

밀 압출성형시 스크류 조합과 수분함량이 물리적성질에 미치는 영향

Effects of Screw Configuration and Moisture contents on Physical Properties of Wheat by Twin Screw Extruder

이지훈¹⁾ 강위수*
정희원 정희원
J. H. Lee W. S. Kang

1. 서론

최근 식품 및 사료산업분야에서는 일정한 전단속도, 온도분포, 체류시간의 용이한 조절 및 다양한 스크류 조합방법을 이용하여 제품의 품질을 정교하게 조절할수 있는 이중압출성형공정이 광범위하게 활용되고 있다.

압출성형시 호화도 및 최종제품의 품질 결정에 가장 중요한 요인을 하는 것은 스크류로써 원재료의 함유수분이나 내부열 발생, 압력 및 물질의 흐름과 깊은 상관관계를 가진다. 스크류는 운반스크류(conveying screw), 혼합스크류(Mixing screw)로 구분되며 형태(pitch, paddle)와 방향(reverse), 각도에 따라 이송, 반죽, 혼합, 충전 등의 기능을 발휘하게 된다.

스크류 회전에 의한 물질흐름은 drag flow와 pressure flow의 합으로 결정된다. Kneading Block(KB)의 경우 KB paddle의 조합각도가 증가될수록 drag flow의 값이 감소하여 충전률이 증가되어 혼합도와 전단력은 증가하나 정방향의 이송효과는 감소한다. O.S.Carneiro 등은 KB의 각도에 따른 흐름의 변화를 측정 한 결과 paddle 각도가 큰 경우 압력이 증가하며 체류시간이 증가한다고 보고하였다. Kneading Block/Left Hand(KB/LH)는 혼합도와 전단력이 제일 강력하며 역방향으로 진행하기 때문에 체류시간 지연작용이 크다. KB와 KB/LH를 조합한 경우 최대전단력을 얻어 반죽, 혼합능력을 극대화시킬수 있다.

KB와 KB/LH는 압출성형의 압착구간(Compression section)에 배열하여 원료의 혼합과 충전율, 압축을 증가시키며 입자상태에서 소성반죽형태로 변화 시킨다. 또한 KB/LH 개수 증가는 전단력과 분산력, 체류시간등에 영향을 미치며 세포벽의 조직을 효율적으로 붕괴시켜 용해도를 증가시킨다. KB/LH를 추가한 다양한 조합방법에 따른 품질특성을 비교함으로써 목표로 하는 최적의 품질을 갖는 제품을 생산할수 있다.

본 연구에서는 밀을 원료로 한 압출성형시 Kneading Blocks/Left Hand(KB/LH) 조합과 수분함량에 따른 반응변수(압력, 비기계적에너지, 팽화도, 용해도)의 변화량을 측정하였으며 식품소재로의 개발을 위한 압출성형 공정연구를 실시하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험에는 밀 원재료를 분쇄기(HKP-05. Korea Energy Technology)를 사용하여 5000rpm으로 조분쇄한후 혼합기(10L Super Mixer. HanKOOK E.M Ltd., Korea)로 함수율 20, 25, 30%로 구분하여 400rpm에서 5분간 물과 혼합, 24시간 숙성시킨후 사용하였다.

1) 강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부

가. Extrusion

동방향 완전맞물림형 이축 압출성형기(Co-rotating intermeshing type twin-screw Extruder, HanKOOK E.M Ltd., Korea)로서 L/D의 비가 32 : 1이고 8개의 barrel로 구성되어 있다. Conveying screw만으로 구성된 스크류배열의 선행실험에 의해 스크류스피드 400rpm. 바렐온도 180℃로 정하였다. 원료투입량은 25rpm(20kg/hr)으로 일정하게 하였으며, 다이는 L/D비 7 : 1, 지름이 3mm인 원형 타입을 사용하였다.

나. Screw configuration

본실험에 사용한 3가지 스크류배열은 그림1과 표1에 나타내었다. 압착구간에 사용한 KB/LH는 5개의 paddle로 구성되어 있으며 길이가 4mm, 각도 45° 인 것을 사용하였다. KB/LH를 typeⅡ에서는 4 barrel, typeⅢ는 4, 6 barrel에 조합하여 KB/LH구간의 증가시켰다. Edwards 등은 KB의 조합을 달리한 3가지 스크류 조합에 의한 환공의 압출성형 실험에서 KB/LH를 추가한 경우 팽화도가 증가하였다고 보고하였다.

다. 비기계적 에너지 투입량(SME)

압출성형시 원료의 단위 질량당 소비되는 전기에너지로 나타내었다.

$$= \frac{\text{원료투입시 전력} - \text{공회전시의 전력}(W)}{\text{생산량}(kg/hr)} \quad [Wh/kg]$$

라. 수분용해지수(WSI)

Anderson et al.(1969)의 방법에 의하여 측정하였다. 시료를 분쇄하여 250μm의 체를 통과시킨후 시료1g과 증류수20ml를 2000×g(14520rpm)에서 10분간 원신분리한후 상등액을 건조한 고형분량과 압출성형물 시료의 무게 백분율을 수분용해지수로 나타내었다.

$$= \frac{\text{Weight of sediment}}{\text{Weight of dry solid}}$$

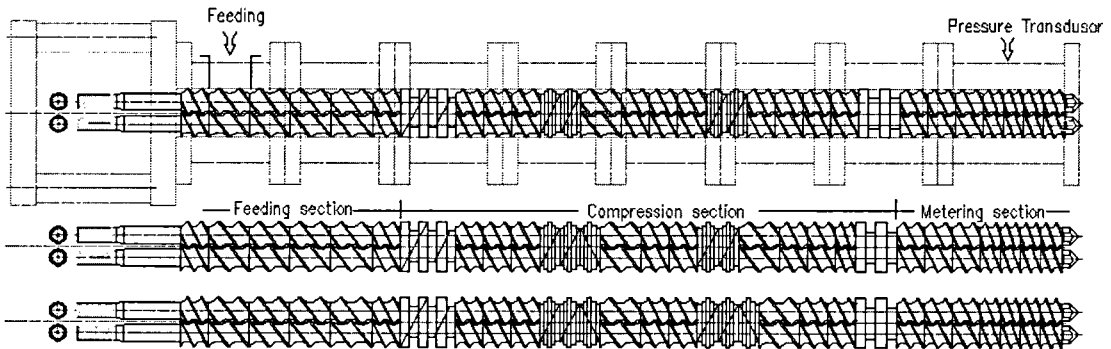


Fig. 1. Location of extruder showing screw configuration

Table 1. Compression section showing location of screw configuration

Type	Profile of conveying, kneading screw in compression section										
1	KB/30	16.5/3	KB/45	24/1	16.5/3	KB/45	16.5/4	KB/90			
2	KB/30	16.5/3	KB/45	KB/45/LH	24/2	16.5/2	KB/45	24/2	16.5/3	KB/90	
3	KB/30	16.5/3	KB/45	KB/45/LH	24/2	16.5/2	KB/45	KB/45/LH	24/2	16.5/3	KB/90

Pitch/number KB : Kneading Block LH : Left Hand KB/stagger angle(°)/LH

3. 결과

SME and Pressure

스크류배열과 수분함량의 변화에 따른 SME와 압력의 변화량은 그림2에 나타내었다. 수분함량이 증가할수록 SME와 압력은 낮은 값을 나타내었다. 많은 수분에 의해 점성이 낮아짐에 따라 SME와 압력의 감소가 나타난 것이다.

KB/LH 증가시킨 실험에서 SME는 증가하였으나 압력은 감소하였다. KB/LH 개수의 증가는 물질의 충전되는 구간과 체류시간을 증가시켜 스크류 회전시 강한SME가 필요하게 된다. 강한 SME는 고전단력을 발생시키며 물질의 반죽, 혼합을 증가시켜 물질변형에 중요한 작용을 한다.

KB/LH 증가시킨 실험에서 압력은 감소하는 경향이 나타났다. 압력의 감소는 KB/LH에 의해 물질의 점도가 감소됨에 따라 나타난다. KB/LH에 의해 충전된 재료는 스크류 회전시 발생하는 바렐과의 마찰력에 의한 온도증가와 고전단력에 의해 물질이 붕괴되어 점도가 떨어지게 된다. 그리하여 낮은 점성과 혼련성의 증가에 따라 압출압력이 감소하게 된다.

Expansion and WSI(Water Solubility Index)

스크류배열과 수분함량의 변화에 따른 팽화도와 WSI의 변화량은 그림2에 나타내었다. 수분함량이 증가할수록 팽화도와 WSI는 감소하였으나 밀도는 증가하였다. 수분함량 증가함에 따라 압출물의 수분이 증가하며 SME와 압력이 감소하여 팽화도는 감소하고, 밀도가 증가하여 압출물의 조직이 치밀해져 WSI는 감소하였다.

KB/LH 증가시킨 실험에서 강한 SME에 의해 생성된 고전단력은 물질의 조직을 효율적으로 이완시켜 분쇄, 혼합, 반죽, 혼련성을 증가시켜 압출물의 팽화도를 크게 증가시킨다. 그러나 수분함량이 25%이상인 경우에는 압출물의 수분량 증가와 급격한 압력의 감소에 의해 팽화도가 감소하는 경향이 나타났다. 스크류 TypeⅢ의 수분함량이 20%인 경우 6.9로 최대값을 나타냈으나, 수분함량이 25% 이상일때부터 팽화도는 감소하였다. 밀 압출성형시 팽화제품을 만들기 위해서는 함수율 20%미만인 경우에 실행해야 할것이다.

KB/LH 증가시킨 실험에서 WSI는 증가하는 경향이 나타났다. 고전단력은 물질의 조직을 완화, 붕괴시켜 WSI 증대에 중요한 역할을 한다. 이는 섬유질 망사구조가 붕괴됨으로 입자크기가 감소하기 때문이다. 구성성분의 결합구조를 약화에 의해 수용성 성분의 용출이 용이해졌다. 그리하여 밀 원재료의 고유성분이 보존된 상태에서 손쉽게 물에 용해시킬수 있다.

스크류 TypeⅢ의 수분함량이 20%인 경우 18.48%로 최대값을 나타냈으며 수분함량이 증가할수록 그 값은 감소하였다.

Table 2. Effective screw configuration and moisture contents on SME and quality

Screw Type	Moisture (%)	Pressure (bar)	SME (Wh/kg)	Expansion	Density (g/cm ³)	WSI (%)
I	20	100	8.57	2.36	0.4	11.53
	25	77	6.71	2.19	0.52	10.36
	30	48	5.47	2.11	0.53	10.35
II	20	87	11.8	2.41	0.32	14.76
	25	66	9.62	2.16	0.38	11.65
	30	37	6.31	1.93	0.4	11.25
III	20	75	17.78	2.63	0.22	18.48
	25	43	12.98	1.95	0.33	12.35
	30	31	11.44	1.77	0.38	11.5

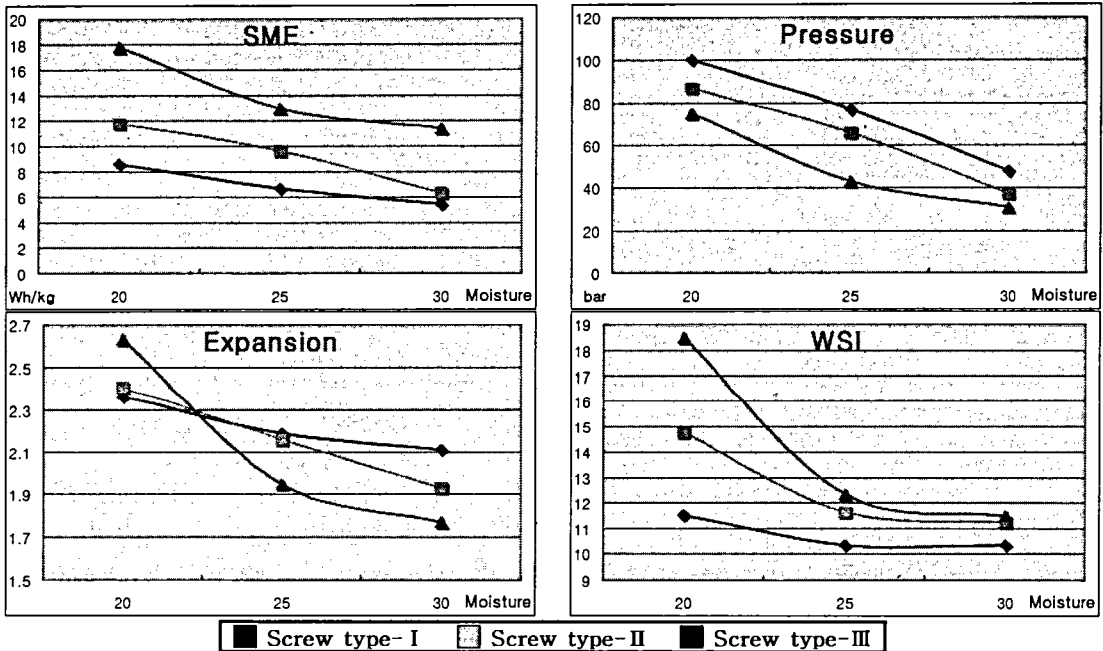


Fig. 2. Effect of extrusion variables on the SME, Pressure, Expansion, WSI of extrudates from wheat

4. 결론

3가지 형태의 스크류 조합과 수분함량의 변화에 따른 밀의 물리화학적 변화량은 표2에 나타내었다. SME는 KB/LH의 개수가 증가함에 따라 증가하였다. 강한 SME는 고전단력을 발생하여 반죽, 혼합도가 증가하고 바렐과의 마찰열 증가에 의해 물질이 붕괴되어 점도가 감소하여 압력은 감소한다. 수분함량이 20%인 경우 팽화도 7.88, WSI 18.48%로 최대로 나타났다. KB/LH 개수 증가에 따른 강한 SME에 의해 발생된 고전단력은 분쇄, 혼합, 반죽, 혼련성을 증가시켜 압출물의 팽화도와 용해도를 크게 증가시켰다. 수분이 증가함에 따라 압출물의 수분함량이 증가하여 밀도는 증가하나 압출물의 조직이 치밀해져 팽화도와 용해도는 감소하였다. 또한 수분함량이 25% 이상인 경우에는 팽화도가 감소하는 경향이 나타났다. 밀 압출성형시 팽화제품을 만들기 위해서는 함수율 20%미만인 경우에 실행해야 할것이다.

밀 이외에 한방재 등의 수용화가 필요한 원료들에 대한 압출성형시 용해도를 증가시킬수 있는 스크류 배열 및 함수율 조건들에 대한 연구가 더욱 필요하며 그 결과 물성의 변화와 부가가치를 뚜렷하게 향상시킬수 있는 제품의 다변화가 가능할것이다.

5. 참고문헌

1. 강위수. 2004. 나노기술을 이용하는 식품산업. Food Engineering Progress. 8(4)
2. 김창원, 김종태, 류기형, 배승철, 오영일, 이승주, 한백수. 2005. 압출성형 사료공학. 문운당
3. 김종태, 황재관, 조성자, 김철진, 김해성. 1995. 이축압출성형 공정에 의한 밀기울의 물리화학적 변형. KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. 27(3) : 404~413
4. Richard H. Edwards 외 4인. 1994. Twin-Screw Extrusion Cooking of Small White Beans. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 27(472)