

수확 후 쌀의 식미인자

김 훈, 김의용, 안재환
한국식품연구원 스마트유통시스템연구단

1. 쌀의 품질 및 식미인자

쌀은 수확전 품종, 재배조건에 따라 원료 벼의 품질 및 식미가 결정되고, 수확후 반입, 건조, 저장 및 도정 등 수확후 공정조건에 따라 현미 및 백미의 품질 및 식미가 크게 달라진다(1).

쌀의 구성성분 중 아밀로스, 단백질, 함수율, 지방산과 및 Mg/K와 도정도, 동할을 및 발아율 등이 식미에 영향을 미치는 주요인자로 알려져 있다. 쌀의 품질은 주로 외관에 의한 평가 즉, 형질이 좋은 완전립을 기준으로 평가가 이루어져 왔으나, 최근 식미를 중요시하면서 내부 품질을 평가하는데 많은 연구가 이루어지고 있다(2-5).

전분은 쌀의 주성분으로 70%이상 함유되어 있다. 전분은 아밀로스와 아밀로펙틴으로 구성되어 있는데, 아밀로스 함량은 15~35%이다. 아밀로스(amylose)는 밥의 백도(whiteness), 경도(hardness), 팽창(volume expansion) 및 수분흡수율(water absorption) 등과 상관관계가 있는 밥의 텍스처(texture)에 영향을 주는 중요한 품질인자이다. 아밀로스의 함량이 높을 경우 취반시 수분흡수량이 많아 크게 팽창하여, 밥의 경도(hardness)가 높고 찰기(stickiness)가 저하된다(6,7).

단백질(protein)의 함량은 지역 및 품종에 따라 다

르지만 국내 쌀의 경우 현미는 6~10%, 백미는 5~8%정도가 함유되어있다. 단백질의 함량이 높을 경우 저흡수성으로 전분호화, 팽화가 억제되어 딱딱하고 찰기가 저하되고 소화가 저하된다.

지질은 지방산과 글리세린의 화합물로 대부분 미강과 배아에 존재한다. 배유내의 지질함량도 단백질, 무기질과 마찬가지로 외층에 많이 함유되어 있으며, 백미의 중심부에는 적게 함유되어 있다. 건물 100g 중의 유리지방산도를 중화시키는데 필요한 수산화칼륨의 mg수로 나타나는 지방산가(fat acidity)는 저장상태의 중요한 지표로써, 20이상이면 품질의 저하가 발생한 것으로 간주할 수 있다(8). 무기질은 왕겨, 미강 및 배아에 집중되어있고, 백미에는 미세한 양이 함유되어있다. 쌀에 함유되어있는 무기질은 주로 P, K, Mg, Cl, Ca 및 Si이며, Mg와 K의 함량은 쌀의 물성 및 식미와 상관성이 높은 것으로 보고되고 있다(9).

식미의 영향인자로 알려진 아밀로스, 단백질 등은 주로 원료의 품질과 관련된 고정된 식미인자로서, 이들 인자로는 객관적인 식미정보를 획득하기가 어렵다고 판단된다. 쌀의 식미연구는 국내외적으로 주로 원료의 품종이나 재배와 관련된 식미인자로서, 수확후에 발생할 수 있는 품질저하와 이에 따른 식미저하를 구명할 수 있는 연구가 미흡한 실정이다.

수확후의 다양한 공정 중 건조공정의 경우, 흡수율이 높은 벼를 고온으로 건조하면 식미가 저하되며, 가공용의 쌀인 경우 가공성이 저하되는데, 이는 미립내의 성분이동이 원인이다. 흡수율이 높은 벼를 고온으로 건조하면 마치 쌀을 찌는 것과 비슷한 현상이 나타나 성분이동이 일어난다. 벼를 고온으로 건조하면 저온건조에 비하여 지방과 아민산이

미강층과 배아로부터 백미의 외주 부위로 크게 이동하게 되며, 당류는 백미의 내부로 크게 이동한다.

수확후 반입·건조·저장·가공·유통 등 공정에서 다양한 환경 및 처리조건에 따라 품질변화가 발생하므로, 이러한 품질변화와 연계한 식미저하를 구명하여 객관적인 식미인자로 제공하여야 한다.

표 1. 쌀의 품질 및 식미 영향정도 및 요인(1)

요 인		비중	품질을 좌우하는 성질
1	품종	최대	식미가 좋은 품종
2	산지	대	산지와 품종과의 관계(기후 토양을 포함)
3	기후	대	등숙온도, 기후, 일조, 온도는 식미를 좌우
4	재배방법	대	재배시기 및 시비기술은 수량과 식미좌우
5	농약	중?	불명확
6	콤바인수확	중	곡립의 손상, 탈부립의 발생
7	건조	대	식미저하, 동할발생
8	저장	대	식미저하 및 고미화와 깊은 관계
9	훈증	대?	불명확
10	도정	대	생산지 및 소비지 도정차, 도정도 차이
11	침지	중	흡수율의 차이
12	취반기	중	자동조절기의 설계, 화력원에 의해 발생
13	취반	중	취반시간과 방법

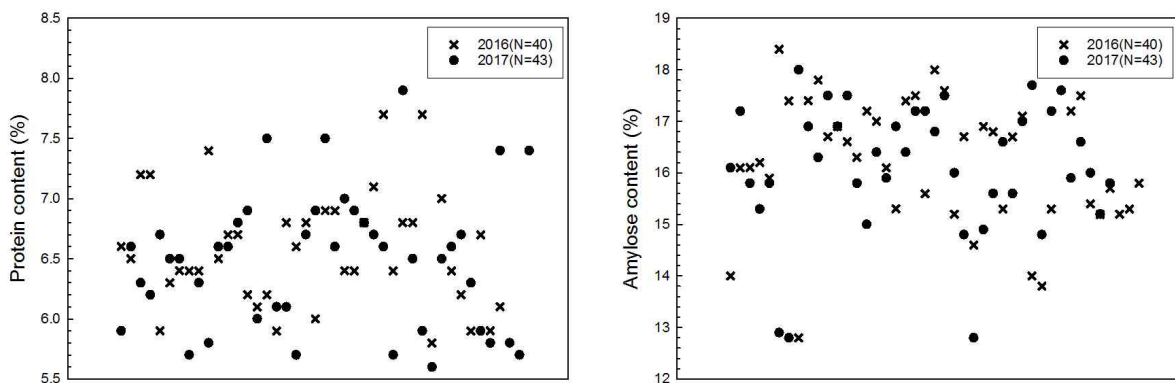


그림 1. 2016년 및 2017년 국내산 백미의 단백질 및 아밀로스 함량 분포(한국식품연구원)

표 2. 건조온도 별 밥의 식미특성(10)

Sensory Characteristics		Drying temperature			
		21.9°C	30.7°C	38.8°C	48.7°C
Odor	off-odor [*]	2.13 ^b	2.13 ^b	2.34 ^{ab}	2.71 ^a
Appearance	glossiness ^{***}	8.02 ^a	7.93 ^a	7.31 ^a	7.25 ^b
	color ^{***}	1.91 ^c	1.96 ^c	2.09 ^c	3.38 ^a
Taste	taste ^{***}	7.89 ^a	7.57 ^{ab}	7.52 ^{ab}	6.96 ^c
Textures	roughness [*]	2.16 ^a	2.41 ^{ab}	2.48 ^{ab}	2.80 ^b
	hardness	4.43	4.79	4.61	4.35
	springiness [*]	7.16 ^a	6.98 ^a	6.91 ^a	6.20 ^b
	cohesiveness	6.71	6.52	6.54	5.88
	adhesiveness	5.63	5.91	5.57	5.62
Quality of odor		7.80	7.77	7.52	7.20
Quality of appearance ^{***}		7.96 ^a	8.02 ^a	7.89 ^a	6.75 ^c
Quality of taste ^{**}		7.80 ^a	7.55 ^a	7.48 ^a	6.93 ^b
Quality of texture ^{***}		7.77 ^a	7.50 ^{ab}	7.41 ^{ab}	6.75 ^c
Quality of overall ^{***}		7.88 ^a	7.63 ^a	7.45 ^{ab}	6.66 ^c

2. 쌀의 식미측정기술

쌀의 식미를 측정하는 방법은 관능검사, 이화학적 평가 및 계측기에 의한 평가로 구분할 수 있다. 관능검사는 식미평가자(panel)에 의한 평가방법으로 인간의 감각은 의외로 정확하여 기계보다 감도가 높을 수도 있다. 그러나, 개개인의 기호도가 차이가 있는 만큼 관능검사와 병행한 이화학적 또는 계측기에 의한 평가로 객관적인 근거를 제시하는 조합적인 식미평가 방법이 이루어져야 한다.

전술한바와 같이 쌀의 식미에 영향을 미치는 인자는 매우 다양한데, 원료 벼에서는 아밀로스, 단백질, Mg/K 등 쌀을 구성하는 성분이 중요한 인자이며, 수확후에는 효소 작용에 의한 품질저하와 도정도 및 백도 등 도정특성이 중요한 인자로 알려져 있

다. 쌀의 식미수식 및 식미계는 주로 일본에서 많은 연구가 진행되었는데, 식미수식은 결정계수를 높이기 위해 현장에서 사용이 어려운 측정방법을 포함하고 있는 반면, 품질 및 식미측정장치는 크게 아밀로스, 단백질, 수분 등의 화학적 성분을 측정하여 취반 후의 식미치를 추정하는 방식과, 쌀을 취반한 후 밥의 호화상태를 반사광과 투과광으로 측정하여 식미치를 추정하는 방식 등이 주를 이루고 있다.

현재까지 조사된 식미수식중 가장 높은 결정계수를 가진 식은 Horino 등(9)으로서 $R^2=0.755$ 수준이었으며, 거의 대부분의 식미수식은 현장에서 용이하게 비파괴적인 방법으로 측정이 어려운 항목을 포함하고 있고, 측정기준도 통일되지 않고 있으며(11), 실제 판매되고 있는 식미기반 품질측정시스템에 대한 Kawamura(12)의 검토결과에 의하면 식미계 측정값과 관능검사결과의 상관계수(r)가 0.31~0.45로 크

게 낮아 객관적인 식미기반 품질측정시스템으로 사
용하기에는 불가능한 실정이다.

표 3. 일본의 쌀의 식미측정을 위한 품질예측모델 현황

구분	저자(출처)	논문(특허)	식미기반 품질예측모델	용어설명
특허	사다케 (1991, 일본)	쌀품질 평가방법 (근적외선 분광분석기를 이용한 쌀의 주성분을 측정)	$K=A1.0 \times P0.3 \times \{15+(15-M)\}0.7$ $T=5000 \div K2$	K : 품질평가치, A : 아밀로오스 함량, P : 단백질 함량, T : 식미치
	Japan Tobacco Inc. (1993, 일본)	쌀의식미평가 방법 (쌀의 아밀로스, 단백질 함량 및 밥의 RGB값을 이용한 식미)	$Y=0.00334180B-0.11283477$ $\times A-0.14658527 \times P-2.9932996$	Y : 식미치, B : 색광누적 휘도치(단위면적당 밝기, cd/m ²), A : 아밀로오스 함량, P : 단백질 함량
	Iseki (1991, 일본)	쌀의 품질측정장치 및 식미 분석장치(근적외선을 이용한 성분측정, 가시광선 영역에서 미숙립혼입률 검출)	$F = ((FA-5) \div 10+1) \times ((I-10)$ $\div 10)$	F : 신선도지표, F.A : 지방산가, I : 미숙립혼입률
	쿠보타 (1994, 일본)	성분정량분석 및 식미평가장치(근적외선 투과광을 이용하여 성분측정)	$Y = A \times M0 + B \times Pr + C \times Am + \alpha$	Y : 식미치, M0 : 수분함량, Pr : 단백질함량, Am : 아밀로오스, A, B, C, α : 계수(각 정량치는 음식 맛 영향)
업체	니레코	쌀식미분석기 (근적외선 분광분석기를 이용한 쌀의 주성분을 측정)	$P\% = K0 + K1 \log(1/T\lambda 1) +$ $K2 \log(1/T\lambda 2) + \dots +$ $Kn \log(1/T\lambda n)$	P : 추정하는 성분, Tλn : 파장λn의 투과율(반사의 경우 반사율 R), Kn : 회귀상수(일반적으로 n=4-8)
논문	Sakurai et al., 1988	쌀 식미와 이화학적 특성에 관한 육종연구	$Y=-0.2073X1-0.4370X2-0.222X3$ $-0.234X4+0.1356X5+6.5312(R=0$ $.8005)$	Y : 식미치, X1 : 아밀로오스, X2 : 조단백질, X3 : 현미품질, X4 : 백미함수율, X5 : 백도
	Horino et al, 1992	쌀의 질소와 미네랄함량이 취반후 식미에 미치는 관계	$Y=3.625-2.274N-0.00972K+0.02$ $197Mg(R2=0.755)$	Y : 식미치, N(%), k(mg/100g), Mg(mg/100g)
	Chikubu et al, 1985	다중회귀분석에 의한 쌀식미판정식 설정	$Y=-0.12716X1-0.09285X2+0.090$ $20X3+0.09457X4-6.59552X5+$ $2.645251(R2=0.7014)$	Y : 식미치, X1 : 단백질, X2 : 최고점도, X3 : 최저점도, X4 : breakdown, X5 : 요오드정색도
	Ohtsubo, 1993	쌀식미평가를 위한 이화학적측정의 해석	$Y= -0.25X1+0.11X2+0.34X3$ $-0.74X4+0.33X5+0.27X5+0.13(R$ $=0.79, R2=0.62)$	Y : 식미치, X1 : heating absorbance rate, X2 : 밥의 팽창용적, X3 : breakdown, X4 : dynamic elasticity, X5 : dynamic loss, X6 : 조단백질
	Kuroda, 1995	홋코구지방 쌀의 이화학적특성에 따른 식미추정식	$Y= -0.0973-0.414X1+1.72X2$ $-0.719X3(R=0.827,R2=0.684)$	Y : 식미치, X1 : 조단백질, X2 : Mg/K 분자비, X3 : breakdown

표 4. 일본의 식미측정을 위한 품질측정시스템 현황

제조사	제품명	원리	시료상태	측정항목	식미치 계산
(주)사타케	미립식미계 RLTA 10B	근적외선분광분석	현미, 백미 200ml	수분, 단백질, 아밀로스, 지방산가(현미), 식미	성분함량
	취반식미계 STA1B	가시근적외 반사투과방식	백미 취반	모양, 경도, 끈기, 균형도, 식미치	밥의 외관, 텍스처종합
(주)니레코	쌀식미품질분석기 6500HON	근적외선분광분석 (400~2500nm)	현미, 백미 150ml	수분, 단백질, 아밀로스(백미), 찰기(백미), 색조, 식미치	성분함량
시즈오카 세이키(주)	식미분석기 TM-3500	근적외선분광분석 (500~1010nm)	현미, 백미 60g	수분, 단백질, 아밀로스, 지방산가(현미), 식미치	성분함량
토요	味度미터 MA-30A	광학적반사측정 (반사광량 측정)	백미 취반 33g	보수막두께	보수막두께
(주)야마모 토제작소	종합식미분석시 스템 RA-6500	근적외선분광분석 (808~1075nm)	현미, 백미 300~350g	수분, 단백질, 아밀로스, 지방산가(현미), 노화도(지방산가), 식미치	성분함량
(주)쿠보타	K-TA200	근적외선분광분석 (500~1010nm)	벼, 현미, 백미 30ml	수분, 단백질, 아밀로스, 식미치	성분함량
(주)케트과 학연구소	미곡용 성분분석기 AN-800	근적외선분광분석 (918~1045nm)	현미, 백미	수분, 단백질, 아밀로스, 지방산가(현미), 품질평가치	-
(주)시마즈 제작소	Rice Analyzer RQ1(02년단종)	근적외선분광분석 (800~1050nm)	현미, 백미	수분, 단백질, 아밀로스, 지방산가(현미), 식미치	성분함량
Foss Japan	Grainspec	근적외선분광분석	현미, 백미	수분, 단백질, 지방, 식미치	성분함량

한편, 국내의 경우에는 한국식품연구원(2000)에서 시중 유통 쌀 292점을 대상으로 품질과 관능적 식미평가를 실시한 결과, 쌀 품질중 b값(도정도와 관계) 및 밥 경도가 식미에 가장 큰 영향을 미쳤고, 쌀과 밥의 품질인자간 식미수식에서 결정계수(R^2)는 0.2668수준이었으며, visible-NIR 전파장대(400~2500nm)를 이용하여 모델을 수립한 결과, 관능적 식미를 잘 표시($R^2=0.795$)할 수 있었다고 보고하였으며, 이 외에도 분광분석법을 이용한 품질예측에 대한 연구가 많이 이루어졌다.

한국식품연구원에서 지난 5년간 관능적 식미평가를 수행한 533점의 쌀 시료에 대한 관능적 식미평가치와 품질측정치 자료를 이용하여 백미+밥, 백미 및 밥에서의 품질과 관능적 식미치와 상관관계를 검토한 결과, 결정계수(R^2)는 백미+밥에서 0.6520, 백미에서 0.2917, 밥에서 0.5497로 분석되어 백미보다는 밥의 품질특성이, 밥보다는 백미+밥의 품질특성이 식미에 미치는 영향이 더 크다는 것을 확인할 수 있다.

표 5. 국내 식미모델 분석 및 현황

구 분		식미예측식	R ²
Kim 등(2000) ¹⁾	백미+밥	-0.50쌀의 b값 - 0.24밥의 경도+0.11밥의 수분-0.07쌀의 수분 - 0.05쌀의 단백질 - 0.05쌀의 아밀로오스 - 0.008쌀의 백도	0.2668
쌀 및 밥을 이용한 수립한 식미예측식 ²⁾	백미+밥	8.59027+0.12383백미의 수분+0.02299백미의 백도 - 0.02409백미의 단백질+0.01367백미의 아밀로오스+0.00946백미의 완전립 - 0.00303백미의 싸라기 - 0.00381백미의 분상질립 - 0.19203백미의 피해립 - 0.43389백미의 열손립 - 0.08453밥의 수분+0.02183밥의 L값 - 0.39299밥의 a값 - 0.14221밥의 b값 - 0.00107밥의 경도 - 0.00041598밥의 부착성 - 0.09589밥의 탄력성 - 3.74354밥의 응집성+0.00193밥의 씹힘성	0.6520
	백미	1.93372+0.15744백미의 수분+0.01702백미의 백도+0.07933백미의 단백질 - 0.03207백미의 아밀로오스+0.01713백미의 완전립+0.00571백미의 싸라기+0.01558백미의 분상질립 - 0.51224백미의 피해립 +0.50446백미의 열손립	0.2917
	밥	11.29608 - 0.11376밥의 수분+0.04837밥의 L값 - 0.55057밥의 a값 - 0.25210밥의 b값 - 0.00094247밥의 경도 - 0.00046515밥의 부착성 +0.73935밥의 탄력성 - 3.29845밥의 응집성+0.00153밥의 씹힘성	0.5497

주) 1. 김상숙(2000) : 쌀의 식미기준 수식화와 한국형 식미판정시스템개발(iPET기획과제)
 2. 5년간(2011~2015년) 한국식품연구원의 쌀 관능검사 결과(533점)를 이용

3. 수확후 공정별 식미저하 원인

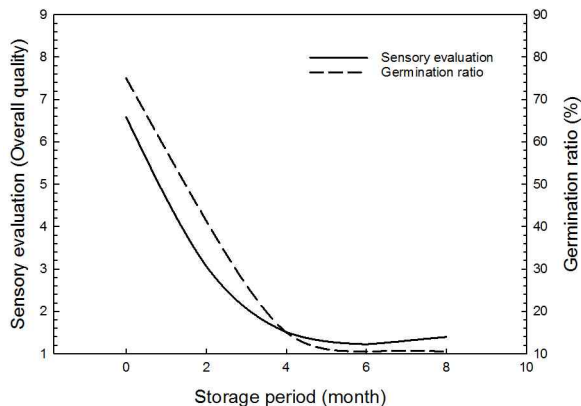
수확후 식미에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 건조지연(수확 직후부터 건조 전까지의 소요기간), 건조함수율(저장함수율) 및 저장온도 등에 따른 식미저하 특성을 측정하기 위하여, 건조지연은 수확직후 벼 1,000kg씩 폴리콘백에 담아 0일(수확후 바로 건조), 7일(건조지연 7일) 및 14일(건조지연 14일) 등 3수준의 실험구로 하였고, 건조온도 40~50℃로 건조후 함수율이 12.0~17.0%(w.b.)범위에서 3수준이 되도록 건조시간을 조정하면서 건조하였다. 건조지연 3수준(건조지연 0일, 7일 및 14일) 및 건조함수율 3수준(12.0~17.0%범위)으로 조제된 시료를 저장 중 함수율변화를 최소화하기 위하여 PE film에 약 10kg씩 충전한 다음, 밀봉하여 저장온도 3수준(10, 20, 30℃)의 저장고에 저장하면서 경시적인 식미 및 품질저하를 측정하였다.

건조지연, 건조후 함수율, 저장온도 및 저장기간별 품질특성과 관능적 식미평가측정치에 대하여 SAS (ver. 9)의 PROC REG 및 PROC STEPWISE를 사용하여 상관관계를 구명하였다 .

건조지연, 건조함수율 및 저장온도별 저장기간 중 품질변화 실험 측정치와 관능적 식미평가치간의 상관관계를 분석한 결과, 상관계수(r)가 가장 높게 나타난 품질인자는 발아율(r=0.8293), TTC의 r=0.6163) 이었고, 지방산가(r=0.5580), RVA특성, 현미 칼라인자 a 등으로 알 수 있다. 그러나, Breakdown이나 consistency 등 RVA 특성이나 현미의 칼라인자는 품종 및 재배방법에 따른 성분과 유관한 것(堀内 등, 1969)일뿐 아니라, RVA 특성은 간편하게 측정에 한계가 있으며, AACC방법에 의해 측정되는 지방산가는 측정방법 자체의 오차발생이 매우 크므로 원료의 품질부분에서 발아율이 식미기반 품질을 나타내는 가장 유용한 인자로 판단된다. 발아율기반 식미예측치와 측정치와의 결정계수(r²)는 0.69수준이었

다.

수확후 처리조건 즉, 건조지연, 저장함수율 및 저장온도 별 식미저하 실험을 통하여 건조지연 0일, 저장함수율 15%, 저장온도 20℃를 기본조건으로 할 때 저장기간 8개월 동안 건조지연이 7일이 증가하면 식미는 평균 10.8%/월가 감소하고, 저장함수율 1%가 증가할 때 식미치는 6.7%/월가 감소하며, 저장온도가 10℃증가할 때 15.2%/월이 감소하는 것으로 분석되었다. 따라서 다른 모든 변수를 제외하고 단순히 품종, 수확후처리조건, 분석방법만으로 추정할 때 저장함수율이 15%에서 1%증가할 때 식미저하는 건조지연은 약 4.3일, 저장온도는 약 4.4℃증가한 것과 동등한 것으로 판단되어, 이 같은 결과는 국내 벼 수확후 처리방법 개선에 활용이 가능할 것으로 기대된다.



는 2015년부터는 쌀 전면 개방화를 결정하여 주식인 쌀은 전 세계와 무한경쟁의 시대에 도달하였다. 따라서, 국내쌀의 국제경쟁력 및 품질 향상과 소비자의 신뢰성을 높이기 위해서는 객관적인 식미지표를 근거로 식미위주의 품질정보의 제공을 위한 연구가 시급히 필요한 시점이다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(315036-3)

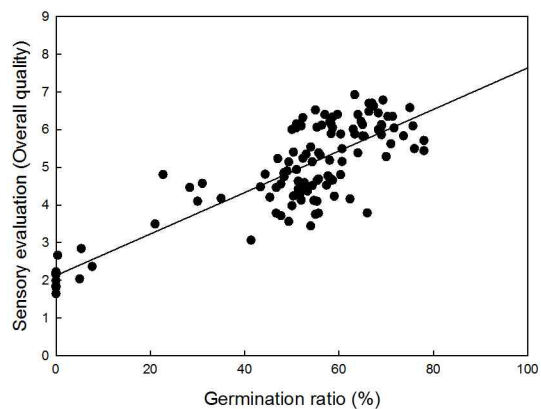


그림 2. 수확후 처리조건에 따른 발아율과 식미변화 및 상관관계

4. 맺 음 말

소비자의 품질, 식미 등 고품질 쌀에 대한 요구는 지속적으로 증대하고 있다. 그러나, 쌀 가격과 품질과의 유의적 차이는 낮아($R^2=0.0015$), 소비자의 신뢰성 및 국제경쟁력이 저하되고 있다. 또한, WTO 출범 이후 20년간 지속된 관세화 유예를 끝으로 정부

참 고 문 헌

1. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan (1995) Rice post-harvest technology.
2. Sugiyama, T (1998) New technology of quality evaluation for grains -New technology of quality evaluation apparatus for cereal grains-. Journal of

- Japanese Society of Agricultural Machinery, 60, 168-172
3. Kim OW, Kim H, Kim DC, Kim SS (2005) Determination of whiteness condition for efficient milling in Rice Processing Complex. J of Biosystems Eng, 30, 242-248
 4. Kim H, Lee HJ, Kim OW, Lee SE, Yoon DH (2006) Effect of non-uniform milling on quality of milled rice during storage. J of Food Preserv, 13, 675-680
 5. Kim CJ, Lee HJ, Kim OW, Keum DH, Kim H (2007) Effects of abnormal kernels in brown rice on milling characteristics. J of Biosystems Eng, 32, 1-5
 6. Juliano DO (1985) Rice chemistry and technology, 2d ed. Cereal Chem. St. Paul, MN.
 7. Villareal CP, De La Cruz NM, Juliano DO (1994) Rice amylose analysis by near-infrared transmittance spectroscopy. Cereal Chem, 71, 292-296
 8. Ishibash, S, Tanaka S, Fukimoto Y (1972) Studies on cooling and cold air drying for grain storage (III) -Effect of cooling and cold air drying for grain storage on the quality of rough rice-. J of the Jap Soc of Agri Mach, 34, 242-251
 9. Horino T (1992) Relationship between nitrogen and mineral contents in rice grain and its palatability after cooking. Bulletin of the chugoku national agricultural experiment station 1, 112-120
 10. Kim H, Han JW (2009) Quality Characteristics of Rough Rice during Low Temperature Drying. J of Food Preserv, 16, 650-655
 11. Kasugai O (1998) Standardization for rice eating quality evaluation system. J of the JSAM, 60, 133-139
 12. Kawamura S, Natsuga M, Kouno S, Itoh K (1996) Instrument analysis and sensory test for rice taste evaluation. J of the JSAM, 58: 95-104