

博士（農 学） 樋 元 淳 一

学 位 論 文 題 名

低温高湿度条件によるジャガイモの長期貯蔵

学位論文内容の要旨

1. 背景・目的

我が国の年間のジャガイモ生産量は約 300 万 t であり、その用途は大きく生食用、加工食品用、澱粉原料用及び種子用の 4 つに分けられる。北海道におけるジャガイモの作付面積は、61,400ha、収穫量は 2,962,500t(平成 11 年)で、全国に占める北海道の割合は作付面積で 65%、収穫量で 76% であり、ともに全国第 1 位となっている。北海道では、8~10 月に収穫された生食用ジャガイモを翌年の 4 月ごろまで貯蔵を行っているが、その後西南暖地産の春作のジャガイモが流通するまでの期間には全国的に品不足となり、価格も高騰する。従って北海道産ジャガイモの貯蔵期間を 2~3 ヶ月延長させることができれば、国内産の生食用ジャガイモを安定的に周年供給することが可能となる。

そこで本研究は生食用ジャガイモの長期貯蔵技術を確立することを目的として、ジャガイモの貯蔵基礎特性を把握し、これに基いて基礎実験により新規貯蔵技術を提案し、これを用いた実用規模貯蔵庫において貯蔵期間を延長することが可能であることを実証した。さらに、この技術を用いた貯蔵方法により貯蔵したジャガイモの流通段階における品質維持向上技術についても検討を行った。

2. ジャガイモの貯蔵に関する基礎特性

青果物の呼吸速度は主として貯蔵温度に依存し、低温であるほど低下するのが一般的である。しかしジャガイモのように収穫後休眠し、貯蔵中に覚醒する青果物では、呼吸速度は温度のみではなく貯蔵期間によっても変化する。そこで、温度別、貯蔵期間別にジャガイモの呼吸速度の測定を行った。その結果、収穫直後では急激に温度低下させることによって、逆に呼吸速度の増加をもたらす可能性があること、貯蔵期間が進行するに従って、呼吸速度は温度が低いほど低下する傾向にあることが明らかとなった。

ジャガイモは貯蔵温度が低いほど呼吸が抑制されることがわかったが、過剰な低温は凍結を招き、品質低下に繋がる。従って、ジャガイモの凍結温度を知る必要がある。そこで、ジャガイモの凍結温度の測定を行った。凍結温度は個体差が非常に大きく、部位や水分にも影響を受けるが、最も高い凍結温度で約-1.4°C であった。従って、貯蔵庫の温度制御精度等を考慮しても、従来の貯蔵温度より低い温度での貯蔵が可能であることがわかった。

3. 低温高湿度条件によるジャガイモの貯蔵基礎実験

従来の貯蔵よりもさらに低温で、且つ高湿度を維持することが、ジャガイモの長期貯蔵に有効であることを確認するために、貯蔵基礎実験を行った。

収穫翌年4月まで低温貯蔵されたジャガイモを用いて、低湿度条件として段ボール貯蔵、高湿度条件としてデシケータ貯蔵を行い、品質変化を測定した。貯蔵温度は10, 3, -1°Cとした。貯蔵中発芽、腐敗固体数の割合は高湿度ほど高く、また質量減少率は貯蔵温度が低いほど、湿度が高いほど小さくなることが確認された。

この結果より、低温高湿度を正確に制御できる貯蔵庫を試作した。この貯蔵庫では冷却器に対して送風を行わない、自然対流型の冷却器を採用し、デフロスト回数を低減するために冷却器のフィンピッチを18mmと大きくした物を採用した。また、加湿器として平均直径7μm最大直径15μmの微細な水滴が得られる二流体ノズルを採用した。これを用いて2品種の生食用ジャガイモの長期貯蔵基礎実験を行った。この結果、特に「男爵薯」については、従来の貯蔵方法による貯蔵と比較して、2~3ヶ月の貯蔵期間の延長が可能であることが明らかとなった。

#### 4. 小規模実用施設におけるジャガイモの低温高湿度貯蔵

低温高湿度がジャガイモの長期貯蔵に有効であることが確認されたため、これを実用施設に応用し得るか否かを検討するため、100t規模のプレハブ式低温高湿度貯蔵庫を用いて、約100tのジャガイモの貯蔵実験を行った。貯蔵条件は温度2°C、湿度95%RHとした。貯蔵期間は1999年9月29日~2000年7月21日までの299日間とした。貯蔵初期には、外気導入による冷却を行い、貯蔵設定温度に達した時点で、冷却器と加湿器の運転を開始した。貯蔵中、貯蔵位置による温度変化は非常に小さく貯蔵庫全体が均一に冷却された。貯蔵した試料は、従来の貯蔵方法による貯蔵より約3ヶ月間貯蔵期間が長いにもかかわらず、貯蔵終了時における質量減少率は約4%となり、非常に良好な貯蔵を行うことが可能であることが明らかとなった。

#### 5. 大規模実用施設におけるジャガイモの低温高湿度貯蔵

低温高湿度貯蔵庫として実際に建設され、運用されている8,000t規模のジャガイモ貯蔵施設において、低温高湿度の制御状況を確認し、さらに貯蔵されたジャガイモの品質変化を把握して、低温高湿度貯蔵の実用施設での有効性および問題点を明らかにした。

本施設は従来方式と同様地下ピット通風方式を採用しているが、その冷却、加湿方式は、第3章で述べたものと同様のものを採用している。貯蔵初期においては地下ピットを利用して外気導入による通風を行い、設定温度に達した後、冷却器、加湿器の運転に切り替える方法を採用した。設定条件は温度2°C、湿度95%RHとした。

1室に約4,000tの試料を貯蔵し貯蔵期間は1999年10月12日~2000年3月18日までの158日間とした。

大規模な実用施設においても、貯蔵庫内の温湿度を均一に制御できることが明らかとなり、ジャガイモの品質も良好に貯蔵することが可能であることがわかった。

#### 6. 低温高湿度貯蔵におけるジャガイモの品質向上

長期間低温貯蔵したジャガイモは、夏期に市場に出荷されるが、このときの急激な温度上昇が、発芽や内部褐変の原因となり、商品価値を著しく損なう恐れがある。そこで、出荷前に一時的に貯蔵温度より高い温度に置くことで、高温による障害を抑制することが可能であるか否かを検討した。その結果、出荷前に10°Cで4日間貯蔵することにより、出荷後の萌芽、内部褐変の発生を抑制することが可能であることが分かった。

また、低温高湿度で長期間貯蔵を行った場合、出荷される時期は夏期間であり、西南暖地産のいわゆる新

じやがとの品質競争となる。従って、さらに高付加価値化が必要となる。そこで、ジャガイモのアスコルビン酸含量に着目した。ジャガイモのアスコルビン酸含量は低温貯蔵により、低下するとされてきたが、急激な低温ショックにより、一時的に増加することを確認した。特に収穫直後においてその増加は著しく、また長期貯蔵後にアスコルビン酸含量の低下したジャガイモにおいても、低温ショックにより一時的に増加させることが可能であることがわかった。

# 学位論文審査の要旨

主査 教授 伊藤和彦  
副査 教授 端俊一  
副査 教授 松田徳三  
副査 教授 岩間和人  
副査 助教授 川村周三

## 学位論文題名

### 低温高湿度条件によるジャガイモの長期貯蔵

本論文は7章から構成されており、図118、表7、写真21、引用文献47を含む総頁数134の和文論文である。別に参考論文8編が添えられている。

本研究は生食用ジャガイモの長期貯蔵技術を確立することを目的として、主として「男爵薯」の貯蔵基礎特性を把握し、新規貯蔵技術及び貯蔵庫の設計基準を提案している。続いて本技術を採用した小規模試験用貯蔵庫及び小規模実用貯蔵庫において貯蔵実験を行い、従来の貯蔵方式に比較して貯蔵期間を2~3ヶ月間延長することが可能であり、さらに大型実用貯蔵庫においても本技術を採用することが可能であることを明らかにした。さらに、本技術を用いて長期間の貯蔵を行ったジャガイモの流通段階における品質維持向上技術についても検討を行っている。

得られた結果の概要は以下のとおりである。

#### 1. ジャガイモの貯蔵に関する基礎特性

貯蔵温度別及び収穫後日数別に呼吸速度の測定を行った結果、呼吸速度は貯蔵温度が低いほど、また貯蔵期間が延長されるほど低下することを明らかにしている。しかし、収穫直後に急激に温度を低下させた場合は、呼吸速度の増加をもたらす可能性があることも明らかにした。

ジャガイモの凍結温度は個体差が大きく、部位や水分にも影響を受けるが、最も高い凍結温度で約-1.4°Cであった。従って、生食用ジャガイモの設定貯蔵温度は、貯蔵庫の温度制御精度等を考慮しても、従来の設定値(5°C前後)よりも低い温度に設定することが可能であることを明らかにした。

#### 2. 低温高湿度条件によるジャガイモの貯蔵基礎実験と貯蔵庫の設計

貯蔵に関する基礎実験を行った結果、貯蔵中の発芽及び腐敗個体数の割合は高温度ほど増加し、また質量減少率は貯蔵温度が低く、湿度が高いほど減少することを確認した。

基礎実験の結果を参考に、「男爵薯」の最適貯蔵条件は温度2°C、相対湿度95%であることを確認した。この条件を正確に制御できる貯蔵庫を設計した。貯蔵初期には品温を可能な限り貯

藏温度まで低下させるために貯蔵庫床下から送風を行ない、品温が貯蔵温度に達した後には冷却器を用いて温度制御を行う方式を想定した。この場合、自然対流方式を採用し、デフロスト回数を低減するためにフィンピッチを18mmと大きくした冷却器を採用した。高湿度条件を安定して保つために、二流体ノズルを用いた加湿器を取り付け、平均直径7μm最大直径15μmの微細な水滴を貯蔵庫内に直接噴霧する方式を採用した。本方式を採用した小型試験用貯蔵庫を用いて、2品種の生食用ジャガイモの長期貯蔵基礎実験を行い、「男爵薯」については、従来の貯蔵方法より2~3ヶ月貯蔵期間を延長することが可能であることを確認した。

### 3. 小規模実用施設におけるジャガイモの低温高湿度貯蔵

開発した貯蔵方式を採用した小規模の実用貯蔵庫を用いて、約100tのジャガイモを299日間に亘って貯蔵した。貯蔵期間中は貯蔵庫内の温湿度は均一に保たれ、温湿度変化も少なく経過することを確認した。貯蔵した試料は、従来の貯蔵方法による貯蔵より約3ヶ月間貯蔵期間が長いにもかかわらず、貯蔵終了時における質量減少率は約4%となり、貯蔵終了時のほう芽・腐敗の発生は認められなかった。従来の貯蔵方式においてはほう芽・腐敗の発生は避けられず、質量減少率が6%以上を示すことから本方式の有効性を確認した。

### 4. 大規模実用施設におけるジャガイモの低温高湿度貯蔵

開発した貯蔵方式を採用した「JA ようてい」所有の8,000トン規模の大型実用貯蔵庫(4,000トンづつ2室に分離)において実証実験を実施した。実験は1室、4,000トンを対象に158日間実施した。貯蔵初期においては地下ピットを利用して外気導入による冷却を行い、設定温度に達した後、冷却・加湿装置の運転に切り替える方法を採用した。実験の結果、大規模な実用施設においても貯蔵庫内の温湿度を設定値どおりに均一に制御できることが明らかとなり、ジャガイモの品質を良好な状態に保ちつつ貯蔵することが可能であることを確認している。

### 5. 低温高湿度貯蔵におけるジャガイモの品質保持向上技術

長期間低温高湿度条件下で貯蔵したジャガイモを夏期に出荷する場合、出荷前に10℃の温度条件下に4日間保持することにより出荷後のほう芽、内部褐変の発生を抑制することが可能であることを明らかにした。

また、ジャガイモに急激な低温ストレスを与えることにより、アスコルビン酸含量を2週間程度高い値に保持することが可能であることを明らかにしている。

以上のように本研究ではジャガイモの貯蔵基礎特性を把握し、これに基いた基礎実験により新規貯蔵技術を開発し、貯蔵庫の設計基準を提示している。また、実用規模貯蔵庫において、従来よりも貯蔵期間を延長することが可能であることを実証した。さらに、この技術を用いた貯蔵方法により長期間貯蔵したジャガイモの流通段階における品質維持向上技術を提案した。このように、本研究は基礎研究から新規貯蔵技術の開発、応用技術に至るまでの広範囲な研究であり、その成果は学術的に高く評価されるとともに実用施設におけるジャガイモの貯蔵および流通過程での品質維持向上に有效地に反映されることが可能であることが明らかになった。

よって審査員一同は、樋元 淳一が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。