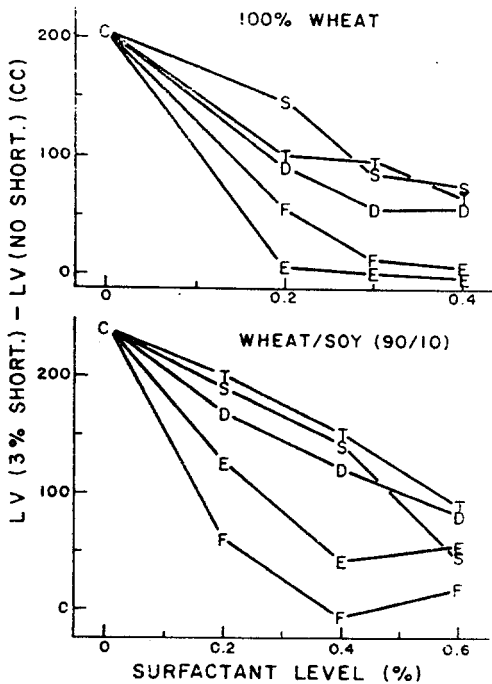


Fig. 18. Effects of surfactants on loaf volume (LV) response to shortening of breads baked from 100 g wheat flour (top), or wheat/soy (90/10) blend (bottom)
Description of surfactants are same as in Fig. 16 (From reference 9)

어진다.

유화제의 역할은 여러가지 조건에 따라 다르지만 특히, 친수-친유값(HLB)에 크게 관련이 되며⁽⁴⁰⁾, 유화제의 극성에 따라서도 달라진다⁽⁴¹⁾.

Macromolecular interaction을 위한 모델

제빵중 특히 반죽과정과 굽는 과정에서 여러가지 상호반응이 일어난다고 앞에서 설명하였다. 밀가루 지방질과 단백질간의 상호반응에 대한 것은 지난 20년간 많은 분들이 연구하였다⁽⁴²⁻⁴⁶⁾. 그 내용을 보면 전분-지방질-단백질 복합체⁽⁴³⁾, 글루텐 안의 lipoprotein model⁽⁴⁴⁾ gliadin-glycolipid-glutenin complex (Fig. 19(A))⁽⁴⁵⁾, starch-glycolipid-gluten complex (Fig. 19(B))⁽⁴²⁾ 등이 다. 최근에 Cumming과 Tang⁽⁴⁶⁾이 보고하기를 글루텐이 형성되는 동안에 유리지방질이 단백질과 결합반응을 행하여 lipoprotein complex를 형성하는 데, 이 복합체는 단백질-단백질, 혹은 단백질-전분의 상호반응에 매우 중요한 역할을 한다고 하였다.

유화제가 글루텐과 상호반응하여 glutenin-유화제-

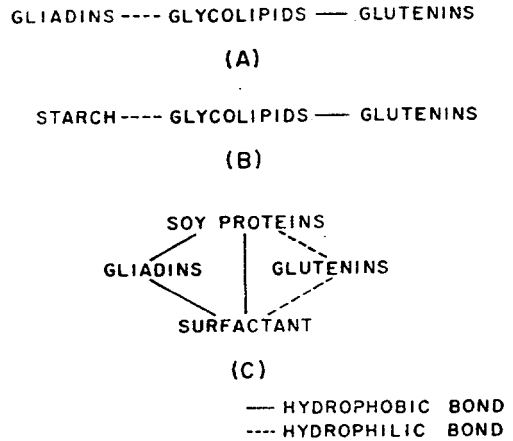


Fig. 19. Models of complexes formed in bread-marking
(A) proposed by Hosney *et al.*⁽⁴⁵⁾; (B) proposed by Wehrli⁽⁴²⁾; (C) proposed by Aidoo⁽⁵²⁾

gliadin complex를 형성한다고 Aidoo와 Tsen⁽⁴⁷⁾이 보고하였으며, Stutz등⁽⁴⁸⁾도 SSL같은 유화제는 Grosskreutz⁽⁴⁴⁾가 제안한 식의 bilayer model로 글루텐과 상호결합한다고 하였으며, gluten-SSL complex 형성을 scanning electron microscopy로 연구하였다⁽⁴⁹⁾. MG와 같은 유화제는 아밀로오즈와 반응하여 불용성의 helical complex를 형성하나⁽⁵⁰⁾, EMG나 polysorbate 60 같이 ethoxylated surfactants는 아밀로오즈와 반응하되 수용성 복합체를 형성한다고 근래에 보고되었다⁽⁵¹⁾.

밀가루/콩가루 혼합물을 반죽할 때 콩단백질이 주로 글리아닌과 소수성 반응을 하며, 글루테닌과는 친수성 반응을 하면서 gliadin-soy protein-glutenin complex를 형성한다⁽⁵²⁾. 이 복합체가 글루텐 구조를 방해하여 품질이 좋지 못한 빵을 생산하게 된다. 하지만 SSL이나 EMG 같은 유화제를 동 혼합물에 가하여 반죽할 때는 유화제와 콩 단백질이 동시에 글리아닌과 글루테닌에 상호반응하여 Fig. 19(C)에 제시되어 있는 모델과 같은 다중 상호반응에 의한 복합체를 형성하며 이러한 복합체가 글루텐 구조와 비슷한 기능을 함으로써 콩단백질이 주는 해로운 영향을 막는다고 보고되었다⁽⁵²⁾.

Fig. 19에 있는 모델과 몇편의 기타 논문^(25, 41, 53-55)을 종합하여 제안한 모델(Fig. 20)을 이용하여 비이온성 EMG와 음이온성 SSL이 교분자체체의 제빵공정을 어떻게 향상시키는지 그 기구를 설명하였다⁽⁶⁵⁾. 밀가루 반죽을 동결 건조한 후 0.05 N 초산으로 가용성획분및 불용성 획분으로 분리하였다. 그리고 EMG와 밀가루 지방(특히 DGDG)을 위의 가용성 단백질과 반응시켜 모델(A)와 같은 단백질복합체를 형성하였다^(53, 54). 반죽할 때 밀가루지방질과 글루텐이 결합하는데 EMG도

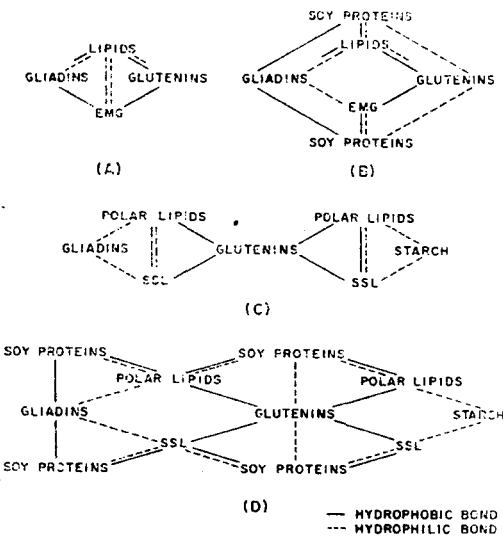


Fig. 20. Models of complexes formed in bread-making by Chung⁽⁶⁶⁾

(A) ethoxylated monoglycerides (EMG) and lipid binding to wheat flour proteins; (B) EMG and lipid binding to wheat flour protein; (C) sodium stearoyl-2-lactylate (SSL) and lipid binding to wheat flour proteins and starch; (D) SSL and lipid binding to wheat and soy flour proteins and starch

역시 글루텐에 결합하면서 서로 경쟁하게 되므로 EMG 존재시 지방질자체의 결합은 다소 감소된다 하지만 밀가루/콩가루 혼합물의 반죽에는 단백질량이 밀가루 반죽 보다 훨씬 높고 더 많은 결합위치를 콩단백질이 공급하여 주기 때문에 밀가루지방질과 EMG간에 경쟁할 필요없이 함께 결합된다(모델 B).

음이온성 SSL은 모델(C)와 같이 단백질과 전분이 동시에 반응하여 산불용성의 전분-지방질-단백질 복합체물 이룬다. SSL량이 증가할수록 불용성 복합체의 양이 증가하며 이 복합체가 과잉으로 형성될 때도 오히려 제빵에 해롭다. 많은 양의 SSL을 넣어 만든 빵의 조직이 가죽같이 질긴 이유는 다소 이 복합체에 의한 것이라 판단되고 있다. 그러나 1% 이하로 사용될 때는 모델(D)와 같이 콩단백질을 gluten matrix에 함께 이끌고 들어갈 수 있는 복합체 형성에 의하여 콩가루에서 오는 문제점을 감소시킨다고 생각된다. 그리하여 그 반응기구는 다르더라도 고단백질 빵을 생산하는 데 EMG와 SSL이 이러한 역할을 하는 것으로 보고 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 제빵과정에서 관련되는 밀가루 성분간의 상호반응 지방성분과 기타 성분과의 반응 특이성 그리고 지방질종류와 첨가된 쇼트닝 및 유화제와의 상관성등은 대단히 복잡한 관계에 있으며 아

직도 연구되어야 할 여지가 많다고 생각된다. 그리고 이미 이들의 반응기작과 상관성이 연구검토되고 있거나 또는 많은 부분이 밝혀짐으로서 제빵공업에 크게 기여하고 있다. 그러나 이와 관련된 폭넓은 기초연구와 특수한 빵과 빵외의 기타 분식제품에 응용할 수 있는 지속적인 응용연구는 식품과학자에게 주어질 책무의 하나라고 생각된다.

문 헌

- Shellenberger, J. A. and Ward, A. B.: *Wheat and Wheat Improvement*, ed. by Quisenberry, K. S. and Reitz, L.P., Am. Soc. of Agronomy, Madison, WI, Monograph 13, p.445 (1967)
- Mecham, D. K. : *Wheat Chemistry and Technology*, ed. by Pomeranz, Y. AACC Inc., St. Paul, MN, p.393 (1971)
- Nelson, J. H., Glass, R. L. and Geddes, W. F. : *Cereal Chem.*, 48, 337 (1963)
- Sullivan, B., Near, C. and Foløy, G. H. : *Cereal Chem.*, 13, 318 (1936)
- Barton-Wright, E. C. : *Cereal Chem.*, 15, 521 (1938)
- Chung, O. K. and Pomeranz, Y. : *Bakers Dig.*, 51(5), 32 (1977)
- Pomeranz, Y. and Chung, O. K. : *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 55, 285 (1978)
- Chung, O. K., Pomeranz, Y. and Finney, K.F. : *Cereal Chem.*, 55, 598 (1978)
- Chung, O. K. and Pomeranz, Y. : *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 57(2), Paper No. 193 (1980)
- MacMurray, T. A. and Morrison, W. R. : *J. Sci. Food Agric.*, 21, 520 (1970)
- Hoy, K.L. : *J. Paint Tech.*, 42(541), 76 (1970)
- Hildebrand, J. H. and Scott, R. L. : *The Solubility of Non-Electrolytes*, 3rd ed., Reinhold Publishing Corp., New York (1950)
- Chung, O.K. and Tsen, C. C. : *Cereal Chem.*, 52, 533 (1975)
- Morrison, W. R., Mann, D. L., Wong, S. and Coventry, A. M. : *J. Sci. Food Agric.*, 26, 507 (1957)
- Morrison, W. R. : *Bakers Dig.*, 50(4), 29 (1976)
- Acker, L. and Schmitz, H.L. : *Staerke*, 19, 233 (1967)
- Acker, L. : *Getreide Mehl Brot*, 28, 171 (1974)

18. Finney, K. F. : *Wheat Protein Conference*, Published by AR, SEA, U.S. Department of Agriculture, Peoria, Ill. p.50 (1978)
19. Hosoney, R. C., Finney, K. F., Shogren, M. D. and Pomeranz, Y. : *Cereal Chem.*, **46**, 126 (1969)
20. Pomeranz, Y. : *Wheat Chemistry and Technology*, ed. by Pomeranz, Y., AACC Inc., St. Paul, MN, p.585 (1971)
21. Olcott, H.S. and Mecham, D.K. : *Cereal Chem.*, **24**, 467 (1947)
22. Morrison, W. R. : *Advances in Cereal Science and Technology*, ed. by Pomeranz, Y., AACC Inc., St. Paul, MN, Vol. 2, p.221 (1978)
23. Wehrli, H. P. and Pomeranz, Y. : *Bakers Dig.* **43**(6), 22 (1969)
24. DeStefaris, V. A., Ponte, J. G.Jr., Chung, F. H. and Ruzza, N. A. : *Cereal Chem.*, **54**, 13 (1977)
25. Chung, O. K., Tsen, C. C. and Robinson, R. J. : *Cereal Chem.*, In press (1980)
26. Chung, O. K., Pomeranz, Y., Finney, K. F., Hubbard, J. D. and Shogren, M.D. : *Cereal Chem.*, **54**, 454 (1977)
27. Chung, O. K., Pomeranz, Y., Finney, K.F. and Shogren, M. D. : *Cereal Chem.*, **54**, 484 (1977)
28. Chung, O.K., Pomeranz, Y., Finney, K. F. and Shogren, M. D. : *Cereal Chem.*, **55**, 31 (1978)
29. Chung, O. K., Pomeranz, Y., Jacobs, R. M. and Howard, B.G. : *J. Food Sci.*, **45**, 1168 (1980)
30. DeStefanis, V. A. and Ponte, J.G. Jr. : *Cereal Chem.*, **53**, 636 (1976)
31. Daftary, R. D. : *Biochemical and Functional (Breadmaking) Characteristics of Certain Components in Storage-Damaged Wheat Flours*, Ph.D Dissertation, Kansas State Univ., Manhattan, KS (1969)
32. Chung, O. K., Pomeranz, Y. and Finney, K.F. : *Cereal Chem.*, In press (1980)
33. Finney, K. F. : *Cereals '78; Better Nutrition for the World's Millions*; ed. by Pomeranz, Y. AACC Inc., St. Paul, MN. p. 139 (1978)
34. Daftary, R. D., Pomeranz, Y., Shogren, M. D. and Finney, K. F. : *Food Technol.*, **22**, 327 (1968)
35. MacRitchie, F. : *J. Sci. Food Agric.*, **28**, 53(1977)
36. Lin, M. J. Y., D'Appolonia, B.L. and Youngs, V. L. : *Cereal Chem.* **51**, 34 (1974)
37. Chung, O. K., Pomeranz, Y., Finney, K. F., Shogren, M.D. and Carville, D. : *Cereal Chem.*, **57**, 106 (1980)
38. Chung, O. K., Pomeranz, Y., Shogren, M. D., Finney, K. F. and Howard, B. G. : *Cereal Chem.*, **57**, 111 (1980)
39. Chung, O. K., Shogren, M. D., Pomeranz, Y. and Finney, K. F. : *Cereal Chem.*, **57**, In press (1980)
40. Chung, O. K., Pomeranz, Y., Goforth, D.R., Shogren, M. D. and Finney, K. F. : *Cereal Chem.*, **53**, 615 (1976)
41. Chung, O. K. and Tsen, C. C. : *Cereal Chem.*, **54**, 857 (1977)
42. Wehrli, H. P. : *The Synthesis of Glycolipids and Their Role in Breadmaking*, Ph.D. Dissertation, Kansas State Univ., Manhattan, KS (1969)
43. Hess, K. and Mahl, H. : *Mikroskopie*, **9**, 81 (1954)
44. Grosskreutz, J. C. : *Cereal Chem.*, **38**, 336 (1961)
45. Hosoney, R. C., Finney, K. F. and Pomeranz, Y. : *Cereal Chem.*, **47**, 125 (1970)
46. Cumming, D. B. and Tung, M. A. : *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, **8**(2), 67 (1975)
47. Aidoo, E. S. and Tsen, C. C. : *Cereal Sci. Today*, **18**, 301 (1973)
48. Stutz, R. L., Del Vecchio, A. J. and Tenny, R. J. : *Food Prod. Dev.*, **10**, 52 (1973)
49. Tu, C. C., and Tsen, C. C. : *Cereal.*, **55**, 87 (1978)
50. Krog, N. : *Starch/Stärke*, **23**, 206 (1971)
51. Kim, Y. J. and Robinson, R. J. : *Starch/Stärke*, **31**, 293 (1979)
52. Aidoo, E. S. : *High-protein bread: Interaction of Wheat Proteins and Soy Proteins with Surfactants in Doughs and in Model Systems*, Ph.D. Dissertation, Kansas State Univ., Manhattan, KS (1972)
53. Chung, O. K. and Tsen, C. C. : *Cereal Chem.*, **52**, 549 (1975)
54. Chung, O. K. and Tsen, C.C. : *Cereal Chem.*, **52**, 823 (1975)

55. Chung, O. K. and Tsen, C.C.: *Cereal Chem.*,
52, 832 (1975)
56. Chung, O. K. : *Interaction between Flour Lipids
and Proteins: Effects of Mixing and Surfacta-
nts on Lipid and Protein Components of Dough
and Bread*, Ph.D. Dissertation, Kansas State
Univ., Manhattan, KS (1973)