

[短 報]

水煮バレイショの硬さ測定法^{*1}古館 明洋^{*2} 目黒 孝司^{*3}

水煮バレイショの硬さ測定条件を検討し、試料の調製方法および測定機器（テンシプレスサー）の測定条件を設定した。この機器測定値と硬さの官能検査結果には、明らかな関連性が認められた。水煮バレイショの硬さ測定値は、栽培年次や栽培地より品種間の違いの方が大きかった。各品種間には、明らかな硬さの違いがみられ、品種の特性値の一つと考えられた。また、同一品種の中では、でん粉価の高いものが柔らかい傾向にあった。

緒 言

北海道の主要農産物であるバレイショは、加熱調理されて用いられることが多く、加熱後の品質は重要な要素である。このため、品種特性を評価するさいには、加熱後のバレイショ品質を、外観や食べたときの官能を主体に判定が行われてきた。しかし、官能検査では基準試料の準備やパネルの問題などもあり、多数の品種の特性を共通の尺度で検討することはかなり難しい。物性の評価方法を規定し、定量的評価を可能とすることは、品種の特性評価や調理・加工適性評価において、研究発展の端緒となると考えられる。

そのため、物性測定機器（テンシプレスサー、タケトモ電機製）を用いた客観的評価法を設定しようとした。本報では、水煮バレイショの物性のうち、硬さの測定条件について検討した。

試験方法

1. バレイショ測定用試料の調製と測定機器の設定条件

中央農試の標準栽培（1995年）のバレイショ（男爵いも、メークイン、キタアカリ）を供試試料とした。

試料調製は、塊茎を外径17mmのコルクボーラーで打ち抜き（高さ10mm）、個別に仕切ってある網かごにいれ、2Lのピーカーの1500mlの沸騰脱塩水で7.5分間、600W電気コンロを用いて加熱した。なお、水

煮時間の検討では、3～8.5分の間で調査した。切片底面積及び底面積の形状の検討では、10mm厚の輪切り試料を、11分加熱したものから切り取り硬さを測定した。測定部位の検討では、周辺部は維管束付近、中心部は内随付近、中間部は周辺部と中心部の間の部分から切片を切り取りとった。

硬さ測定は、テンシプレスサーを使用し、プランジャーφ30mm、クリアランス（最圧縮点）8mm（75%圧縮測定では2.5mm）、バイトスピード（プランジャーの移動速度）120mm/分の条件で測定した。なお、バイトスピードの検討では、テクスチャーアナライザーを使用し、プランジャーφ75mm、圧縮率30%とし、速度を30、90、120、150、180、240mm/分の6段階とした。

2. 測定装置の違いと測定値の互換性

中央農試標準栽培（1995年）の男爵いもを供試試料とし、試料調製は1の方法と同様にした。

硬さ測定時の各機種の設定は、次のようにした：プランジャー（テンシプレスサー・レオナーφ30mm、テクスチャーアナライザーφ75mm）、バイトスピード120mm/分、圧縮（テンシプレスサー2mm、レオナー・テクスチャーアナライザー30%）

3. 水煮後の硬さの官能検査と機器測定の関係

中央農試標準栽培（1996年）の男爵いもを供試した。試料の調製は、ストロンと頂芽を結ぶ軸に対称に、1の方法と同様に、切片を切り取り、水煮した。この一対の切片のうち、一方を硬さ測定用試料とし、もう一方を官能検査（2点比較法）に用いた。

4. バレイショの水煮後の硬さと品種並びにでん粉価との関係

品種間差の試験では、1995年根釧農試標準栽培の22品種を供試し、でん粉価と水煮後の硬さの検討には、1994年及び1996年中央農試標準栽培の男爵いもを供試した。

1997年4月30日受理

*1 本報の一部は1996年度日本土壌肥料学会北海道支部秋季大会で発表した。

*2 北海道立中央農業試験場、069-13 夕張郡長沼町（現；北海道立北見農業試験場、099-14 常呂郡訓子府町）

*3 北海道立中央農業試験場、069-13 夕張郡長沼町

結果および考察

1. バレイショ測定用試料の調製と測定機器の設定条件

バレイショの塊茎は、大きさが不均一で煮える時間が違うため、塊茎そのままを硬さの測定用試料とすることは不適當である。そのため塊茎から同じ大きさに揃えた切片を切り取り、分析用の試料とした。切片の形状は、テクスチュロメーター（全研製）を用いた佐藤²⁾およびレオナー（山電製）を用いた佐藤ら³⁾の方法を参考に、円柱状を主体として検討した。（機器の測定条件）

テンシプレッサーの測定時の条件設定のため、水煮バレイショの圧縮時の記録曲線を検討した。その結果、10mm厚のバレイショ切片を2.5mmまで押しつぶす75%の圧縮率では、破断点のピークは圧縮率の低い初期の点で認められた（図1）。すなわち、記

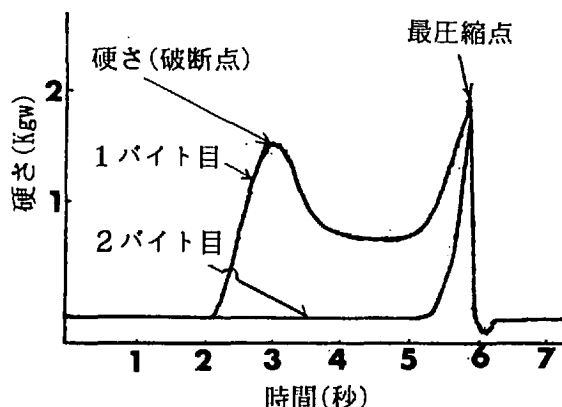


図1 テンシプレッサーの記録曲線
（男爵いも、75%圧縮）

録曲線は破断点後いったん低下し、谷をむかえた後、最圧縮点まで経時的に上昇した。そこで、切片が崩れた破断点を硬さとした。破断点は圧縮の初期に表れるため、プランジャーと試料台の距離であるクリアランスは、破断点を十分に確認できる8mmに設定した。また、粘りのある食品の測定では、プランジャーが2回往復する2バイトのモードを用いることも多い。しかし、水煮バレイショの場合は、1回目で破断点のピークがみられるが、2回目ではクリアランス点にみられる最圧縮による応力のみであり、また、粘りによって現れる負の力も極めて小さい。そのため、測定方法としては、プランジャーが上下運動を1回のみ行う、1バイトモードの測定とした。

プランジャーの移動速度は、30～240mm/分の6段階で検討した。その結果、90mm/分以下より、120mm/

分以上で変動係数がやや小さかった（表1）。また、プランジャーの移動速度が早いほど、記録される計測曲線の幅は狭くなり、情報量も減少する。このため、バイトスピードは120mm/分に設定した。（試料切片の形状と大きさ）

表1 バイトスピードの検討

バイトスピード mm/min	硬さ	
	Kgw	CV%
30	0.80	42.7
90	0.99	34.5
120	1.38	28.6
150	1.49	30.7
180	1.70	33.6
240	2.44	29.8

次に供試するバレイショ切片の形状と底面積について検討した。まず、円柱状試料切片の底面積の大きさの違いについて検討した結果、外径17mmのコルクボーラーで切り取った切片（実測値φ15.4mm）は、外径11～20mmのもので切り取った切片の中で、最も硬さの変動係数が小さく安定した測定値が得られた（表2）。同じ底面積の円柱と正四角柱の比較を、底面積1.86cm²と2.66cm²の2条件で検討した。底面積1.86cm²の場合は、両者の硬さ測定値、変動係数ともほぼ同じ傾向がみられ、形状の違いは測定値に影響しなかった。しかし、底面積が2.66cm²と大きい場合には、形状による差異が認められ円柱状の方が正四角柱の形状より、変動係数が小さく安定した測定値が得られた。このため、形状としては、大きさによらず安定した測定が予想される円柱状が妥当と考えられた。

（水煮時間）

表2 切片底面積の検討

底面積 cm ²	コルクボーラー φ mm	硬さ	
		Kgw	CV%
0.73	11	0.54	143.7
1.29	14	1.03	37.3
1.86	17	1.42	26.7
2.66	20	2.15	34.6

バレイショ切片の水煮時間を検討すると、各品種とも約7分位で芯まで煮えた状態にあり、それ以降の硬さの変化は少なかった（図2）。水煮時間が過剰になると煮崩れの影響も考えられたため、水煮時間は7.5分に設定した。

水煮切片は品温が室温になるまで放冷しないと、

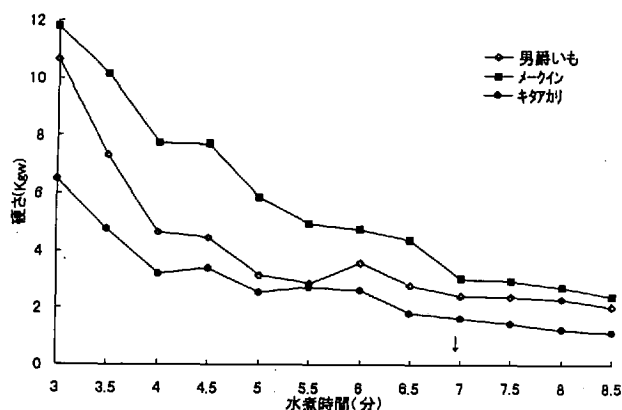


図2 水煮後時間の検討
(↓: 3品種とも煮えた状態)

測定に温度変化の影響が考えられた。そのため、切片が室温にまで十分下がった水煮後1時間以降について、測定までの時間を2時間後、3時間後および24時間後とし検討した。その結果、水煮後1時間から3時間までの間の硬さの平均値は1.64～1.67kgw、変動係数は23.4～27.3%とほぼ変化がなく、24時間後には、硬さは0.90kgwと明らかに軟らかくなり、また変動係数も47.5%と大きくなった。したがって、測定は水煮後1～3時間以内に完了することとした。

(試料切片の切り取り方法と塊茎中の場所)

バレイショの塊茎にはストロンと結合した部分と頂芽があり方向性がある。このため、ストロンと頂芽を結ぶ軸に垂直に打ち抜く横切りと、ストロンと頂芽を結ぶ軸に水平に打ち抜く縦切りを比較した。硬さの平均値(横1.48kgw、縦1.46kgw)及び変動係数(横26.4%、縦27.1%)ともほぼ同じ値で、水煮後の硬さには切片を塊茎から切り取る際の方向の影響はみられなかった。しかし、コルクボーラーによる、切片の切り取りは、一般に短軸となる横切りが容易であり、作業性が良い。そのため、バレイショ切片の切り取りは横切りが適当と考えられた。

硬さを測定する際に、どの部位を用いるかを検討

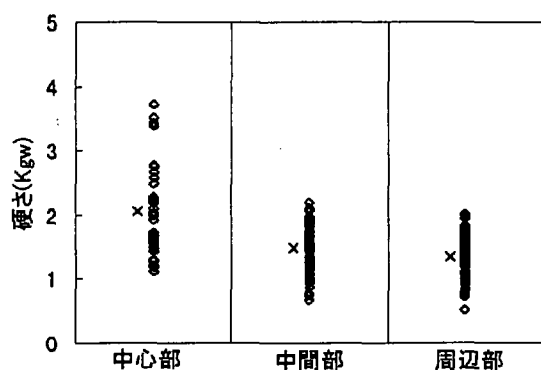


図3 部位毎の水煮後の硬さ (×平均値)

するために、塊茎を中心部、周辺部およびその中間部と3部位に分けて各部位の切片の硬さを測定した。切片の部位と水煮後の硬さは、中心部で他の部位より硬い傾向がみられた(図3)。また、各部位間の硬さの相関関係をみると、各部位間の硬さにはそれぞれ正の有意な関係がみられた。このことから、いずれの部位でも、同一の部位を限定して用いることで、バレイショの硬さの測定値の比較が可能と考えられた。サンプリングに係わる各部位の特徴として、周辺部では目の深さの影響が、中間部では切り取りのさいの部位の特定の難しさが、また、中心部では硬さのばらつきが他の部位よりやや大きいことが認められた。しかし、通常の測定法としては、部位の特定がしやすく、切り取りの容易な点と、塊茎の大小によって維管束環の混入などの問題がなく、切片の均質性が期待できる中心部を用いることが適当と判断した。

(測定回数)

水煮バレイショは個体ごとに構造も不均一であることから、反復測定回数も多い方が望ましい。しかし、1切片の測定には約30秒を要することから、回数が多いと1試料の測定に長い時間を費やすことになる。そこで、1試料の反復回数を10回、25回と50回で検討した。10回から50回とも、その硬さの平均値は1.62～1.69kgwであり反復数により違いはみられなかった。しかし、変動係数は、25回と50回ではそれぞれ27.7%と25.7%であったのに対し、10回では36.3%と大きかった。この結果から、水煮バレイショの硬さの測定回数は25回を標準とした。

(水煮バレイショの硬さ測定の設定条件)

以上の結果から、テンシプレッサーを用いた水煮バレイショの測定には、次の設定条件が適当と考えられた。

塊茎の中心部分を外径17mmのコルクボーラーで横に打ち抜き、その中心部を高さ10mmに調製する。水煮時間は沸騰蒸留水中で7.5分とし、水煮後、1時間から3時間の間に、物性性測定機器で硬さを測定する。

テンシプレッサーの設定は、試料切片より大きいプランジャー(φ30mm)を使用し、その移動速度は120mm/分、プランジャーと試料台の最圧縮時の距離(クリアランス)は8mmに設定する。測定回数(反復数)は25回とする。

2. 測定装置の違いと測定値の互換性

物性の測定装置は各種あるが、テンシプレッサーと同様に、試料に対して垂直に力が加わるタイプの装置であるテクスチャーアナライザーとレオナーについて、測定値の互換性を検討した。各装置の設定

条件をそろえて、塊茎の同一の部位を用いて水煮後の硬さを比較した。

テンシプレスラーとテクスチャーアナライザーの比較では、テンシプレスラーでの硬さは1.37kgw、テクスチャーアナライザーでの硬さは1.38kgwで、この測定値に有意差はみられなかった。また、テンシプレスラーとレオナーの比較では、テンシプレスラーでの硬さは1.41kgw、レオナーでの硬さは1.37kgwで、この測定値間にも有意差はみられなかった。このように、塊茎の同じ部位を用いプランジャーの形態等の測定条件を同様に揃えると、テンシプレスラー測定値に対する2機種それぞれの硬さの測定値に有意な差異は認めらず、各機種間に互換性があるもの

と考えられた。

3. 水煮後の硬さの官能検査と機器測定の関係

バレイショの水煮後の品質調査には官能検査も用いられており、機器測定と官能検査の関係について検討を行った。その結果、機器測定で硬さの差が0.42kgw以上みられたとき、2点比較による官能検査で硬さの差に有意差がみられた(表3)。また、有意差がみられない場合でも、官能検査では硬い方を正しく識別した人数より間違えた人数が多くなることはみられず、硬さの方向性が反対になることはなかった。しかし、この方向性が等しくなる場合もみられ、この時は硬さの差が0.05kgwと最も小さかった場合と、両試料ともに3kgw以上と硬い場合であった。

表3 水煮後の硬さと官能検査の関係

	A	B	A	B	A	B	A	B
硬さ (Kgw)	2.75	2.33	2.32	1.84	2.30	1.64	3.03	2.26
A - B (Kgw)	0.42		0.48		0.66		0.77	
硬い方の数	7	1	7	1	10	2	8	0
二点識別	*		*		*		**	

(二点識別で有意差あり：*有意水準5%，**有意水準1%)

	A	B	A	B	A	B	A	B
硬さ (Kgw)	1.94	1.89	1.78	1.68	1.82	1.53	2.44	2.09
A - B (Kgw)	0.05		0.10		0.29		0.35	
硬い方の数	4	4	9	6	6	2	6	2
二点識別	ns		ns		ns		ns	

(二点識別で有意差なし：ns)

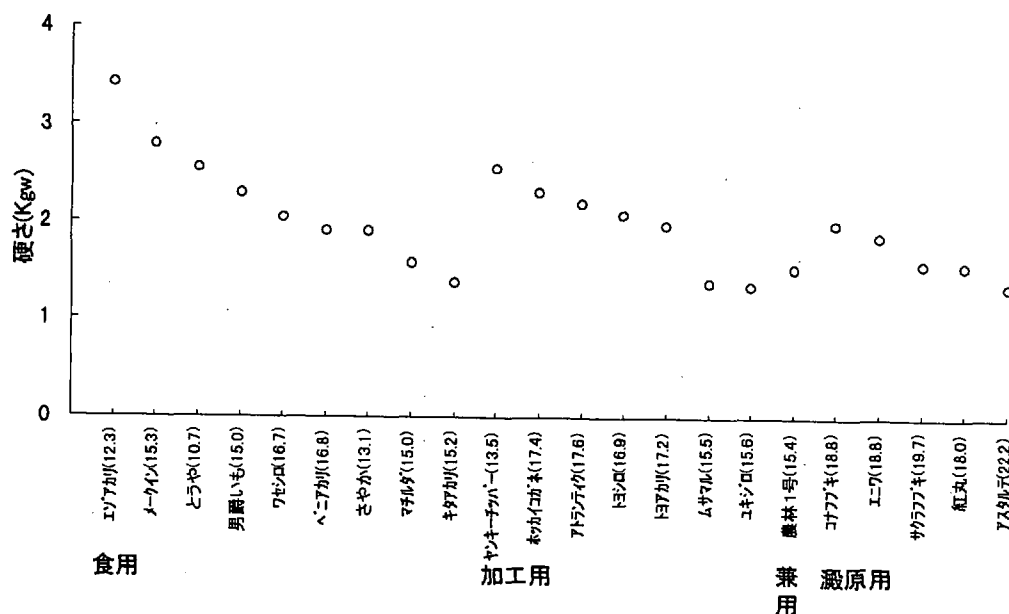


図4 品種毎の水煮後の硬さ

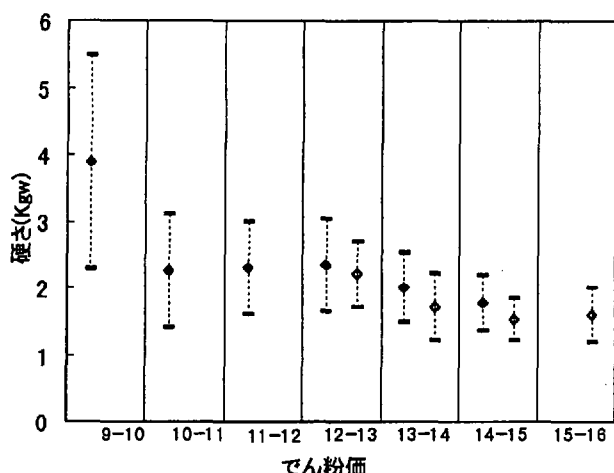


図5 でん粉価毎の男爵いもの水煮後の硬さ
(◆ 1994年, ◇ 1996年, 一標準偏差区間)

このように、官能検査では試料の硬さの差が小さくて識別が難しくなる場合や、両試料の硬さがある水準以上に硬くなると、人の感覚は試料の硬さの差だけではなく試料の硬さの水準も識別が不可能であった。

以上のことから、官能検査のみでは硬さの違いをとらえることが難しいため、機器による評価が有効である。

4. バレイショの水煮後の硬さと品種並びにでん粉価との関係

水煮後の硬さと品種の関係を検討するために、同一栽培条件の22品種を用いて、その品種間差を調査した。その結果、最も硬いエゾアカリと、最も柔らかいキタアカリ間には約2kgwの硬さの違いがみられ、バレイショの品種間には硬さの違いがあることが明らかになった(図4)。

次に、でん粉はバレイショの成分の中で最も多く含まれ、水煮後の特性にも影響を及ぼしていることが知られている³⁾。そこで、同一栽培地の男爵いもの塊茎を、でん粉価毎に選別し、水煮後の硬さについて検討した。その結果、水煮後の硬さはでん粉価が低い側では硬く、でん粉価が高い側では柔らかい傾向がみられた(図5)。また、水煮後の硬さの標準偏差はでん粉価が低い側では大きく、でん粉価が高い側では小さかった。このことは、同じ品種の中ではでん粉価の多少が、水煮後の硬さへ影響を及ぼすと考えられた。

また、異なる22品種のでん粉価と水煮後の硬さの関係を調査した(図4)。このうち、でん粉価が同一水準(15～15.6)にある7品種をみると、硬さは高低1.5kgwの差があり、水煮後の硬さには品種に起因する影響が大きいと考えられた。

以上のことから、水煮後の硬さ測定値は、品種の

特性値の一つとして、品種の特性や調理適性の評価に活用可能と考えられた。また同一品種の中では、でん粉価の多少が硬さに関与している要因と想定された。

引用文献

- 1) 吉田稔. "バレイショの品質評価". ポテトサイエンス, 11,69-75(1992).
- 2) 佐藤正人. "水煮ポテトのテクスチャー(1)主な品種のテクスチャー". 北海道栄養食料学会誌, 29,46 (1983).
- 3) 佐藤宏顕, 高野克己, 光浦暢洋, 谷村和八郎, 鴨居郁三. "比重の異なるバレイショの物性について". 日本食品工業学会誌, 38,1134-1136(1991).

Measuring Method of Boiling Potatoes Hardness

Akihiro FURUDATE* and Takashi MEGURO

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan