

팽연보조재 혼합에 따른 펄프압출물의 물리적 특성

송대빈 김철환 정효석 이영민

Physical Properties of Pulp Extrudates Mixed with Expanding Additives

D. B. Song C. H. Kim H. S. Jung Y. M. Lee

Abstract

Extrusion process and physical properties of extrudates of pulp powder (TMP, thermomechanical pulp fibers) mixed with expanding additives was evaluated to develop biodegradable packaging materials. To find out the optimum condition, the status of extrusion process, coefficient of elastic and expansion ratio of extrudates were tested on the composites (wheat flour, soluble starch, polyvinyl alcohol), blending conditions of composites and moisture contents of extrudates. In case of material composition, wheat flour played a key role to keep extrusion process irrespective of the added amounts of soluble starch and polyvinyl alcohol. The coefficient of elastic of extrudates was increased and the expansion ratio was reduced as the added amounts of wheat flour increased. Also, the coefficient of elastic of extrudates was decreased as the moisture content of extrudates increased. The lowest coefficient of elastic was 439.55 kPa under the condition, of pulp powder mixed with 20% of wheat flour based on pulp weight and 10% of soluble starch based on wheat flour weight and controlled 10% (wb) of moisture content.

Keywords : Packaging, Biodegradable, Pulp, Extrusion

1. 서론

세계적으로 폐플라스틱에 의한 환경오염문제가 사회문제로 대두되면서 일회용의 각종 포장재료 사용에 대한 규제가 강화되고 있는 실정이다. 그중에서도 완충재로 사용되어온 발포 폴리스티렌(EPS, Expanded Polystyrene)은 제조 및 폐기 시 심각한 환경오염을 가져옴으로써 최근 포장 재료의 사용이 금지되기에 이르렀다. 이러한 완충재용 발포 폴리스티렌을 대체할 수 있는 재료에 대한 연구가 최근 몇 년간 계속되어 전분을 주원료로 하는 전분완충재가 상업화되기에 이르렀다. 완충재용 전분 완충재는 폐기 시 생분해성이 뛰어나고 반발탄성률, 압축강도 등의 물성이 발포 폴리스티렌에 뒤지지 않는 매우 큰 장점을 가지고 있음이 보고되고 있다(Lacourse

등, 1989). 생분해성 물질 중 전분을 소재로 한 바이오-플라스틱 제품 생산량은 1999년 기준 20,000 톤으로 발효용 포장재, 일회용 음식 및 식품의 포장용기, 농업용 필름, 종자용 포트 등 그 적용 영역이 지속적으로 증대되고 있다(Catia B., 2001). Hong 등(1998)은 옥수수 전분에 염, 유화제 및 가소제를 첨가한 원료를 이축압출기를 사용하여 압출물의 특성을 분석한 바, 압출물 함수율이 18~23%(wb)의 범위에서 압축력과 복원력이 어느 정도 유지되었으나, 완전 건조 시 전분의 노화로 압출물이 부서지는 성질 때문에 완충용 포장재로는 미흡하다는 결론을 얻었다. Lim 등(1995)은 옥수수 전분에 폴리비닐알콜을 첨가한 원료를 사용한 압출물의 압축특성을 실험한 결과 완충재로 팽창비는 크게 할 수 있었으나, 완충능력에 영향을 미치는 압축 및 복원특성은 Hong 등의 실험과 같이 전

This article was supported by ARPC, Agricultural R&D Promotion Center and submitted for publication in August 2005, reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in September 2005. The author are Dae Bin Song, KSAM member, Associate Professor, Division of Agricultural Engineering, Gyeongsang National University/Institute of Agricultural & Life Science and Chul Hwan Kim, Assistant Professor, Division of Forest Science, Gyeongsang National University/Institute of Agricultural & Life Science, The corresponding author is C. H. Kim, Assistant Professor, Division of Forest Science, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea; Fax : +82-55-762-0610; E-mail : <jameskim@gsnu.ac.kr>

분의 파괴로 인하여 충분히 확보할 수 없었다. 특히 고수분에 노출될 경우 전분의 용해로 인해 형태가 완전히 파괴됨을 알 수 있었다. Yu 등(1999)은 옥수수 전분에 폴리비닐알콜, 탄산칼슘(CaCO₃)을 첨가한 원료를 사용한 압출물의 압축특성을 실험한 결과 Lim 등과 동일한 결론을 얻었다. 이처럼 전분을 주원료로 한 생분해성 포장재는 압출공정을 이용하여 내부 조직을 기공구조로 만들어 팽연은 용이하게 할 수 있으나, 전분이 노화되면 조직이 단단해져 압축강도가 커지는 문제가 있다. 압축강도가 커지는 것은 작은 변형에 쉽게 조직이 파괴되는 것을 의미하며 이는 큰 탄성계수를 초래하는 주요인이 된다. 펄프 분말은 종이를 만들기 위해 목재를 해리시킨 것으로 섬유소가 주성분을 이루기 때문에 섬유소가 갖는 탄성을 이용하면 효과적인 완충 소재로 이용이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 펄프 분말을 완충 소재로 이용하기 위해서는 펄프 분말을 결합시켜주는 보조제의 사용이 필요하다. 압출공정은 원료의 혼합, 가온, 가압 및 성형과정을 압출기를 사용하여 구현하는 공정으로 펠릿 형태의 제품을 연속적으로 생산하는데 매우 효과적이다.

따라서 본 연구에서는 펄프 분말을 이용한 팽연완충소재 개발의 가능성을 알아보기 위해 펄프 분말을 주원료로 하고, 섬유소와 수소결합과 압출공정 시 가온 및 가압에 의한 팽연율이 우수한 식용 밀가루, 공업용 전분, 폴리비닐알콜과 같은 팽연 보조제를 혼합한 원료의 압출특성과 압출물의 팽연율과 탄성계수를 알아보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 장치

펄프 분말의 압출 특성 분석을 위해 단축식 압출기(Single screw extruder)를 설계·제작하였고, 이를 사용하여 펄프 분말의 압출 특성 실험을 실시하였다. 제작된 압출기의 제원 및 사진은 표 1 및 그림 1과 같다.

나. 실험 재료

실험에 사용된 목재 분말(TMP, Thermomechanical pulp fibers)은 리기다 소나무(*Pinus rigida*) 및 라디에타 소나무(*Pinus radiata*)에서 제조된 것을 한솔 홈테크에서 구입하여 사용하였다. 팽연보조제로 사용된 폴리비닐알콜(PVA, Polyvinyl alcohol)은 대정화금(주)에서, 감자에서 추출된 용해용 전분(Soluble starch)은 덕산 화학(주)에서, 밀가루전분(Wheat flour)은 시중에서 구입하여 사용하였다.

Table 1 Specification of experimental apparatus

Description	Specification	Remarks
Screw dia. (mm)	40	
Screw length/dia. (L/D)	5	
Screw revolution (rpm)	150 (Max.)	Variable
Outlet capacity (kg/hr)	50	Variable
Barrel temp. (°C)	0-150	Variable
Inlet capacity (kg/hr)	100 (Max.)	Variable

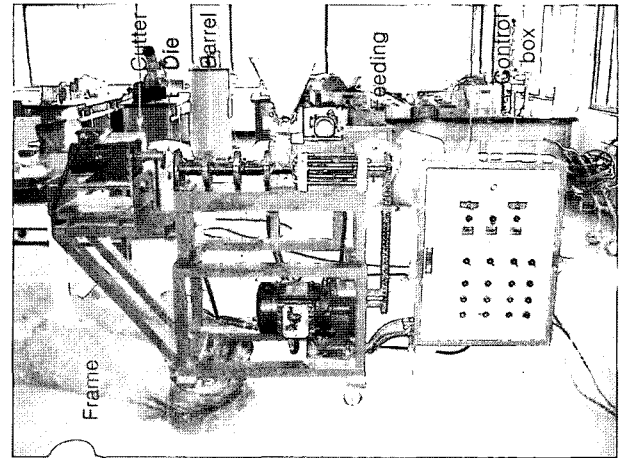


Fig. 1 Photograph of experimental apparatus.

다. 실험 방법

1) 압출기 운전

압출기 운전은 압출물이 성형 다이를 연속적으로 통과되면서 팽연화가 이루어지는 조건을 기준으로 선정하였다. 즉, 원료 공급구를 기준으로 공급용 스크류(L=40) 3개, 계량용 스크류(L=30) 5개, 압축용 스크류(L=20) 10개로 스크류를 조합하였다. 배럴온도는 투입구 60°C, 중간부 100°C, 다이부 120°C로 하였으며, 스크류 회전수는 100 rpm으로 하였다. 다이 구경은 20 mm로 하였다.

2) 원료 혼합

필요한 수분을 비이커로 계량한 후 용기에 따르면 여기에 펄프 분말, 팽연보조제를 전자저울로 계량하여 첨가한 후 손으로 충분히 혼합시켰다.

3) 팽연율 측정

팽연보조제 혼합에 따른 펄프압출물의 물리적 특성압출물의 직경을 버어니어 캘리퍼스로 측정하고 이를 다이 직경과의 비로 환산하여 팽연율로 하였다. 각 시료별 5회 측정하고 평균값을 사용하였다. 팽연율 환산식은 다음과 같다.

$$\text{팽연율(\%)} = \frac{\text{시료 직경}}{\text{다이 직경}} \times 100$$

4) 탄성계수 측정

시료의 길이를 20 mm로 절단하여 탄성계수 측정용 시료를 제조하였다. 물성분석기(Texture analyzer, TA-XT2i, England)를 사용하여 하중 재하속도 30 mm/min., 접촉 후 변형 5 mm로 하여 시료의 횡방향 탄성계수를 측정하였다. 현재 사용되는 3종류(파배기형, 기동형, 사각형)의 발포 폴리스티렌에 대해 같은 방법으로 탄성계수를 측정하여 펄프 압출물과 비교하였다. 측정에 사용된 발포 폴리스티렌은 그림 2와 같다.

5) 압출 특성 분석

• 펄프(TMP) 분말의 압출 특성

펄프 분말 600 g에 밀가루전분, 공업용 전분, 폴리비닐알콜을 펄프 분말 중량 기준으로 일정량씩 배합하여 압출 특성을 분석하였다. 배합 조건은 압출물이 연속적으로 성형 다이를 통과하는지 여부, 즉 압출작업이 가능한가를 기준으로 선정하였다. 예비실험 결과 펄프 분말 중량 기준으로 40% 이상의 배합 조건에서는 성형성은 우수하였으나 팽연화가 전혀 이루어지지 않았고 외관상 완충재로 사용 불가능한 상태로 판단되었다. 상세한 실험 조건은 표 2와 같다.

• 팽연보조재 혼합에 따른 압출 특성

펄프 분말에 팽연보조재(밀가루전분, 공업용 전분, 폴리비닐알콜)를 서로 혼합하여 압출 특성을 분석하였다. 팽연보조재 혼합조건은 펄프 분말과 동일하게 압출작업이 가능한지 여부와 완충소재로 사용 가능하가를 기준으로 선정하였다. 상세한 실험 조건은 표 3과 같다.

• 함수율에 따른 압출 특성 분석

포장완충재는 상온상태에서 사용되어야 한다. 즉 겨울철에는 문제가 없으나 하절기 특히 장마철에는 대기 중 상대습도의 영향을 받는다. 발포 폴리스티렌은 대기 중 수분을 거의 흡수하지 않기 때문에 관계가 없으나, 펄프 분말과 전분을 사용한 시료의 경우에는 흡수에 따른 영향을 고려하여야 한다. 따라서 압출물의 습량기준 함수율을 0%, 10%, 20%, 30%로 조절하여 함수율 변화에 따른 압출 특성을 분석하였다. 압출물의 함수율은 항온항습기를 사용하여, 함수율 10%의 경우 항온항습기 온도 30℃, 상대습도 70%, 함수율 20%의 경우 항온항습기 온도 30℃, 상대습도 80%, 함수율 30%의 경우 항온항습기 온도 30℃, 상대습도 95%의 조건에서 24시간 방치하여 조절하였다. 시료의 함수율은 오븐법(100℃-4hr)을 사용하여 측정하였다.

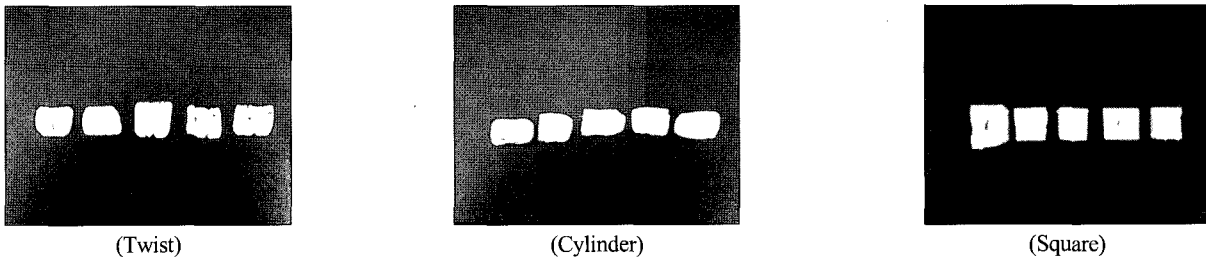


Fig. 2 Photograph of expanded polystyrene samples.

Table 2 Experimental conditions of pulp powder

Items	Levels	Remarks
Pulp powder	1 (TMP)	600 g
Expanding additives	3 (Wheat flour, Soluble starch, PVA)	
Amount of expanding additives	4 (10, 20, 30, 40%)	Based on weight of pulp powder
Amount of water	1 (100%)	600 ml

Table 3 Experimental conditions of expanding additives

Items	Levels	Remarks
Pulp powder	1 (TMP)	600 g
Expanding additives	3 (Wheat flour+Soluble starch, Wheat flour+PVA, Soluble starch+PVA)	Variable
Amount of water	1 (100%)	600 ml

3. 결과 및 고찰

가. 펄프 분말의 압출 특성

펄프 분말에 팽연보조재를 첨가한 압출물의 압출특성은 표 4와 같다. 밀가루전분의 경우 펄프 분말 중량의 20% 이하에서는 압출기 내 흐름 유지에 필요한 점성 확보가 어려워 압출작업이 불가능 하였다. 용해용 전분과 폴리비닐알콜의 경우는 표에서 알 수 있듯이 첨가량에 관계없이 압출 작업이 불가능 하였다. 밀가루전분의 경우 수분과 함께 펄프 분말과 혼합되었을 때 완전하게 결합되어 압출기 다이부에서 압력을 받았을 때 마치 점성 유체와 같은 거동을 나타냈으나, 용해용 전분과 폴리비닐알콜은 밀가루전분과는 달리 다이부에서 압력을 받았을 때 펄프 분말과 분리되어 액상의 형태로 배출되었다. 따라서 용해용 전분과 폴리비닐알콜은 완충 효과에 직

접적인 영향을 미치는 팽연보조재로의 사용은 불가능 한 것으로 판단되었다.

표 5는 현재 사용 중인 3종류(파배기형, 원통형, 사각형) 발포 폴리스티렌의 탄성계수를 측정한 값으로 원통형 119.25 kPa, 파배기형 138.40 kPa, 사각형 698.50 kPa로 나타났다. 사각형의 경우는 파배기형, 원통형에 비해 조직이 매우 치밀하여 탄성계수 값이 높게 나타났다.

표 6은 압출 작업이 가능한 밀가루전분을 팽연보조재로 사용한 펄프 분말 압출물을 오븐에서 건조하여 수분을 완전히 제거시킨 시료의 탄성계수와 팽연율을 나타낸 것이다. 첨가량 20, 30, 40%에서 탄성계수는 각각 742.14, 1353.01, 2730.93 kPa로 나타났으며, 팽연율은 131.87, 111.60, 112.13%로 나타났다. 시료 탄성계수의 표준편차가 평균값에 비해 비교적 크게 나타났는데, 이는 압출작업 시 고압으로 인해 압출물의

Table 4 Extrusion status of pulp powder mixed with expanding additives

Expanding additives	Added weights (%)				Remarks
	10	20	30	40	
Wheat flour	n.e.	e.	e.	e.	e. : extruded n.e. : not extruded
Soluble starch	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	
PVA	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	

Table 5 Coefficient of elastic of expanded polystyrene samples

Added weight (%)	Sample	Coefficient of elastic (kPa)
Twist	1	152.24
	2	123.39
	3	127.34
	4	148.02
	5	141.01
	Mean	138.40
	S. D.	12.63
Cylinder	1	110.81
	2	100.90
	3	145.95
	4	125.61
	5	113.00
	Mean	119.25
	S. D.	17.32
Square	1	699.43
	2	782.36
	3	790.67
	4	554.78
	5	665.26
	Mean	698.50
	S. D.	96.55

상태가 균일하지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 표 5의 발포 폴리스티렌의 탄성계수와 비교할 때 밀가루 전분을 사용한 압출물은 포장원충재로 사용하기에는 무리가 있는 것으로 판단된다.

그림 3은 밀가루전분 첨가량에 따른 탄성계수와 팽연율의 경향을 나타내는 것으로 밀가루전분 첨가량이 증가함에 따라 전분의 결합력 증가에 따라 탄성계수는 증가하는 반면 팽연율은 감소하는 것을 알 수 있다.

나. 팽연보조제 혼합에 따른 압출 특성

펄프 분말에 팽연보조재를 서로 혼합하여 첨가한 압출물의 압출특성은 표 7과 같다. 표에서 밀가루전분과 혼합된 경우는 압출 작업이 가능하였고, 용해용 전분과 폴리비닐알콜을 혼합한 경우는 압출 작업이 불가능 한 것으로 나타났다. 특히 밀가루전분과 용해용 전분, 폴리비닐알콜을 혼합하는 경우

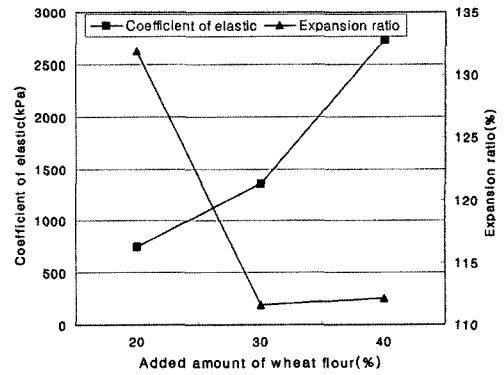


Fig. 3 Coefficient of elastic & expansion ratio of pulp powder extrudates.

밀가루전분 중량의 10%에 해당하는 혼합비에서만 압출 작업이 가능하였으며, 이보다 높거나 낮은 경우에는 압출 작업이 불가능하였다. 따라서 팽연보조재를 서로 혼합하는 경우에는 혼합 비율이 매우 중요한 요소가 되는 것을 알 수 있었다.

Table 6 Extrusion properties of pulp powder mixed with wheat flour

Added weight (%)	Extrudate sample	Coefficient of elastic (kPa)	Expansion ratio (%)
20	1	607.74	129.33
	2	574.59	133.33
	3	758.40	138.67
	4	990.88	150.00
	5	779.11	108.00
	Mean	742.14	131.87
	S. D.	165.56	15.43
30	1	1121.14	117.33
	2	1767.64	113.33
	3	1406.51	112.00
	4	1271.37	103.33
	5	1198.39	112.00
	Mean	1353.01	111.60
	S. D.	254.52	5.11
40	1	2476.18	118.67
	2	2585.36	116.00
	3	2870.17	110.00
	4	2809.95	108.00
	5	2913.00	108.00
	Mean	2730.93	112.13
	S. D.	190.31	4.91

Table 7 Extrusion status of pulp powder mixed with combined expansive ingredients

Material	Combined expansive ingredients			Remarks
	WF +SS	WF+PVA	SS+PVA	
TMP	e.	e.	n.e.	e. : extruded n.e. : not extruded

압출 작업이 가능한 밀가루전분과 용해용 전분, 밀가루전분과 폴리비닐알코올의 압출 특성을 표 8, 9에 나타냈다. 앞의 실험 결과와 동일하게 밀가루전분의 첨가량이 증가함에 따라 탄성계수는 증가하고, 팽연율은 감소하는 것을 알 수 있다.

Table 8 Extrusion properties of pulp mixed with combined expansive ingredients (wheat flour+soluble starch)

Material	Wheat flour	Soluble starch	Extrudate sample	Coefficient of elastic (kPa)	Expansion ratio (%)
TMP	20% of TMP	10% of wheat flour	1	791.19	124.00
			2	763.98	186.00
			3	646.83	150.00
			4	796.07	190.00
			5	772.44	175.00
			Mean	754.10	165.00
			S. D.	61.40	27.71
	30% of TMP	10% of wheat flour	1	1252.53	116.67
			2	1071.81	150.00
			3	1244.71	180.00
			4	1311.16	178.00
			5	1336.85	186.00
			Mean	1243.41	162.13
			S. D.	103.50	28.96
	40% of TMP	10% of wheat flour	1	2331.32	101.33
			2	2213.23	155.00
			3	2147.30	162.00
			4	2040.48	150.00
			5	2273.47	155.00
			Mean	2201.15	144.67
			S. D.	112.95	24.60

Table 9 Extrusion properties of pulp mixed with combined expansive ingredients (wheat flour+PVA)

Material	Wheat flour	PVA	Extrudate sample	Coefficient of elastic (kPa)	Expansion ratio (%)
TMP	20% of TMP	10% of wheat flour	1	985.15	110.00
			2	1182.99	165.00
			3	1181.76	180.00
			4	1240.13	150.00
			5	1002.97	150.00
			Mean	1118.60	151.00
			S. D.	116.28	26.08
	30% of TMP	10% of wheat flour	1	2497.96	103.33
			2	2269.56	165.00
			3	2425.75	168.00
			4	2643.90	175.00
			5	2550.88	168.00
			Mean	2477.61	155.87
			S. D.	140.90	29.60
	40% of TMP	10% of wheat flour	1	3114.68	109.33
			2	2999.67	106.67
			3	3102.41	103.33
			4	2808.11	106.67
			5	2722.28	103.33
			Mean	2949.43	105.87
			S. D.	176.64	2.56

다만, 완충 성능을 확보하기 위해서는 탄성계수가 가능한 작아야 한다는 관점에서, 펄프 분말에 밀가루전분 20%, 밀가루전분 중량의 10%에 해당하는 공업용전분을 첨가한 경우의 탄성계수는 754.10 kPa로 밀가루전분만 첨가했을 때의 742.14 kPa와 비슷하게 나타났으나 성형성은 다소 증가한 것으로 나타났다. 따라서 밀가루전분에 용해용 전분을 사용하는 것이 완충 능력과 성형성을 높이는데 효과적임을 알 수 있다. 밀가루전분에 폴리비닐알콜을 혼합한 경우에도 실험 결과는 용해용 전분을 혼합한 경우와 동일한 경향을 나타냈으나, 탄성계수는 크게 그리고 팽연율은 다소 적게 나타나 폴리비닐알콜이 용해용 전분보다 큰 결합력을 갖는 것을 알 수 있다. 앞서 밀가루 전분만을 사용한 경우와 마찬가지로 현재 사용되고 있는 발포 폴리스티렌과 탄성계수를 비교할 때 팽연보조제를 사용한 압출물도 여전히 완충재로 사용하기에는 문제가 있는 것으로 판단된다. 그림 4는 혼합 팽연보조제에 대한 탄성계수 경향을 나타낸 것으로 용해용 전분이 동일 첨가량에서 폴리비닐알콜보다 작은 탄성계수를 나타내는 것을 알 수 있다.

다. 함수율에 따른 압출 특성

앞에서 제시된 탄성계수는 각 실험 조건에서 압출된 시료를 오븐에서 4시간 건조시킨 것으로 함수율 0%(wb)에서 측

정된 값이다. 전분을 수분과 혼합한 후 가열하여 수분을 제거시키면 단단하게 굳어지는 것처럼 대부분의 시료가 팽연보조제의 첨가량에 상관없이 손으로 눌렀을 때 완충 성능을 나타내지 못했다. 따라서 완충재로서의 기능을 부여하기 위해 압출 시료가 대기 중에 노출되었을 때 흡습 가능한 함수율 상태에서 탄성계수를 측정할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

그림 5, 6, 7은 펄프 분말에 밀가루전분 20, 30, 40%를 첨가하고 밀가루전분 첨가량의 10%에 해당하는 용해용 전분, 폴리비닐알콜을 팽연보조제로 사용한 경우 압출 시료의 함수율에 따른 탄성계수를 나타낸 것이다. 그림에서 함수율이 증가함에 따라 탄성계수가 급격하게 줄어드는 것을 알 수 있으며, 함수율 30%에서는 팽연보조제의 첨가량에 관계없이 탄성계수가 비슷하게 나타났다. 이는 시료 내 전분이 수분을 흡수하여 조직이 연화되어 나타나는 것으로 일정 수분량 이상에서는 외부 충격에 조직이 파괴되는 것을 의미한다(Lim 등, 1995).

함수율 10%에서 펄프 분말에 밀가루전분 20%를 사용한 경우 탄성계수는 467.92 kPa, 용해용 전분을 혼합하여 사용한 경우 탄성계수는 439.55 kPa로 파배기형, 원통형 발포 폴리스티렌 보다는 크지만 사각형 발포 폴리스티렌의 탄성계수 698.50 kPa보다 작게 나타났다. 함수율 10%는 온도 30℃, 상대습도 70%로 24시간 조절된 것으로 이는 하절기 대기 상태

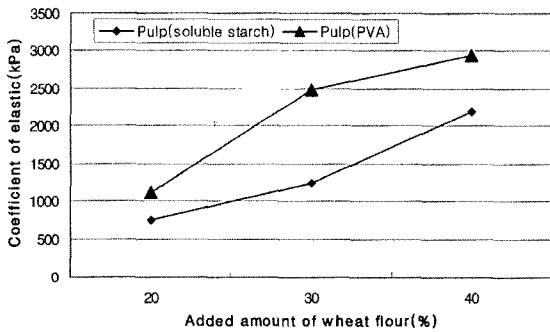


Fig. 4 Coefficient of elastic of pulp powder extrudates mixed with combined expansive ingredients.

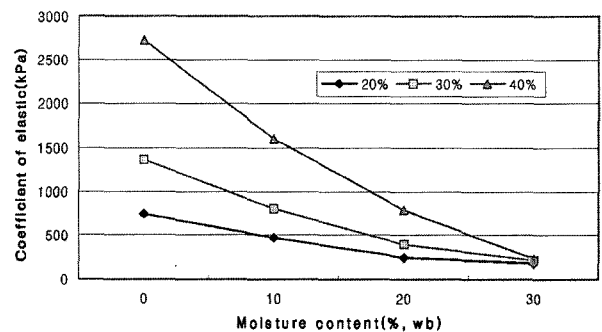


Fig. 5 Coefficient of elastic of extrudates mixed with wheat flour.

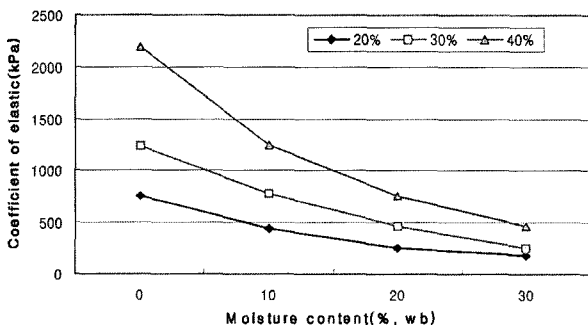


Fig. 6 Coefficient of elastic of extrudates mixed with soluble starch.

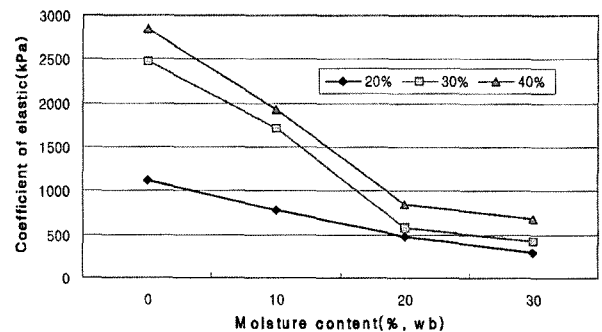


Fig. 7 Coefficient of elastic of extrudates mixed with PVA.

와 유사하다고 할 수 있다. 물론 동절기에는 이보다 적기는 하지만 약 5% 정도의 흡습이 가능할 것으로 판단되므로 충분하지는 않지만 탄성계수 측면에서 완충재로의 사용 가능성이 있다고 판단된다.

4. 요약 및 결론

팽연 완충 소재 개발을 위한 전 단계로 펄프 분말을 주원료로 하고 밀가루전분, 공업용 전분, 폴리비닐알콜과 같은 팽연보조제를 혼합한 원료의 압출특성과 압출물의 물리적 특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

- (1) 팽연보조제로 사용한 용해용 전분과 폴리비닐알콜의 경우 첨가량에 관계없이 압출작업이 불가능 하였으며, 밀가루전분의 경우도 첨가량 20% 이하에서는 압출작업이 불가능 하였다. 팽연보조제를 서로 혼합한 실험 결과 용해용전분과 폴리비닐알콜은 밀가루전분 중량의 10%에 해당하는 원료 조성에서만 압출작업이 가능하였으며 용해용전분과 폴리비닐알콜을 서로 혼합한 경우 역시 압출작업이 불가능 하였다. 따라서 압출공정을 이용한 팽연 완충 소재 개발 시 밀가루전분의 사용이 매우 중요함을 알 수 있었다.
- (2) 밀가루전분을 20, 30, 40% 첨가한 경우 탄성계수는 742.14, 1353.01, 2730.93 kPa, 팽연율은 131.87, 111.60, 112.13%로 각각 나타나 밀가루전분 첨가량이 증가할수록 탄성계수는 커지고 팽연율은 작아지는 경향을 보였다. 밀가루전분 20%와 밀가루전분 중량의 10%에 해당하는 공업용전분과 폴리비닐알콜을 첨가한 경우 탄성계수는 밀가루전분과 비슷하게 나타났으나 공업용전분의 경우 팽연율은 밀가루전분만 첨가한 경우보다 크게 나타났다. 따라서 펄

프분말을 사용한 팽연 완충 소재 개발 시 팽연보조제로 밀가루전분과 공업용전분을 혼합 사용하는 것이 가장 바람직한 것으로 판단되었다.

- (3) 압출시료를 함수율 0, 10, 20, 30%(wb)로 조절하여 탄성계수를 측정한 결과 함수율이 증가할수록 탄성계수는 작게 나타났으며 함수율 30%에서는 원료조성에 관계없이 비슷하게 나타났다. 특히 펄프분말 중량의 20%에 해당하는 밀가루전분, 밀가루전분 중량의 10%에 해당하는 공업용전분을 혼합한 경우 함수율 10%(wb)에서 탄성계수가 439.55 kPa로 파배기형, 원통형 발포 폴리스티렌 보다는 크지만 사각형 발포 폴리스티렌의 탄성계수 698.50 kPa보다 작게 나타났다.

참 고 문 헌

1. Catia B., 2001. Global status of the production of biobased packaging materials. *Starch* 53:351-355.
2. Hong, S. I., Kim, C. T. and Kim, C. J. 1998. Comparison of physical properties of starch based extruded loose-fill with different mixing formulas. *Food Engineering Progress*. 2(1):68-74. (In Korean)
3. Lim, D. I., Im, S. S. and Han, J. S. 1995. The changes of physical properties of starch loose-fill according to exposure condition. *Polymer (Korea)* 19(4):469-477.
4. Lacourse, N. L. and Altieri, P. A. 1989. Biodegradable packing material and the method of preparation thereof. US Patent 4,863,655.
5. Yu, W. R., Lee, Y. M., Kim, E. H. and Lee, D. H. 1999. A study on the relationship between processing conditions and the compressional properties of expanded starch. *Journal of the Korean Fiber Society* 36(7):545-553.