

일반계와 통일계 현미의 겨층구조와 수분 흡수 속도

이수정 · 김성곤*

단국대학교 식품영양학과

초록 : 일반계(13품종)와 통일계(12품종) 현미의 겨층구조와 수분 흡수 속도를 조사하고 각 특성들간의 유의성을 분석하였다. 일반계 현미의 길이는 통일계보다 유의적으로 짧았으나, 폭과 무게는 유의적인 차이가 없었다. 호분층과 과피의 두께는 일반계와 통일계 모두 등부가 배부보다 두꺼웠으며, 호분층 수는 일반계가 통일계보다 많았으나 배부 또는 등부의 호분층과 과피의 두께는 일반계와 통일계 사이에 유의적인 차이가 없었다. 60°C 에서의 수분 흡수 속도는 일반계가 폭이 컸으나 통일계와 유의성은 없었으며, 겨층의 구조와는 상관을 보이지 않았다 (1994년 2월 23일 접수, 1994년 4월 25일 수리).

쌀은 보통 벼의 형태로 수확되는데, 벼는 크게 왕겨, 겨, 배아와 전분질 배유로 구성되어 있다. 벼에서 왕겨를 제거한 영과(caryopsis) 즉 현미는 크게 과피와 종피로 둘러 싸여 있다.

겨층은 4개의 조직 즉 과피, 종피, nucellus와 호분층으로 구성되어 있다.¹⁾ 과피는 여러층의 유조직 세포로 구성되어 있으며 수분을 쉽게 흡수하게 된다. 호분층은 여러개의 세포층으로 되어 있으며 일반적으로 배부(ventral side)보다 등부(dorsal side) 쪽이 두껍다.²⁾ 또한 단립종은 장립종보다 호분층이 두꺼운 것으로 알려져 있다.³⁾

쌀알 구성 부위의 무게 분포를 보면 과피가 1~2%, 종피와 호분층이 4~6%, 배아는 2~3%, 배유는 89~94%이다.⁴⁾ Lee⁵⁾는 우리나라의 일반계와 통일계 현미의 도정에 의한 겨의 생산량은 각각 8.72와 7.35%로서 일반계가 유의적으로 높았다고 하였다. 그러나 김 들⁶⁾은 현미의 미강율은 일반계가 7.72%, 통일계가 7.80%로 서로 큰 차이가 없다고 하였다.

현미를 물에 침지시키면 과피를 통하여 물이 흡수되는데, 과피와 호분층의 세포벽은 단백질, 헤미셀룰로오스와 셀룰로오스에 대하여 정색반응을 나타내며 이들 조직은 물의 흡수의 장벽으로 작용한다.⁷⁾ 현미의 수분 흡수는 기본적으로 수분의 확산 현상으로 설명된다.⁸⁾ 현미의 수분 흡수에 대하여는 일부 연구⁹⁻¹¹⁾가 있는데, 현미의 침지 초기에서의 수분 흡수에 따른 확산 계수는 겨층에 의하여 지배받게 된다.

이 연구는 일반계와 통일계 현미를 대상으로 겨층의 구조와 수분 흡수 속도를 비교함으로써 일반계와 통일계 쌀의 품질 차이를 이해하는 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

재료

시료벼는 단국대학교 농과대학 시험포장에서 같은 시비조건으로 재배된 일반계 13품종과 통일계 12품종을 사용하였다.

벼는 Satake 제현기로 왕겨를 제거하여 현미를 얻은 다음, 청미와 싸래기를 제거하고 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

현미 입자의 크기와 무게 측정

현미 입자의 길이와 폭은 caliper로 입자 100알을 측정하고 그 평균값을 취하였다.

입자의 무게는 현미 10알씩 10회 측정하고 그 평균값을 입자 1알의 무게로 나타내었다.

겨층의 구조 조사

겨층의 구조는 국제미작연구소의 방법¹²⁾에 따라 조사하였다. 현미를 10% 글리세롤용액에 12시간 침지시킨 다음, freezing microtome으로 등부와 배부를 15미크론

Key words : Brown rice, bran, water uptake rate

*Corresponding author : S.-K. Kim

정도로 잘라 0.1% Sudan III용액으로 염색시키고, 호분층 수와 호분층의 두께, 과피의 두께를 광학현미경으로 측정하였다. 실험은 최소한 4회 반복하고 평균값으로 나타내었다.

수분 흡수 속도의 분석

시료 1g을 60°C의 증류수에 40분간 침지시키면서 일정한 시간별로 꺼내어 무게증가량으로부터 1g당 수분증가량(건량기준)을 계산하였다.¹³⁾ 실험은 3회 이상 반복하여 그 평균값을 취하였다.

현미의 수분 흡수 속도는 Becker의 개략적인 확산방정식¹⁴⁾에 따라 계산하였다.

$$\bar{m} - m_0 = k\sqrt{t}$$

여기에서 \bar{m} 는 일정시간 침지 후의 수분함량(g H₂O/g dry matter), m_0 는 초기 수분함량(g H₂O/g dry matter), t 는 침지시간(min), k 는 수분 흡수 속도 상수(min^{-1/2})이다.

통계분석

일반계와 통일계간의 특성값의 유의성은 T-test에 의하여, 특성값 끼리의 상호 관련성은 상관계수로 판단하였다. 분석은 SPSS-X21 프로그램을 이용하여 컴퓨터(MV-20000 Model 1)로 하였다.

결과 및 고찰

현미입자의 크기

일반계와 통일계 현미의 크기와 무게를 측정된 결과는 각각 Table 1 및 2와 같다. 일반계에서 길이가 가장 긴 것은 서남벼로서 5.12 mm이었고 가장 짧은 것은 추청벼로 4.74 mm이었다. 통일계 중에서 길이가 가장 긴 것은 서광벼로 6.01 mm이었고 가장 짧은 것은 칠성벼로 4.84 mm이었다. 통일계 현미의 평균 길이는 5.54 mm(Table 2)로서 일반계의 4.93 mm(Table 1)보다 유의적으로 길었다(p<0.001). 현미의 폭은 일반계가 1.88~2.13 mm(Table 1), 통일계가 1.81~2.08 mm(Table 2)로서 서로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

길이와 폭의 비(L/W)를 보면 일반계는 2.26~2.60(Table 1), 통일계는 2.43~3.20(Table 2)로서 통일계가 유의적으로 큰 값을 보였다(p<0.001). 이는 일반계 현미 34품종과 통일계 현미 24품종의 길이와 폭의 비를 비교한 김과 서¹⁴⁾의 결과와 같은 것이었다.

현미의 형태는 길이와 폭의 비에 따라 3 이상인 것은 훌쭉함(slender), 2.4~3.0은 중간(media), 2.0~2.39는 통통함(bold), 2.0 이하는 둥근(round)으로 나눌 수 있다.¹⁵⁾ 일반적으로 일본형 현미는 통통한 입형을, 인도형은 훌쭉하거나 또는 중간의 입형을 보인다. 따라서 Table 1 및 Table 2의 결과는 일반계 현미는 품종에 따라 중간

Table 1. Dimension and weight of japonica brown rice varieties

Variety	Maturity	Length (mm)	Width (mm)	L/W	One kernel weight (mg)
Chiakbyeo	Early	4.75	2.10	2.26	20.5
Sumjinbyeo	Early	5.09	2.08	2.45	22.7
Kihobyeo	Medium	5.03	2.04	2.47	22.0
Kwangmyungbyeo	Medium	4.85	1.95	2.49	19.6
Namyangbyeo	Medium	4.89	1.88	2.60	17.6
Sangpungbyeo	Medium	5.00	2.12	2.36	23.0
Taechangbyeo	Medium	4.86	2.02	2.41	21.3
Taechungbyeo	Medium	5.08	2.04	2.49	22.1
Chucheongbyeo	M-late	4.74	2.08	2.28	20.7
Seonambyeo	M-late	5.12	1.97	2.60	19.5
Tongjinbyeo	M-late	4.94	2.13	2.32	22.4
Hwasungbyeo	Late	5.03	2.06	2.44	21.8
Nakdongbyeo	Late	4.74	2.03	2.34	20.1
Min		4.74	1.88	2.26	17.6
Max		5.12	2.13	2.60	23.0
Mean		4.93	2.04	2.42	21.0
SD		0.14	0.07	0.11	1.55

Table 2. Dimension and weight of Tongil brown rice varieties

Variety	Maturity	Length (mm)	Width (mm)	L/W	One kernel weight (mg)
Kayabyeo	Early	5.82	2.03	2.87	22.5
Taebaegbyeo	Early	5.98	1.87	3.20	20.0
Yongjoobyeo	Early	5.46	1.96	2.79	22.2
Yongmunbyeo	Early	5.40	1.96	2.76	21.3
Baeyangbyeo	Medium	5.01	2.06	2.43	21.4
Cheongcheongbyeo	Medium	5.93	1.90	3.12	21.9
Chilsungbyeo	Medium	4.84	1.96	2.44	20.5
Joongwonbyeo	Medium	5.21	1.81	2.88	18.2
Santgangbyeo	Medium	5.43	1.93	2.81	19.3
Seogwangbyeo	Medium	6.01	1.95	3.08	22.6
Shingwangbyeo	Medium	5.84	2.03	2.88	24.9
Wonpungbyeo	Medium	5.55	2.08	2.67	23.8
Min		4.84	1.81	2.43	18.2
Max		6.01	2.08	3.20	24.9
Mean		5.54	1.96	2.83	21.6
SD		0.39	0.08	0.24	1.88

형과 통통한 형을 보이거나 통일계 현미는 대부분이 중간형에 속함을 가리킨다.

현미의 무게는 일반계가 17.6~23.0 mg(Table 1), 통일계가 18.2~24.9 mg(Table 2)으로서 서로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Lee⁹⁾는 일반계 현미 10품종과 통일계 현미 13품종을 대상으로 길이, 길이와 폭의 비 및 무게를 조사하고 길이와 폭의 비는 통일계가 일반계보다 유의적으로 큰 값을 보이거나($p < 0.05$), 무게는 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 따라서 Table 1 및 Table 2의 결과와 같은 경향이였다.

현미의 거층 구조

현미의 거층 구조를 배부와 등부로 나누어 호분층의 수와 두께 및 과피의 두께를 측정 한 결과는 Table 3 및 Table 4와 같다. 호분층 수를 보면 배부의 경우 일반계와 통일계는 1~2개로서 유의적인 차이가 없었다. 등부의 경우 일반계는 남양벼와 태창벼를 제외한 모든 품종의 호분층수는 3.0 이상이었으나(Table 3), 통일계는 백양벼와 칠성벼를 제외한 모든 품종에서 3.0 이하이었다(Table 4).

일반계의 경우 배부는 추청벼가 호분층 및 과피의 두께가 모두 가장 얇았고 서남벼는 호분층이 가장 두꺼웠다. 한편 과피의 두께는 서남벼, 치악벼, 화성벼가 두꺼웠다. 등부의 호분층의 두께는 서남벼가, 과피의 두

께는 광명벼가 가장 두꺼웠으며, 남양벼는 호분층 및 과피의 두께가 모두 가장 얇았다(Table 3).

통일계 현미의 배부의 호분층 두께는 칠성벼와 중원벼가 가장 얇았고 용문벼가 가장 두꺼웠으며, 등부는 백양벼가 가장 두꺼웠다(Table 4). 과피의 두께는 배부의 경우 태백벼와 청청벼가 가장 얇았고 신평벼가 가장 두꺼웠으며, 등부에서는 서광벼가 가장 두꺼웠다. 중원벼는 등부의 호분층 및 과피의 두께가 모두 가장 얇았다(Table 4).

일반계 현미의 배부의 호분층 수는 평균 1.35로서 등부의 3.15보다 적었으며, 호분층 및 과피의 두께는 등부가 배부보다 각각 2.15배 및 1.85배 두꺼웠다(Table 3). 통일계 현미도 등부의 호분층 수(평균 2.56)가 배부(평균 1.15)보다 많았으며, 호분층 및 과피의 두께는 등부가 배부보다 각각 2.15배 및 1.76배 두꺼웠다(Table 4). 그러나 배부의 경우 호분층의 수와 두께 및 과피의 두께는 일반계와 통일계 사이에 유의적인 차이가 없었으며, 등부의 경우 호분층의 수는 일반계가 통일계보다 유의적으로 많았으나($p < 0.05$), 호분층 및 과피의 두께는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

현미의 수분 흡수 속도

현미의 60°C 에서의 수분 흡수와 침지시간의 평방근의 관계로부터 수분 흡수 속도를 계산한 결과는 Table 5와 같다. 현미는 침지 30분 후에는 대부분이 평균수분함량에

Table 3. Number of aleurone layer and thickness of bran layer of japonica brown rice varieties

Variety	Ventral side			Dorsal side		
	Number of aleurone layer	Thickness of aleurone layer (μm)	Thickness of pericarp (μm)	Number of aleurone layer	Thickness of aleurone layer (μm)	Thickness of pericarp (μm)
Chiakbyeo	1.25	27.30	25.03	3.25	71.66	40.95
Sumjinbyeo	1.25	27.30	23.89	3.00	72.80	37.54
Kihobyeo	1.00	21.61	21.61	3.25	64.84	37.54
Kwangmyungbyeo	2.00	29.58	21.61	3.25	73.94	56.88
Namyangbyeo	1.00	25.03	23.89	2.00	47.78	35.26
Sangpungbyeo	1.50	25.03	23.89	3.50	64.84	40.95
Taechangbyeo	1.25	29.58	21.61	2.50	64.84	35.26
Taechungbyeo	1.25	28.44	21.61	3.00	56.88	42.09
Chucheongbyeo	1.00	20.48	17.06	3.25	63.70	44.36
Seonambyeo	1.75	32.99	25.03	3.75	86.45	45.50
Tongjinbyeo	1.00	23.89	23.89	3.00	63.70	44.23
Hwasungbyeo	1.75	28.44	25.03	3.75	63.70	42.09
Nakdongbyeo	1.50	29.58	20.48	3.50	80.76	43.23
Min	1.00	20.48	17.06	2.00	47.78	35.26
Max	2.00	32.99	25.03	3.75	86.45	56.88
Mean	1.35	26.87	22.66	3.15	67.38	41.99
SD	0.33	3.52	2.30	0.49	9.95	5.62

Table 4. Number of aleurone layer and thickness of bran layer of Tongil brown rice varieties

Variety	Ventral side			Dorsal side		
	Number of aleurone layer	Thickness of aleurone layer (μm)	Thickness of pericarp (μm)	Number of aleurone layer	Thickness of aleurone layer (μm)	Thickness of pericarp (μm)
Kayabyeo	1.25	26.16	25.03	2.50	60.29	34.13
Taebaegbyeo	1.00	28.44	18.20	2.50	52.33	31.85
Yongjoobyeo	1.00	26.16	19.34	2.25	46.64	35.26
Yongmunbyeo	1.25	34.13	20.48	2.75	59.15	32.99
Baeyangbyeo	1.50	27.30	20.48	3.50	89.86	38.68
Cheongcheongbyeo	1.25	30.71	18.20	2.50	52.33	39.81
Chilsungbyeo	1.25	22.75	22.75	3.25	69.39	36.40
Joongwonbyeo	1.00	22.75	20.48	2.00	46.64	31.85
Samgangbyeo	1.25	25.03	21.61	2.25	50.05	39.81
Seogwangbyeo	1.00	28.44	26.16	2.50	60.29	47.78
Shingwangbyeo	1.00	30.71	27.30	2.50	69.39	46.64
Wonpungbyeo	1.00	26.16	20.48	2.25	51.19	44.36
Min	1.00	22.75	18.20	2.00	46.64	31.85
Max	1.50	34.13	27.30	3.50	89.86	47.78
Mean	1.15	27.40	21.71	2.56	58.96	38.30
SD	0.17	3.34	3.01	0.43	12.46	5.58

Table 5. Water uptake rates brown rices

Japonica variety	Water uptake rate at 60°C (min ^{-1/2})	Moisture content after 30 min soaking at 60°C (g/g)	Tongil variety	Water uptake rate at 60°C (min ^{-1/2})	Moisture content after 30 min soaking at 60°C (g/g)
Chiakbyeo	0.0435	0.2296	Kayabyeo	0.0426	0.2226
Sunjinbyeo	0.0411	0.2139	Taebaegbyeo	0.0432	0.2137
Kihobyeo	0.0430	0.2282	Yongjoobyeo	0.0413	0.2243
Kwangmyungbyeo	0.0438	0.2286	Yongmunbyeo	0.0452	0.2427
Namyangbyeo	0.0462	0.2167	Baegyangbyeo	0.0479	0.2326
Sangpungbyeo	0.0419	0.2208	Cheongcheongbyeo	0.0456	0.2320
Taechangbyeo	0.0437	0.2234	Chilsungbyeo	0.0456	0.2333
Taechungbyeo	0.0411	0.2109	Joongwonbyeo	0.0469	0.2327
Chucheongbyeo	0.0397	0.2109	Samgangbyeo	0.0483	0.2415
Seonambyeo	0.0552	0.2725	Seogwangbyeo	0.0474	0.2517
Tongjinbyeo	0.0394	0.2026	Shingwangbyeo	0.0454	0.2292
Hwasungbyeo	0.0402	0.2207	Wonpungbyeo	0.0454	0.2309
Nakdongbyeo	0.0429	0.2229			
Min	0.0394	0.2026	Min	0.0413	0.2137
Max	0.0552	0.2725	Max	0.0483	0.2517
Mean	0.0432	0.2232	Mean	0.0454	0.2323
SD	0.0041	0.0168	SD	0.0021	0.0099

Table 6. Pearson correlation coefficient between water uptake rate and physical properties of brown rices

Physical property	Japonica variety		Tongil variety	
	Water uptake rate at 60°C	Moisture content after 30 min soaking at 60°C	Water uptake rate at 60°C	Moisture content after 30 min soaking at 60°C
Length	0.2443	0.2512	-0.2908	-0.1336
Width	-0.3298	-0.2700	-0.0491	0.0148
L/W	0.6310**	0.4561	-0.2209	-0.1341
One kernel weight	-0.5823*	-0.3799	-0.2675	-0.0224
Ventral Number of side				
aleurone layer	0.3490	0.5290*	0.3363	0.1565
Thickness of aleurone layer	0.5703	0.5931*	-0.0935	0.1503
Thickness of pericarp	0.3408	0.3226	0.1634	0.3355
Dorsal Number of side				
aleurone layer	0.0836	0.4220	0.2131	0.0753
Thickness of aluerone layer	0.4562	0.6616**	0.3326	0.1102
Thickness of pericarp	0.0766	0.2062	0.4100	0.4725
Moisture content after 30 min soaking at 60°C	0.9149***		0.7077**	
Water uptake rate at 60°C		0.9149***		0.7077**

도달하였으므로 침지 30분에서의 수분함량도 Table 5에 함께 나타내었다. 일반계 현미의 수분 흡수 속도는 $0.0394 \sim 0.0552 \text{ min}^{-1/2}$ 으로서 통일계 현미의 $0.0413 \sim 0.0483 \text{ min}^{-1/2}$ 보다 넓은 범위를 보였으나 유의성은 없었다. 일반계의 경우 수분 흡수 속도가 가장 늦은 것은 동진벼이었고, 가장 빠른 것은 서남벼이였으며, 통일계는 용주벼가 가장 느렸고 삼강벼가 가장 빨랐다.

침지 30분 후의 수분함량은 일반계가 $0.2026 \sim 0.2725 \text{ g/g}$, 통일계가 $0.2137 \sim 0.2517 \text{ g/g}$ 으로서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 일반계 현미중 침지 30분 후의 수분함량이 가장 높은 것은 서남벼, 가장 낮은 것은 동진벼이었다. 한편 통일계는 서광벼가 가장 높은 수분함량을, 태백벼가 가장 낮은 수분함량을 보였다.

김 들⁹⁾은 일반계인 아끼바레(추청벼)와 통일계인 밀양 23호 현미의 수분 흡수 속도는 침지온도 60°C 에서 각각 0.0367 및 $0.0450 \text{ min}^{-1/2}$ 으로 보고하였는데, 추청벼의 값은 Table 5의 결과와 비슷하였다. 송 들¹⁵⁾은 일반계와 통일계 현미 각 3품종의 30°C 에서의 수분 흡수는 통일계가 빠르다고 하였다. 따라서 김 들⁹⁾과 송 들¹⁵⁾의 결과는 Table 5와는 다른 것으로서 이는 제한된 시료 또는 침지온도의 차이에 의한 것으로 생각된다.

각 특성값끼리의 상관관계

일반계와 통일계 현미의 수분 흡수 성질과 현미의 특성과의 상관관계는 Table 6과 같다. 일반계 현미의 60°C 에서의 수분 흡수 속도는 길이와 폭의 비, 무게와 모두 유의적인 부의 상관을 보였으며, 60°C 에서의 30분 후의 수분함량은 배부의 호분층 수 및 배부와 등부의 호분층 두께와 모두 유의적인 정의 상관을 보였다. 그러나 통일계 현미의 경우에는 수분 흡수는 현미의 특성과 상관을 보이지 않았다.

참 고 문 헌

1. Bechtel, D. B. and Pomeranz, Y.: J. Food Sci., 43 : 1538(1978)
2. Watson, C. A. and Dikeman, E.: Cereal Chem., 54 : 120(1977)
3. Hoshikawa, K.: Nippon Sakumotsu Gakkai Kiji, 36 : 221(1967)
4. Juliano, B. O. and Bechtel, D. B.: In 'Rice: Chemistry and Technology', Juliano, B. O. (ed.), Chap. 2, American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, U.S.A.(1985)
5. Lee, B. Y.: Ph. D. Thesis, The Tokyo University of Agriculture, Japan(1987)
6. 김영배, 하덕모, 김창식: 한국식품과학회지, 22 : 199 (1990)
7. Litter, E. R. and Dawson, E. H.: Food Res., 25 : 611(1960)
8. Becker, H. A.: Cereal Chem., 37 : 309(1960)
9. 김관중, 변유량, 조은경, 이상규, 김성곤: 한국식품과학회지, 16 : 297(1984)
10. Steffe, J. F. and Singh, R. P.: J. Food Sic., 45 : 356 (1980)
11. 송보현, 김동연, 김성곤: 한국농화학회지, 31 : 211 (1988)
12. Juliano, B. O.: Cereal Chmistry Procedures. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Phillipines(1974)
13. 조은경, 변유량, 김성곤, 유주현: 한국식품과학회지, 12 : 285(1980)
14. 김성곤, 서정식: 한국농화학회지, 33 : 261(1990)
15. Chang, T. T. and Bardenas, E. A.: Tech. Bull 4, International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Phillipines (December 1965)

Bran Structure and Water Uptake Rate of Japonica and Tongil-type Brown Rices

Soo-Jeung Lee and Sung-Kon Kim* (Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea)

Abstract : Bran structure and water uptake rate for brown rices of thirteen japonica and twelve Tongil cultivars were investigated. The japonica type was shorter in length and had lower value in the ratio of length to width than Tongil one. No differences were observed in width and weight between the two types. The number of aleurone layer and the thickness of bran layer were higher in dorsal side than in ventral side in all rice cultivars. The structure in ventral side was similar but the number of aleurone layer in dosal side was higher in japonica samples. There were no significant differences in water uptake rates showed no correlation with the bran structure.