バレイショの加工特性と 品種および比重との関係[†]

佐藤 広顕^{*1}・山崎 雅夫^{*2}・高野 克己^{*1}

Correlations of processing characteristics with variety and specific gravities of potatoes (Studies of Processing Characteristics of Potatoes Part 7)

SATO Hiroaki^{*1}, YAMAZAKI Masao^{*2} and TAKANO Katsumi^{*1}

* 1 Department of Applied Biology and Chemistry, Faculty of Applied Bio-science, Tokyo University of Agriculture
1-1-1, Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502

* 2 Department of Food Science and Technology, Faculty of Applied Bioindustry, Tokyo University of Agriculture
196, Yasaka, Abashiri-shi, Hokkaido 099-2493

The differences in texture parameters between fresh and steamed potatoes of two different varieties, Mayqueen and Danshaku imo, which are the two main varieties of potatoes produced in Japan were examined. Fresh samples of both varieties showed increases in hardness, cohesiveness and gumminess with increasing specific gravity. Steamed samples of both varieties showed decreases in all texture parameters with increasing specific gravity. A primary regression equation was computed to express the relationship between specific gravity and texture parameter. Samples of both varieties with identical specific gravities showed high binding strengths. Mayqueen showed a high viscoelasticity and a high resistance to collapse. However, Mayqueen also showed a texture similar to that of Danshaku imo white using high-density potato samples, which showed no resistance. Potato thermal analysis of fresh potato samples showed a low density and a high heat capacity peak of the cell wall component in both varieties at 70~100°C. This indicates that a large amount of heat is necessary to change the properties of hypobaric samples of both varieties by steaming. It was surmised that the properties of Mayqueen being highly mucilaginous and having a high binding strength are the main reason a large amount of heat is necessary to change the physical properties of this variety by steaming.

(Received Mar. 25, 2005 ; Accepted May 18, 2005)

バレイショは、蒸熱時の挙動から煮崩れしやすく、マッシュポテト原料に適している粉質系と、煮物用に適している煮崩れしにくい粘質系に経験的に大別され、それらの加工特性は大きく異なる。このようにバレイショの加工特性に対し、蒸熱時のテクスチャーが大きく関与する^{1)~10)}。

しかし、粉質系の男爵薯においても品温が低下すると煮崩れしにくくなり、マッシュ時に細胞が破壊されてマッシュポテトの粘り気が強くなる^{2),7)~10)}。この傾向は関東以西で生産されたバレイショで大きいことが知られている。また、メイクインなどの粘質系の品種でも、北海道産のものでは煮崩れしやすいものもある。このように、バレイショにおける粉質系と粘質系の区別ならびに加工

特性の差異は、単に品種の特徴だけでは説明できない。

筆者らは、関東以西で生産されたバレイショが北海道産に比べて比重が低いことに着目し、低比重 (1.052) および高比重 (1.094) の男爵薯を用いて、両者の加工特性の差異を比較・検討した。その結果、低比重バレイショは高比重に比べ蒸熱による軟化が小さく、細胞間の結着力が強く、粘質的性状を示すことを明らかにするとともに、品種だけでなく、比重がバレイショの加工特性に大きく影響していることを見出した¹⁾。

そこで本報では、各比重の粉質系の男爵薯と粘質系のメイクインについて、生鮮時およびバレイショの加工特性に大きく関与する蒸熱時のテクスチャーおよび熱的挙動を比較・検討し、品種および比重と加工特性について

† バレイショの加工特性に関する研究 (第7報) (前報 文献1, 2, 3, 4, 5, 6)

* 1 東京農業大学応用生物科学部生物応用化学科 (〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1)
E-mail: 佐藤広顕; hsato@nodai.ac.jp, 高野克己; takano@nodai.ac.jp

* 2 東京農業大学生物産業学部食品科学科 (〒099-2493 北海道網走市八坂196)
E-mail: m-yamaza@bioindustry.nodai.ac.jp

若干の知見を得たので報告する。

試料および実験方法

1. 供試試料および比重の測定

実験には2000～2003年に生産された男爵薯およびメークインを用い、それらの産地および比重をTable 1に示した。各比重の試料10個を選別して実験に供した。

比重は、ポテトゲージ（旭計量機、DPG-0.3K）にて測定した。永田らの算出法¹¹⁾に従い比重よりデンプン含有率（%）を算出した。

2. 試料の整形およびテクスチャーの測定¹⁾

パレイショはコルクボーラー（直径10mm）にて垂直に円柱状に打ち抜き、皮層を除いた髓部を長さ10mmに切断した。蒸熱は電気蒸し器（東芝製、AFC-288）にて20分間行った。

テクスチャーは、レオナー（山電製、RE-3305）にて各比重20個の試料について測定を行った。クリアランスを生鮮試料では9.2mm、蒸熱試料では8.0mmとし、直径30mmのプランジャーにより測定速度0.5mm/秒で、硬さ、凝集性およびガム性を測定した。

なお、蒸熱後の試料は恒温装置内にて、25℃の温度に保ち測定を行った。

3. 示差熱分析⁶⁾

示差走査熱量計（セイコー電子工業製、DSC 100：DSCと略す）を用い、昇温速度：1.5℃/min、測定温度域：30～100℃、セル：アルミニウム製シールセル、リファレンス：蒸留水にて測定を行った。

結 果

1. 男爵薯およびメークインの生鮮時におけるテクスチャーと比重の関係

Fig.1に示したように、両品種共に比重が大きくなるに従い、硬さ、凝集性およびガム性の各テクスチャー値も増大した。そこで、それぞれのテクスチャー値と比重の関係について回帰分析を行った。

（1）硬 さ 本実験で用いた比重の範囲では、寄与率=0.8282（男爵薯）、0.8243（メークイン）において、両品種共に比重と硬さの間には、Fig.1 aに示した各回帰直線が得られた。両品種の比重1.050（以後低比重と記す）ならびに比重1.090（以後高比重と記す）の試料の硬さを比較すると低比重間では19%、高比重間では21%の差がみられたので、両品種間の回帰係数の差について検定¹²⁾した。その結果、両側確率0.05で両回帰係数に有意差は認められず、同一の比重ではメークインは男

Table 1 Sources and properties of potato samples

Danshaku imo			Mayqueen		
Sp. gravity	Locality	Starch content (%)	Sp. gravity	Locality	Starch content (%)
1.050	Nagasaki	7.4	1.047	Nagasaki	6.8
1.052	Hokkaido	7.8	1.048	Nagasaki	7.0
1.054	Nagasaki	8.3	1.049	Nagasaki	7.2
1.056	Hokkaido	8.7	1.051	Hokkaido	7.6
1.059	Hokkaido	9.3	1.053	Chiba	8.1
1.059	Nagasaki	9.3	1.054	Gunma	8.3
1.060	Kagoshima	9.5	1.058	Hokkaido	9.1
1.062	Ibaragi	10.0	1.059	Hokkaido	9.3
1.066	Hokkaido	10.8	1.062	Gunma	10.0
1.070	Gunma	11.7	1.066	Gunma	10.8
1.073	Gunma	12.3	1.067	Hokkaido	11.0
1.074	Hokkaido	12.5	1.068	Hokkaido	11.2
1.077	Hokkaido	13.2	1.072	Hokkaido	12.1
1.080	Hokkaido	13.8	1.075	Hokkaido	12.7
1.083	Hokkaido	14.4	1.079	Hokkaido	13.6
1.083	Hokkaido	14.4	1.080	Chiba	13.8
1.086	Chiba	15.1	1.081	Chiba	14.0
1.089	Chiba	15.7	1.082	Hokkaido	14.2
1.089	Hokkaido	15.7	1.083	Hokkaido	14.4
1.091	Gunma	16.1	1.085	Hokkaido	14.9
1.092	Hokkaido	16.3	1.087	Hokkaido	15.3
1.094	Hokkaido	16.8	1.088	Hokkaido	15.5
1.095	Hokkaido	17.0	1.089	Hokkaido	15.7
1.098	Hokkaido	17.6	1.090	Hokkaido	15.9

爵薯に比べて硬さが約20%高いことが統計的に明らかになった。

(2) 凝集性 寄与率=0.7941 (男爵薯), 0.7774 (メイクイン) において, 両品種共に比重と凝集性の間には, Fig.1 bに示した各回帰直線が得られた。両品種では, 低比重間および高比重間における凝集性の差は0.4%と硬さに比べると小さかった。しかし, 凝集性は測定値自体が0~1の範囲であり, 他のテクスチャー値に比べ数値の差が縮小される。そこで, 両品種間の回帰係数の差について検定したところ, 両側確率0.05で両回帰係数に有意差は認められず, 比重の大小に関係なくメイクインは男爵薯に比べて凝集性が約4%小さくなることが統計的に明らかになった。

(3) ガム性 ガム性は硬さと凝集性の積であり, 硬さ, 凝集性と同様に比重と正の相関を示した。メイクインは男爵薯に比べて, 同一比重でガム性が16~28%大きな値を示した。寄与率=0.7936 (男爵薯), 0.7856 (メイクイン) において, 両品種共に比重とガム性の間には Fig.1 cに示した各回帰直線が得られた。両品種の低比

重間および高比重間のガム性の値にはそれぞれ16%および28%の差がみられたので, 両品種間の回帰係数の差について検定した。その結果, 両側確率0.05で両回帰係数に有意差が認められ, 男爵薯とメイクインではガム性の変化量が比重により差があり, メイクインは男爵薯に比べ高比重ほどガム性の値が大きくなることが明らかになった。

2. 男爵薯およびメイクインの蒸熱後におけるテクスチャーと比重の関係

Fig.2に示したように, 両品種共に比重の増加に従い, 蒸熱後のいずれのテクスチャー値も生鮮時と異なり低下した。そこで, 品種間におけるテクスチャーの相違を比較するため, それぞれ比重と各テクスチャー値について回帰分析を行った。

(1) 硬さ 本実験で用いた比重範囲において, メイクインは男爵薯に比べて, 同一比重で硬さが約3.5~6.0%小さな値を示した。寄与率=0.7976 (男爵薯), 0.7793 (メイクイン) において, 両品種共に比重と硬さの間には, Fig.2 aに示した各回帰直線が得られた。両

Fig. 1 Correlations between specific gravity and texture parameters of fresh potatoes of different varieties

Fig. 2 Correlations between specific gravity and texture parameters of steamed potatoes of different varieties

品種の硬さの値を比較すると低比重間では6%, 高比重間では4%の差がみられたので, 両品種間の回帰係数の差について検定した。その結果, 両側確率0.05で両回帰係数に有意差は認められず, 比重の大小に関係なくメークインは男爵薯に比べて蒸熱後の硬さは5%小さな値を示すことが明らかになった。

(2) 凝集性 メークインは男爵薯に比べて, 同一比重で凝集性が9~19%大きな値を示した。寄与率=0.7948 (男爵薯), 0.8500 (メークイン) において, 両品種共に比重と凝集性の間には, Fig. 2 b)に示した各回帰直線が得られた。両品種の凝集性の値を比較すると低比重間で19%, 高比重間で9%の差がみられたので, 両品種間の回帰係数の差について検定した。その結果, 両側確率0.05で両回帰係数に有意差が認められ, 男爵薯とメークインは比重によって凝集性の値の変化量に差があり, メークインは男爵薯に比べ比重が大きくなるほど結着性の低下率が大きいことが明らかになった。

(3) ガム性 メークインは男爵薯に比べて, 同一比重でガム性が11~28%大きな値を示した。寄与率=0.7969 (男爵薯), 0.7648 (メークイン) において, 両品種共に比重とガム性の間に, Fig. 2 c)に示した各回帰直線が得られた。両品種の値を比較すると低比重間で28%, 高比重間で11%の差がみられたので, 両品種間の回帰係数の差について検定した。その結果, 両側確率0.05で両回帰係数に有意差が認められ, 男爵薯とメークインではガム性の変化量が比重により差があり, メークインは男爵薯に比べ高比重ほどガム性の値が小さくなること明らかになった。

3. 低比重および高比重の男爵薯およびメークインの熱挙動について

男爵薯 (比重1.054, 比重1.092), メークイン (比重1.049, 比重1.087) を用いてDSCによる熱分析を行った。Fig. 3に示したように, 両品種共60~70℃および70~100

℃に吸熱ピークが検出された。バレイショ1mgあたりの総吸熱量は男爵薯では2.9 mJ, メークインでは3.2~3.3 mJを示し, 両品種共に高比重と低比重間では吸熱量に差がみられなかった。しかし, 同様な比重にもかかわらず, 低・高比重共に男爵薯はメークインに比べ吸熱量が約10%小さかった。

なお, 60~70℃はデンプンの吸熱ピーク⁵⁾であり, 両品種共に高比重試料が低比重試料に比べて大きな吸熱量を示した。この差異はデンプン含量によるものと考えられた。デンプン含量は男爵薯の比重1.054では8.3%, 比重1.092では16.3%, メークインの比重1.049では7.2%, 比重1.087では15.3%であった。各試料中のデンプン1mgあたりの吸熱量は, いずれも9~12 mJであり, 男爵薯とメークイン共にデンプンの吸熱量は比重によって大きな差はみられなかった。

70~100℃の吸熱ピークは, 前報⁶⁾で報告したように細胞壁成分に由来する。同吸熱量はバレイショの総吸熱量に対し, 男爵薯の高比重試料で45%, 低比重試料で66%, 一方メークインの高比重試料で58%, 低比重試料で75%を占めた。バレイショの固形分に占める細胞壁成分は約7%^{1), 3)~6)}であるにもかかわらず, これらの成分の熱挙動に多くの熱量を要することが明らかになった。両品種共, 蒸熱による各テクスチャー値の変化量の小さな低比重試料が高比重試料に比べて, また, 粘質系のメークインが粉質系の男爵薯に比べて70~100℃において大きな吸熱量を示した。

考 察

大谷^{13)~15)}は, 男爵薯およびメークインのテクスチャーの相違は, ペクチン, ヘミセルロースおよびセルロースの構成比やその構造の差によるとし, メークインは男爵薯に比べセルロースが多く細胞自体が強靱であると推論している。今回の結果もそれを裏付けるように, メークインは男爵薯に比べ硬く, 粘弾性の大きなテクスチャーを示した。筆者らも男爵薯を用いて同一品種での比重差によるテクスチャーの相違を検討した際, 生鮮時では硬く, 組織の強固¹⁾だった高比重の男爵薯ほどセルロース含量が多かった⁶⁾。以上のことを考え合わせると, バレイショでは粘質系は粉質系に比べ, また, 同一品種では比重の大きなもののほど, 細胞壁成分であるセルロースの含量が多く, 強固なテクスチャーを示すと推察される。

さらに筆者らは, 男爵薯において, 高比重のものほど結着力の弱い水溶性のペクチンが多く^{2)~4)}, また蒸熱処理によるペクチンの水溶化率が大きい^{2)~4)}ので, 細胞間の結着力が大きく低下して分離性が増大し, 軟らかく崩れやすいテクスチャーを示す^{2)~4)}ことを報告した。また, 大谷^{13)~15)}も煮崩れしやすい男爵薯では水溶性のペクチンが多いのに対し, 煮崩れしにくいメークインではエステル化度の小さな流動性の少ないペクチンやヘミセルロースの割合が多くなると報告している。

Fig. 3 Comparison of change in heat capacity with temperature of potatoes of different varieties and specific gravities

筆者ら⁶⁾は、男爵薯の細胞壁成分においてもその主体を成すセルロース画分の量や吸熱量が低比重試料が多く、細胞壁成分の状態変化には低比重試料ほど多くの熱量が必要なことを報告している。今回、品種間や比重差によって蒸熱処理後のテクスチャーが異なったのは上記のような要因が作用していると推察され、バレイショの加工特性に対しては、細胞壁成分の熱挙動が大きく影響していることが明らかになった。

なお、生鮮時においては、硬さおよび凝集性で品種間の回帰係数に有意差がみられなかったにもかかわらず、両者の積であるガム性では有意差が認められた。これは硬さ、凝集性の回帰係数が共にメークインが大きな値を示したため、両者の積算値であるガム性では回帰係数の解離が増大したためと考えられた。それに対し、蒸熱後の各テクスチャー値ではガム性だけでなく凝集性においても回帰係数に有意差が認められた。これは、両品種共に比重の大きな試料ほど蒸熱後では蒸熱によりペクチンが水溶化し、細胞間の結合力が低下する^{2),4)}ため、バレイショ組織間の結合力を示す凝集性の変化量も高比重試料で大きくなったためと考えられる。

また、生鮮試料の熱分析の結果、男爵薯、メークイン共に低比重試料が高比重に比べ、細胞壁成分に起因⁶⁾する吸熱量 (70~100℃) が大きく、両品種共低比重試料が蒸熱による細胞壁成分の軟化には多くの熱量が必要であることが示唆された。さらにこの傾向は、同比重で結着力の大きな粘質系のメークインが顕著であり、粘質系の試料が粉質系に比べ蒸熱時の物性変化に多くの熱量が必要であることが推察された。

今回得られた結果から、バレイショは同一品種でも比重によりテクスチャーは大きく異なっていた。粉質系の男爵薯では低比重のものは粘質系の性質を、粘質系のメークインでは高比重のものは粉質系の性質を示すことが明らかとなり、特に、両品種共に高比重試料ではテクスチャーは非常に近似したものであった。

以上、バレイショの粉質系、粘質系の主要品種である男爵薯ならびにメークインについて、加工特性と比重の相違との相関を明らかにした。今後は、他の国産主要品種についても同様の解析を行うことにより、各品種の加工特性の詳細を明らかにすることができると考える。

要 約

日本で生産されるバレイショの主要な2品種において、生鮮時ならびに蒸熱処理後におけるテクスチャーの相違を検討した。

- ① 生鮮時では、両品種共に比重の増加に従い、硬さ、凝集性およびガム性の各テクスチャー値は増大する傾向を示した。両品種共にそれぞれ比重と各テクスチャー値間には一次回帰式が得られた。同一比重ではメークインが硬く、粘弾性の大きなテクスチャーを示した。

- ② 蒸熱処理後では、両品種共に比重の増加に従い、いずれのテクスチャー値も低下する傾向を示し、両品種共にそれぞれ比重と各テクスチャー値間には一次回帰式が得られた。同一比重ではメークインが結着力が強く、粘弾性に富んだ崩れにくいテクスチャーを示した。なお、メークインも高比重試料では、男爵薯に近似した崩れやすいテクスチャーを示すことが明らかとなった。

- ③ 生鮮試料の熱分析の結果、両品種共に低比重が、細胞壁成分由来の70~100℃の吸熱ピークで大きな吸熱量を示し、両品種共低比重試料のほうが蒸熱による性状変化には多くの熱量が必要であることが示唆された。さらにこの傾向は、結着力の大きな粘質系のメークインが顕著であり、粘質系の試料が蒸熱時の物性変化に多くの熱量が必要であることが推察された。

文 献

- 1) 佐藤広顕・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，日食工誌，**38**，1134~1136 (1991)
- 2) 佐藤広顕・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より調製したマッシュ試料の物理的性状について，日食工誌，**38**，1071~1075 (1991)
- 3) 佐藤広顕・高野克己・小嶋秩夫・谷村和八郎・鴨居郁三：比重の異なるバレイショの物性に及ぼすペクチン質の影響，日食保蔵誌，**24**，355~359 (1998)
- 4) 佐藤広顕・高野克己：比重の異なるバレイショの蒸熱による物性およびペクチンの性状変化の比較，日食保蔵誌，**26**，17~21 (2000)
- 5) 佐藤広顕・永島俊夫・高野克己：比重の異なるバレイショから調製したデンプンの性状，食科工誌，**48**，475~481 (2001)
- 6) 佐藤広顕・山崎雅夫・高野克己：低比重および高比重バレイショにおける細胞壁多糖の組成および熱挙動の比較解析，日食保蔵誌，**31**，151~154 (2005)
- 7) 松元文子・橋谷淳子：マッシュポテトに関する実験 (第1報)，家政誌，**14**，341~344 (1963)
- 8) 橋谷淳子・松元文子：マッシュポテトに関する実験 (第2報)，家政学，**20**，95~99 (1969)
- 9) 橋谷淳子・平野雅子・比企みよ子・松元文子：マッシュポテトに関する実験 (第3報)，家政誌，**23**，116~120 (1972)
- 10) 今泉雅子：じゃがいもの調理，調理科学，**18**，114~116 (1985)
- 11) 農文協：畑作全書—イモ類編— (農文協，東京)，p.127 (1981)
- 12) 市原清志：バイオサイエンスの統計学
- 13) 大谷貴美子：調理特性の異なるじゃがいも (*Solanum*

- tuberosum*) の非澱粉性多糖の構造 (第 1 報) 水可溶性多糖について, 日家政誌, **40**, 593~601 (1989)
- 14) 大谷貴美子: 調理特性の異なるじゃがいも (*Solanum tuberosum*) の非澱粉性多糖の構造 (第 2 報) 熱水およびシュウ酸アンモニウム可溶性多糖について, 日家政誌, **42**, 313~320 (1991)
- 15) 大谷貴美子: 調理特性の異なるじゃがいも (*Solanum tuberosum*) の非澱粉性多糖の構造 (第 3 報) アルカリ可溶およびアルカリ不溶性多糖について, 日家政誌, **42**, 321~325 (1991)
(平成17年 3 月25日受付, 平成17年 5 月18日受理)
-