北海道産タマネギ長期貯蔵中の品質変化

玉木雅子, 鶴飼光子*, 村田容常**, 本間清一**

Effect of Long-term Storage on Quality Attributes of Onions (*Allium cepa*) Grown in Hokkaido

Masako Tamaki, Mitsuko Ukai*, Masatsune Murata** and Seiichi Homma**

Musashigaoka College, 111-1, Yoshimi-machi, Hiki-gun, Saitama 355-0154

**Hokkaido Educational University, 1-2, Hachiman, Hakodate-shi, Hokkaido 040-8567*

***Ochanomizu University, 2-2-1, Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610*

Japanese onions has been mainly cultivated in Hokkaido and their important quality is high storability, being able to store a half of year or so. But the taste of all these onions is not good. The breeding of onion has been developed, and new cultivars whose taste is sweet and less bitter in raw and more sweet in cooking. Any papers have not been reported about new cultivars. Therefore, we conducted studies to find out the quality attributes of onions grown in Hokkaido and its changes during long-term storage. These results were summarized as follows; (1) During long-term storage, solid content, average whole weight and Brix changed in content except for two cultivars; Rantarou and Sarari cultivars. Especially pyruvate development in these two cultivars were lower than others and kept same level during 6 months. Superkitamomiji, major cultivar in Hokkaido, contained low pyruvate level just after 1 month, but high contained level after 3 months at refrigerator and then kept this level. (2) In almost cultivars, solid contents and reducing sugar contents kept during long-term storage, and these contents were suitable to saute and powder. (3) Color and composition of free sugars in all cultivars changed during long-term storage.

(Received Jan. 4, 2002; Accepted Jul. 15, 2002)

日本におけるタマネギ生産は、北海道における春播き栽培と都道府県における秋播き栽培とに大別される。北海道産のタマネギは、9月から4月までの需要を満たす重要な役割を担っており、貯蔵性の優れる品種の育成・普及に重点を注いできた。そのため、北海道のタマネギ品種は貯蔵性が極めて高いが、鱗茎の品質が本州の秋播き品種に比べて硬質で辛みが強いと言われてきた¹⁾²⁾。しかし、近年秋播き品種を育種素材に用いて春播き品種に適應させるなど³⁾、貯蔵性だけではなく食味をも重視したタマネギの品種改良⁴⁾や、加工用あるいは業務用タマネギの育種⁴⁾⁵⁾などが進められた。その結果、従来の北海道産タマネギとは異なる性質のタマネギ品種も増えてい

と思われる。既に筆者らは、北海道産13種類の品種特性を明らかにし、その多様性を報告した⁶⁾。

前報⁶⁾で調査した13種類のうち、春先までの貯蔵に耐えた6品種について、その貯蔵中の特性変化について検討したので報告する。

実験方法

1. 試料

用いたタマネギはいずれも北海道庁が優良品種リストに載せた品種である。1998年9月下旬に北海道立北見農業試験場にて収穫された。品種名と優良品種にリストされた年は以下の通りである。「そらち黄」(1983),「天心」

武蔵丘短期大学 (〒355-0154 埼玉県比企郡吉見町大字南吉見 111-1)

* 北海道教育大学 (〒040-8567 北海道函館市八幡 1-2)

** お茶の水女子大学 (〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1)

(1991),「蘭太郎」(1994),「スーパー北もみじ」(1995),「トヨヒラ」(1996),「さらり」(＝「北見交27号」,品種登録申請中)。このうち「そらち黄」のみが解放花粉型品種で他は全てF1品種である。また,1998年当時北海道で最多に栽培されていた品種は「スーパー北もみじ」である。通例通り,収穫したタマネギは風乾後,貯蔵庫(室温,5~10℃)へ移動し,11月下旬からは冷蔵庫(温度2℃,湿度65%,光遮断)で貯蔵した。測定は11月(収穫日より5週間以内)から開始し,12月,1月,2月,3月と1ヶ月ごとにサンプルを一部取り出し実験に供した。したがって,11月に用いたサンプルは冷蔵前,12月以降に用いたサンプルは冷蔵したものである。

2. 固形分,平均一球重,硬度,糖度の測定

固形分測定に用いたサンプルは,最低5球のタマネギを無作為に選択してスライスし,均質になるように充分に攪拌してから秤量した。定法⁷⁾に従い,固形分⁸⁾はスライスした試料の100gをサランラップを敷いたアルミトレイに広げ,70℃の通風定温乾燥器で24時間乾燥して求めた。一球重はタマネギ鱗茎部の皮を剥かずに重量測定し,8球以上の平均値を求めた。硬度は可食部の赤道面を果実硬度計(藤原製作所KM-5)で,針頭円錐形,最大加圧重5Kgで測定した。1球につき3点以上計測し,8球以上の平均値を求めた。絞り汁の糖度を糖度計(ATAGO,PR-101,測定範囲0~45%)で測定した。糖度測定用の絞り汁は,最低3球以上のタマネギから対角線上に1/8ずつ得た可食部を合わせてホモジナイズし,ガーゼで濾過した。

固形分測定に用いた残りのスライスタマネギを,糖分析のための80%エタノール抽出に使用した。

3. 色彩の測定

色彩色差計(日本電色,Color Meter ZE-2000)にて測定した。タマネギはすりつぶした状態で,計測カップ(30mmφ)に入れて反射式でL*a*b*を計測した。試料のタマネギは,最低3球以上の対角線上の1/8ずつから得た。

4. 総フェノール量の定量

外皮を剥ぎ取り,スライスにしたタマネギ10gを秤量し,素早く40mlの99.5%メタノールに入れてホモジナイズ(ポリトロン,RT10/33)し,遠心分離(4℃,3000rpm,10min)により上清を得た。残渣に80%メタノールを20ml加え,ホモジナイズ後に遠心分離する操作を2回繰り返して,得られた上清を合わせて100mlに定容した。この抽出液をFolin-Denis法⁹⁾で定量した。標準物質として+カテキンを使用して検量線を作成し

た。タマネギに含有されるフェノールのほとんどがケルセチンであることから,定量結果をケルセチン相当量に換算して表した。

5. ビルビン酸の定量

Schwimmer and Weston¹⁰⁾の方法を改良し,F-キット-ビルビン酸(ペーリンガー・マンハイム株式会社)を用いて定量した。無作為に選択したタマネギ(最低3球)から対角線上に少量ずつの可食部をとり,荒みじんにカットしてからビーカー(200ml容)に30g秤量し,蒸留水60mlを加えてホモジナイズし,パラフィルムでカバーをして30℃の恒温水槽中で25分間インキュベートした。20%トリクロロ酢酸20mlを加え1時間室温放置後,5%水酸化ナトリウム溶液で抽出液のpHを7.0~7.6に調整,濾紙(東洋濾紙, No. 2)で自然濾過後に200mlに定容した。定容時には泡立ちを抑えるためにオクチルアルコールを2~3滴加えた。この抽出液を定量した。

6. 糖組成の分析

タマネギは外皮を除去して1mm程度のスライスにし,50gを秤量して200mlの99.5%エタノールを加えてホモジナイズ(ポリトロン,RT10/33)し,遠心分離(4℃,3000rpm,10min)により上清を得た。残渣に80%エタノールを加えてホモジナイズ,遠心分離する操作を2回繰り返して,合わせた抽出液をロータリーエバポレーターで減圧濃縮(40℃)し,蒸留水で100mlに定容した。この抽出液を高速液体クロマトグラフィーで分析した。測定条件は次のようである。HPLC: Shimadzu LC-9A, 検出器: 示差屈折検出器RID-6A, カラム: Asahipac NH₂P-50 250×4.6mm I.D., 移動相: アセトニトリル: 水=80:20, 流速1.0ml/min, サンプル注入量: 10μl。

7. 官能評価

タマネギは約1mmにスライスし,水にさらさずにそのまま評価した。サンプルの種類が多く,一度に全ての品種について評価するのが困難であったため,常に「さらり」を対照として用い,一度に評価するサンプル数は3種類とした。「さらり」を0点としたときの比較サンプルの点数を-2~2点の5段階で評価し,2元配置法により検定した。スライスタマネギ(生)の評価項目は「刺激の強さ」,「みずみずしさ」,「甘さ」,「硬さ」の5項目とした。パネルは官能検査の訓練がされている,本学食品学研究室員12名(19才から20才の女性)であった。

実験結果及び考察

1. 固形分量

図 1 に示した。「さらり」、「蘭太郎」を除く 4 品種では、長期貯蔵による固形分含量の減少が認められ、糖などの貯蔵物質が消費されたためと考えられた。「さらり」、「蘭太郎」は 3 月まではほぼ安定した固形分含量を示した。

ソテー加工に適するタマネギの固形分量は 10% 程度であるとの報告⁵⁾がある。冷蔵貯蔵前はすべてのタマネギがソテー加工に適する範囲内の固形分含量を示した。長期の貯蔵により「天心」、「スーパー北もみじ」、「そら

ち黄」の一部は固形分含量が 9% を若干下回るようになったが、その後は貯蔵後も 10% 程度を示した。

2. 糖度

図 2 に示した。固形分量と同様に、「トヨヒラ」、「天心」、「スーパー北もみじ」では長期貯蔵により糖度も減少した。唯一の固定種（他は全て F1 種）である「そらち黄」は、貯蔵により固形分は減少したが糖度は減少しなかった。「蘭太郎」は、貯蔵中の固形分量が安定していたが、貯蔵初期に糖度の減少が認められた。これまでに、

図 1 タマネギの貯蔵と固形分

測定時期 11 月 (A), 12 月 (B), 1 月 (C), 2 月 (D), 3 月 (E)

貯蔵条件 : A 貯蔵庫 (室温, 5~10℃), B~E 冷蔵庫 (2℃, 湿度 65%, 光遮断)

*** : $p < 0.05$, $p < 0.01$ で有意差有り。

5 球以上のタマネギをスライス混合して試料とした。

図 2 タマネギの貯蔵と糖度

A~E, 貯蔵条件, *, ** は図 1 と同じ。

3 球以上のタマネギの対角線上の 1/8 ずつをホモジネートして試料とした。

図 3 タマネギの貯蔵と重量

A～E, 貯蔵条件, ** は図1と同じ.

*** : 8球以上の平均値±標準偏差

図 4 タマネギの貯蔵と硬度

貯蔵条件, ** は図1と同じ.

*** : 果実硬度計で測定. 8球以上の平均値±標準偏差

糖度と固形分量の相関関係 ($r=0.93$, $p<0.01^{11}$), 0.746 , $p<0.01^{12}$) が報告されており, 今回は 0.639 ($p<0.01$) であった. 糖度 (Brix) は屈折率をもとにして糖含量を推測した値である. 後述するが, タマネギの品種や貯蔵期間により遊離糖の組成は異なる. また, 固形分含量には, 揮発性成分以外の全ての成分が含まれる. 貯蔵によりタマネギの食物繊維の組成や含有量も変動することがわかっている¹³. そのため, 糖度と固形分量との相関が低くても当然であると思われる.

3. 重量

結果を図 3 に示した. 貯蔵初期の 11 月から 12 月にかけて重量が増加し, その後は減少する品種が多かった. 11 月下旬に貯蔵庫 (室温) から冷蔵庫 (2°C) へと移動されたための環境の急激な変化が影響していると考えられる. タマネギの冷蔵中にはペクチンの増加が認められており¹³, 冷蔵貯蔵初期の重量増加のひとつの原因と考える. 後述するが, 呼吸基質の消費と貯蔵物質の分解のバランスなども要因であろう. 貯蔵初期の重量増加の原因については, さらに検討する必要がある. 12 月以降の重量の減少は, 水分の蒸発や, 糖などの消費によるものとする. 「さらり」では, 貯蔵による重量の変動が比較的安定していた. 唯一の固定種である「そらち黄」では貯蔵初期の平均一球重の増加がみられず, 11 月から 2 月にかけて減少した.

4. 硬度

タマネギの硬度を図 4 に示した. 貯蔵中の硬度の変動には共通した傾向がみられなかったので, 測定月別にまとめた. 各月ごとに硬度の高いものから順に並べ, グラフに示した. 北海道で最多に栽培されている「スーパー北もみじ」は, 冷蔵貯蔵前の 11 月には低い硬度を示したが, 冷蔵後の 12 月には硬度が急激に高くなり ($p<0.01$), 12 月以降は他品種に比べて硬い性質を示した. また「さらり」は 2 月, 3 月には他品種よりも低い硬度であった.

5. 色 彩

図 5 に冷蔵貯蔵前 (11 月) と貯蔵後 (測定最終月, 2 月または 3 月) のタマネギの色彩を示した. 「トヨヒラ」を除く 5 品種で a^* 値の上昇 (緑色みの低下) と b^* 値 (黄色み) の低下が生じており, この傾向は淡路産タマネギ¹⁷⁾と同様の傾向であった. b^* 値が品種の特性値として利用可能であるとの報告¹¹⁾があるが, 貯蔵による変化の方が品種間差よりも大きかったので, b^* 値を品種の特性値として採用するためには, 測定年度ごとの値を測定時期を揃えて比較するなどの必要性があるであろう.

6. 総フェノール量

食品中の各種フェノール成分は, 食品の収斂味や色彩に影響を与える¹⁸⁾. タマネギにはケルセチン配糖体が多量に含有される¹⁹⁾ ので, タマネギ鱗基部の色彩や苦味に影響を及ぼすと思われる. また, タマネギ中のケルセチン配糖体は他のフラボノイドと同様に抗酸化性をもち加熱加工にも安定²⁰⁾ なので, その機能が注目されている.

図 5 タマネギの貯蔵と色彩

3 球以上の対角線上 1/8 ずつをホモジネートして色彩色差計で計測.

●, さらり ; □, 蘭太郎 ; ◇, トヨヒラ ; ○, 天心 ; ⊕, スーパー北もみじ ; ▲, そらち黄 ;
冷蔵貯蔵前 (11 月) → 貯蔵後 (2 月もしくは 3 月)

る。総フェノール含有量を図6に示した。貯蔵とフェノール含有量の変化には共通した傾向が認められなかった。

7. ビルビン酸生成量

タマネギの刺激は、組織の破壊によりフレーバープリカーサーであるS-アルキルシステインスルフォキシドが酵素アリイナーゼにより加水分解して生じる。この酵素反応の生成物であるビルビン酸量と刺激の強さとは高い相関関係にある¹⁰⁾²¹⁾ので、ビルビン酸生成量はタマネギの刺激の強弱の指標とされる²¹⁾。Schwimmer¹⁰⁾によれば2~4 $\mu\text{mol/g}$ が辛み「弱」、6~10 $\mu\text{mol/g}$ で「中」、

15~20 $\mu\text{mol/g}$ が「強」、>19で「極強」と区分されている。

北海道産のタマネギはビルビン酸生成量が高く、本州産のものよりも刺激が強いといわれてきた。前報⁶⁾で述べたが、冷蔵貯蔵前の北海道タマネギは全てビルビン酸生成量が5~9 $\mu\text{mol/g}$ であり、辛み「中」の区分に属した。特に「さらし」、「スーパー北もみじ」はビルビン酸生成量が5 μmol 程度と低い値を示した。貯蔵中のビルビン酸生成量の増加が知られている⁴⁾²²⁾。本実験でも貯蔵後のタマネギではビルビン酸生成量の増加が認められ、「トヨヒラ」(2月, 3月), 「天心」(3月), 「スーパー

図6 タマネギの貯蔵とフェノール含有量

A~E, 貯蔵条件, ***は図1と同じ。

*** : ケルセチン相当量

3球以上のタマネギの対角線上の1/8ずつをホモジネートして試料とした。

図7 タマネギの貯蔵とビルビン酸生成量

A~E, 貯蔵条件, ***は図1と同じ。

3球以上のタマネギの対角線上の1/8ずつをホモジネートして試料とした。

北もみじ」(2月, 3月), 「そらち黄」(3月) では10 $\mu\text{mol/g}$ 以上を示した. 特に「スーパー北もみじ」では, 11月から12月にかけて急激な増加が認められた. タマネギの貯蔵性と鱗茎の辛味の強さには正の相関が認められ¹⁾, 貯蔵性が高く2月~3月までの長期貯蔵に耐えられたこれら6品種については高いピルビン酸生成量が予想された. 冷蔵貯蔵前である11月の測定結果が5 $\mu\text{mol/g}$ と極端に少なかった新品種の「さらり」も, 貯蔵によりピルビン酸生成量が増加したが, 増加後でも8 $\mu\text{mol/g}$ であった. また, 「蘭太郎」は貯蔵によるピルビン酸生成量の変化量が少なかった. これら2品種はピルビン酸生成量の点からは, 従来の北海道産タマネギと異

なる性質を持つと考えられた.

8. 糖組成

タマネギのスクロース, グルコース, フラクトース含有量を図8に示した. 長期貯蔵によるスクロースの減少, グルコースおよびフラクトースの増加が認められた. 淡路産のタマネギ¹⁷⁾でも, 貯蔵によるスクロースの減少と還元糖の増加が報告されている. 淡路ではタマネギは収穫後吊り玉貯蔵され, その後冷蔵保存される. 吊り球中に著しく還元糖が増加して冷蔵時に一時減少, 再度増加する. スクロースも同様に吊り玉中に減少, 冷蔵時に一時増加して再び減少し始める. 北海道では吊り玉は行われない. また春に収穫される淡路産タマネギと秋

図 8 タマネギの貯蔵と遊離糖

A~E, 貯蔵条件, ***, は図1と同じ.

測定条件: HPLC; Shimadzu LC-9A, 検出器; 示唆屈折計 RID-6A, カラム; Asahipac NH2P-50 250×4.6mm I.D., 移動相; アセトニトリル: 水=80:20, 流速; 1.0 ml/min, サンプル注入量; 10 μml

に収穫される北海道産タマネギでは、収穫時の気候が異なる。そのため温度管理を人工的に行わない収穫直後では若干の違いが生じるが、冷蔵後では同様の傾向を示したものと考える。スクロース、グルコース、フラクトースの加算値は貯蔵後に増加の傾向を示した。スクロースのフラクトースおよびグルコースへの転化、フラクタン²³⁾によるフラクトースの増加が、還元糖増加の要因として考えられる。還元糖は呼吸基質として消費されるが、低温貯蔵のために消費量の抑制があったと予想される。

永井の報告²⁴⁾によると、還元糖の多い品種(4.6%)よりも低い品種(3.9%)の方が乾燥品に加工したときの褐変が少なく、パウダー加工に適するとされている。長期の貯蔵により還元糖が増加するが、測定最終月における「さらり」で5%近い値を示した以外は、増加後もほぼ4%程度までに収まり、パウダー加工にも適する範囲であった。

9. 食 味

図9に11月から2月にかけて行った官能検査の結果を示した。試料が長期に渡り確実に安定して入手できることから、「さらり」を基準とし、他のタマネギを比較する方法で官能検査を行った。「さらり」は全体的な評価が他品種よりも著しく高かった。「さらり」は最も新しい品種であり、加熱用にとどまらず生食にも可能な食味の改善が品種改良の目的であった。今回の官能検査から、刺激が弱い、みずみずしい、甘い、やわらかいなどで高く評価され、9月に収穫した後、5ヶ月間貯蔵した2月においても刺激が弱い、やわらかいなど生食用で特に重要な項目が他に優れて評価された。

「スーパー北もみじ」は、11月から12月にかけて急激なピルビン酸生成量の増加が認められたが(図7)、官能検査でも一致した傾向が得られ、12月以降は強い刺激が認められた。しかし2月の官能検査において他品種よりもみずみずしさが評価されており、長期の保存後でも外観上の高い品質の保持が示唆された。

図9 タマネギの貯蔵と食味評価

●, さらり; ○, 天心; □, 蘭太郎; ▲, そらち黄; ◇, トヨヒラ; ⊕, スーパー北もみじ

要 約

北海道産タマネギ 6 種について、貯蔵による品種特性の変化を調べた。

(1) 貯蔵中にいずれの品種でも固形分、糖度、平均一球重の変動が認められたが、「蘭太郎」、「さらり」では貯蔵による変動が少なかった。これら 2 種はビルビン酸生成量あるいはその貯蔵中の増加量が少なく、従来の F1 種とは異なる性質を示した。最多に栽培されている「スーパー北もみじ」は、冷蔵貯蔵前の 11 月はビルビン酸生成量、硬度ともに低値を示したが、12 月以降は両者とも急激に上昇した。

(2) ほとんど全てのタマネギは、長期保存中もソテー加工に適する固形分量およびパウダー加工に適する還元糖量を示した。

(3) タマネギの硬度を品種間で比較したが、測定時期(貯蔵期間)により変動し、品種による硬さの位置づけはできなかった。

(4) 鱗茎部分の色彩および遊離糖の組成は貯蔵により変動し、その傾向は淡路産タマネギと類似していた。

本研究を行うにあたり、北海道産タマネギの品種についてご指導いただいた北海道立北見農業試験場場長宮浦邦晃氏、ならびに試料タマネギの栽培、採取および選定にご協力いただいた同試験場園芸科科長田中静行氏に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 佐藤 祐:北海道農試研報, **164**, 7 (1996).
- 2) 佐藤 祐・永井 信:北海道園芸研究談話会報, **23**, 34 (1990).
- 3) 佐藤 祐:北海道農試研報, **168**, 47 (1999).
- 4) 田中静幸・中野雅章:北海道立農業試験場集報, **70**, 49 (1996).
- 5) 森 尚久, 宮浦邦晃:北海道園芸談話会報, **23**, 36 (1990).
- 6) 玉木雅子, 鶴飼光子, 村田容常, 本間清一:日食保蔵誌, 投稿中
- 7) 堤 忠一:新・食品分析法, 日本食品科学工学会新・食品分析法編集委員会編(光琳出版, 東京) p. 12 (1996).
- 8) 北海道農業連合:タマネギの品種開発に関する試験成績書, 36 (1997).
- 9) Folin, O. and Denis, W., *The Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **670** (1912).
- 10) Schwimmer, S. and Weston, W.J., *J. Agric. Food Chem.*, **9**, 301 (1961).
- 11) 北海道農政部, 平成 9 年度普及奨励ならびに指導参考事項, 255 (1997).
- 12) 小餅昭二, 春まきタマネギの栽培技術(農業技術普及協会, 東京) p. 181 (1983).
- 13) 玉木雅子, 澤山 茂, 川端晶子, 日食工誌, **41**, 25 (1994).
- 14) 北海道農政部監修, 北海道農業協同組合中央会, ホクレン農業協同組合連合会, 北海道野菜地図(その 21), **42**, (1998).
- 15) 北海道農務部, 昭和 57 年普及奨励ならびに指導参考事項, 33 (1982).
- 16) 伊藤喜三男, 北海道農試研報, **65**, 145 (1998).
- 17) 永井耕介, 日食低温誌, **18**, 4, 141 (1992).
- 18) 木村 進, 中村敏郎, 加藤博通, 食品の変色の化学(光琳出版, 東京) p. 124 (1995).
- 19) 津志田藤二郎, 鈴木雅博, 食科工誌, **42**, 100 (1995).
- 20) Prince, K.R., Barcon, J.R. and Rhodes, M.J.C., *J. Agric. Food Chem.* **45**, 938 (1997).
- 21) Wall, M.M. and Corgan, J.N. *Hort Science*, **27**, 1029 (1992).
- 22) Malkki, Y. and Aalto, O.E., *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland*, **50**, 103 (1978).
- 23) Dabyshire, B. and Henry, R.J., *J. Sci. Food Agric.* **30**, 1035 (1979).
- 24) 永井耕介, 野菜・茶業試験場報, **28** (1993).

(平成 14 年 1 月 4 日受付, 平成 14 年 7 月 15 日受理)