粳 の 乾 燥 と 米 の 理 化 学 性 (第 3 報)

Dehydration of Unhulled Rice and its Effects on Physical and Chemical Qualities of Brown Rice (Part III)

生粳の火力乾燥が米の電気伝導度並びにカリウム溶出率に及ぼす影響

Effects of artificial drying of fresh unhulled rice on electric conductivity and solubility of potassium

(昭和 43 年 4 月 26 日 受 理)

岡 村 保 松 久 次 雄 芦 田 憲 義
(Tamotsu Okamura) (Tsugio Matsuhisa) (Noriyoshi Ashida)

Decrease of electric conductivity of brown rice was noted when fresh unhulled rice was dried to 14% of moisture at high temperatures (70°C, 60°C, 50°C). In contrast, brown rice prepared by unartificial drying showed high figures of electric conductivity. In addition, the longer the time of drying of unhulled rice, the lower was the electric conductivity of brown rice.

It was apparent from the evidence at hand that this decrease of electric conductivity by heating of unhulled rice was due to the decrease of solubility of potassium in rice.

筆者らは前報まで^{1)~3)}に、火力乾燥、日照乾燥をした粳および玄米の理化学性のうち、とくに食味に關係の深い還元糖の増減を中心に報告を重ねてきた。

本報では、米の品質と密接に関連していると岡村がつとに報告³⁾したことのある米の電気伝導度と、水溶性カリウムおよびナトリウム量が、粳の乾燥温度の高低などにより、どのような差異をみせるかについて検討をおこなった結果をのべる。

実 験 方 法

試料および試料液の調製は、先報¹⁾²⁾に準じた。

電気伝導度：試料液の調製後ただちに東亜電波工業製 CM-1 DB 型電導度計によって、電気伝導度を測定した。水溶性カリウムおよびナトリウム：試料液を炎光光度法によって分析した。

実験結果ならびに考察

Table 1 に各試料液の電気伝導度をみると、対照区で値の大きいものは虹もちで、値の小さなものは東海千本であった。連続加熱乾燥時の処理温度と電気伝導度との關係をみると、高温になるほど、電気伝導度が低下した。金南風を例にとれば、対照区（自然乾燥区）では 5.770

$\times 10^3 \mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$ であるが、40°C で $5.760 \times 10^3 \mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$ 、70°C では $4.995 \times 10^3 \mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$ である。

さらに岡村³⁾は、栽培時にカリ肥料を多く施用した米では、電気伝導度が大きなることを指摘したが、電気伝導度の大小と水溶性無機質の量とは密接な関連があるものである。

水溶性カリウム量を Table 2 にみると、金南風では総カリウム量が 274mg% に対し、対照区（自然乾燥区）では 250mg% が水溶性であり、加熱処理によって水溶性区分は大幅に低下、40°C で 196 mg%, 70°C で 152 mg% となっている。この傾向は、東海千本、虹糯などでも同様で、加熱温度の高いものほど、水溶性カリウム量は低かった。さらに Table 3 にみられるように、カリウム溶出率（水溶性カリウム量／総カリウム量 $\times 100$ ）は加熱温度によってほぼ一定の数値をとるかのようであり、対照区（自然乾燥区）では 90 % 前後、50°C 区では 70% 前後、70°C 区では 60 % 前後の値となり、本実験の範囲内では、粳の乾燥温度の事後検定に、カリウム溶出率を利用できるのではないかと希望を抱くに至った。この点については、栽培条件や品種による差異、粳の貯蔵条件などによっても差異があるであろうから、ひきつづき検討し、結果をまとめつつあるので、追って報告する予定である。

* 名城大学農学部

Table 1. Electric conductivity* of brown rice after continuous drying of unhulled rice at various temperatures

Temperature	Variety				
	Kinmaze (1)	Tokai-senbon	Nijimochi	Tonewase (1)	Tonewase (2)
Control (Unartificial drying)	5.770×10^2 $\mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$	5.660×10^2 $\mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$	7.450×10^2 $\mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$	5.990×10^2 $\mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$	6.495×10^2 $\mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$
30°C	5.765×10^2	5.600×10^2	7.120×10^2	—	—
40	5.760×10^2	5.425×10^2	7.035×10^2	5.800×10^2	6.360×10^2
50	5.485×10^2	5.395×10^2	6.725×10^2	5.750×10^2	6.270×10^2
60	5.400×10^2	4.695×10^2	6.130×10^2	5.700×10^2	6.000×10^2
70	4.995×10^2	4.680×10^2	5.845×10^2	5.600×10^2	5.815×10^2

Moisture contents of the samples were about 14.0%¹⁾.

* Measured at 25°C

Table 2. Water-soluble potassium* of brown rice after continuous drying of unhulled rice at various temperatures

Temperature	Variety		
	Kinmaze(1)	Tokai-senbon	Nijimochi
Control (Unartificial drying)	250mg%	232mg%	259mg%
30°C	206	191	238
40	196	183	247
50	189	178	218
60	176	158	192
70	152	149	189
Total potassium	274mg%	251mg%	296mg%

* Dry basis

Table 4. Water-soluble sodium* of brown rice after continuous drying of unhulled rice at various temperatures

Temperature	Variety		
	Kinmaze(1)	Tokai-senbon	Nijimochi
Control (Unartificial drying)	25mg%	19mg%	36mg%
30°C	18	17	27
40	18	18	30
50	17	18	27
60	14	18	25
70	13	19	28
Total sodium	29mg%	21mg%	42mg%

* Dry basis

Table 3. Solubility* of potassium of brown rice after continuous drying of unhulled rice at various temperatures

Temperature	Variety		
	Kinmaze(1)	Tokai-senbon	Nijimochi
Control (Unartificial drying)	91.2%	92.4%	87.5%
30°C	75.2	76.1	80.5
40	71.5	72.9	83.4
50	69.0	70.9	73.6
60	64.2	62.9	64.9
70	55.5	59.3	63.9

* Solubility.....water-soluble potassium/total potassium $\times 100$

Table 5. Solubility of sodium of brown rice after continuous drying of unhulled rice at various temperatures

Temperature	Variety		
	Kinmaze(1)	Tokai-senbon	Nijimochi
Control (Unartificial drying)	86.2%	90.5%	85.7%
30°C	62.1	81.0	64.3
40	62.1	85.7	71.4
50	58.6	85.7	64.3
60	48.3	85.7	59.5
70	44.8	90.5	66.7

栄 養 と 食 糧

Table 6. Electric conductivity of brown rice after continuous drying of unhulled rice for different drying periods

Kinmaze (2)				Nijimochi			
Temperature	Drying period	Mois- ture	Electric con- ductivity*	Temperature	Drying period	Mois- ture	Electric con- ductivity*
Unartificial drying (approx. 20°C)	7 days	14.0	6.810×10^2 $\mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$	Unartificial drying (approx. 20°C)	7 days	14.1	7.540×10^2 $\mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$
30°C	hrs min			30°C	hrs min		
	0 : 20	18.8	6.775×10^2		0 : 20	20.0	7.500×10^2
	4 : 00	15.2	6.445×10^2		4 : 00	18.9	7.345×10^2
	16 : 00	13.9	6.410×10^2		16 : 00	15.9	7.335×10^2
40°C	40 : 00	6.7	6.250×10^2	40°C	20 : 00	14.0	7.120×10^2
	0 : 20	18.0	6.485×10^2		0 : 20	19.2	7.500×10^2
	2 : 30	15.5	6.425×10^2		2 : 30	18.7	7.195×10^2
	10 : 00	14.1	6.370×10^2		18 : 00	15.3	7.085×10^2
50°C	40 : 00	5.5	6.090×10^2	50°C	22 : 00	13.8	7.035×10^2
	0 : 20	17.6	6.345×10^2		0 : 20	19.1	7.135×10^2
	1 : 00	14.5	5.950×10^2		1 : 00	16.5	7.100×10^2
	2 : 00	13.9	5.890×10^2		2 : 00	14.4	6.745×10^2
60°C	40 : 00	4.3	5.440×10^2	60°C	5 : 00	13.8	6.725×10^2
	0 : 20	17.0	5.835×10^2		0 : 20	18.9	6.830×10^2
	0 : 40	15.0	5.530×10^2		0 : 40	17.0	6.445×10^2
	1 : 20	14.0	5.350×10^2		1 : 20	14.5	6.450×10^2
70°C	10 : 40	4.5	5.235×10^2	70°C	2 : 00	13.9	6.130×10^2
	0 : 20	16.5	5.830×10^2		0 : 20	18.0	6.145×10^2
	0 : 40	14.4	5.165×10^2		0 : 40	16.1	6.125×10^2
	1 : 00	13.8	5.115×10^2		1 : 00	14.6	5.880×10^2
	10 : 40	3.2	5.025×10^2		2 : 00	13.7	5.845×10^2

* Measured at 25°C

Table 7. Amounts of water soluble potassium* and solubility of potassium of rice after continuous drying of unhulled rice for different drying periods

Kinmaze (2)				Nijimochi			
Temperature	Drying period	Amounts of water soluble potassium	Solubility of potassium	Temperature	Drying period	Amounts of water soluble potassium	solubility of potassium
Unartificial drying (approx. 20°C)	7 days	203mg%	86.8%	Unartificial drying (approx. 20°C)	7 days	259mg%	87.5%
30°C	hrs min			30°C	hrs min		
	0 : 20	205	87.6		0 : 20	257	86.8
	4 : 00	197	84.1		4 : 00	249	84.1
	16 : 00	197	84.1		16 : 00	248	83.8
40°C	40 : 00	197	84.1	40°C	20 : 00	238	80.4
	0 : 20	197	84.1		0 : 20	249	84.1
	2 : 30	193	82.5		2 : 30	251	84.8
	10 : 00	192	82.1		18 : 00	248	83.8
	40 : 00	187	79.9		22 : 00	247	83.8

50° C	0 : 20	188	80.3	50° C	0 : 20	249	84.1
	1 : 00	184	78.6		1 : 00	247	83.4
	2 : 00	171	73.1		2 : 00	228	77.0
	40 : 00	151	64.5		5 : 00	218	73.6
60° C	0 : 20	186	79.5	60° C	0 : 20	244	82.4
	0 : 40	175	74.8		0 : 40	234	79.1
	1 : 20	162	69.2		1 : 20	218	73.6
	10 : 40	148	63.2		2 : 00	192	64.9
70° C	0 : 20	154	65.8	70° C	0 : 20	216	73.0
	0 : 40	152	65.0		0 : 40	210	70.9
	1 : 00	148	63.2		1 : 00	201	67.9
	10 : 40	145	62.0		2 : 00	189	63.9
Total content of potassium			234 mg%	Total content of potassium			296 mg%

* Dry basis

Table 8. Electric conductivity of brown rice after intermittent heating of unhulled rice

Method of drying	Temperature	Drying period	Total net time of heating	Process of drying	Conductivity (at 25°C)	
					Kinmaze(1)	Tokai-senbon
Intermittent drying	50° C	hrs min 6 : 15	hrs min 1 : 00	heating (15min)→tempering (1hr 45 min)→heating (15 min)→..... (repeatedly)	$\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ 5.670×10^2	$\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ 5.550×10^2
		2 : 45	1 : 00	heating (30min)→tempering (1hr 45 min)→heating (30 min)	5.600×10^2	5.455×10^2
		6 : 15	1 : 00	heating (15min)→tempering (1hr 45 min)→heating (15 min)→..... (repeatedly)	5.670×10^2	4.845×10^2
		2 : 45	1 : 00	heating (30min)→tempering (1hr 45 min)→heating (30min)	5.465×10^2	4.735×10^2
	60° C	hrs min 14 : 00	hrs min 14 : 00	continuous	$\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ 5.760×10^2	$\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ 5.425×10^2
		2 : 00	2 : 00	continuous	5.485×10^2	5.395×10^2
Continuous drying	40° C	hrs min 14 : 00	hrs min 14 : 00	continuous	$\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ 5.760×10^2	$\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ 5.425×10^2
	50° C	2 : 00	2 : 00	continuous	5.485×10^2	5.395×10^2
	60° C	1 : 20	1 : 20	continuous	5.400×10^2	4.695×10^2

Other chemical qualities of the rice samples have been shown in the previous paper.

Moisture contents of the samples after treatment were about 14%.

水溶性ナトリウム量については必ずしも一定の傾向が認められなかったが、金南風では加熱操作により、水溶出率が低下している点を考え合せ、さらに検討中である (Table 4 & 5)。

生粳の乾燥時間の長短と電気伝導度との関係を Table 6 にみると、虹糯の 30°C 区で乾燥時間20分が $7.500\times 10^2\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ 、4 時間が $7.345\times 10^2\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ 、16 時

間が $7.335\times 10^2\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ 、20 時間が $7.120\times 10^2\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ と漸減している。他の温度区、品種でも同様の傾向であった。水溶性カリウム量についても電気伝導度と同様の傾向にあり、虹糯の 70°C 区を例にとれば乾燥時間20分が 216mg%，40分が 210mg%，60分が 201mg%，2 時間が 189 mg% と減少の傾向をしめした。(Table 7)

籾の間歇乾燥と米の電気伝導度との関係は、前報にのべた pH、還元糖などと同様、間歇加熱をすることによって、連続加熱よりも低い変化にとどめることができることを知った (Table 8)。

要 約

火力乾燥をした籾の理化学性をみる過程において、処理籾より得た玄米の電気伝導度を調べたところ、加熱温度が高いものほど電気伝導度は小値を与えた。また加熱時間についても、長時間にわたるものほど電気伝導度は低かった。水溶性カリウム量もこれと同一の傾向を示したことから、電気伝導度は水溶性カリウム量に大きく左右されるものとおもわれる。

またカリウム溶出率は、加熱温度によりほぼ一定であるかのごとくであり、加熱温度を事後にチェックする一

手段として利用しうるのではないかとの希望を与えた。

一方水溶性ナトリウム量は、今回の結果からは、一定の傾向を認めることができなかった。

本報告の要旨は、日本作物学会第 145 回講演会 (1968 年 4 月 4 日) で報告した。

文 献

- 1) 岡村 保, 松久次雄, 芦田憲義: 栄養と食糧, **21**, 203 (1968)
- 2) 岡村 保, 松久次雄, 芦田憲義: 栄養と食糧, **21**, 208 (1968)
- 3) 岡村 保: 大原農業研究所特別報告, No. 5, p. 486~514 (1940)
- 4) 岡村 保: 日本作物学会紀事, **9** (1937)
- 5) 岡村 保: 糧食研究, No. 145, 519~530 (1938)

(経費著者負担)