

## 寒締め加工時におけるホウレンソウのアスコルビン酸含有量調査 Investigation of the ascorbic acid content when low-temperature treatment of a spinach

学生会員 ○菊池直紀（北見工大） 正会員 小原伸哉（北見工大） 正会員 菅結実花（北見工大）

Naoki KIKUCHI\*<sup>1</sup> Shin'ya OBARA\*<sup>1</sup> Yumika SUGA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Kitami Institute of Technology

Spinaches are typical agricultural products of the Hokkaido Okhotsk area. In addition, spinach increases its nutritional value when exposed to a low-temperature environment (7 °C or less). However, there are few reports on whether the nutritional value of spinach actually increases when the cultivation environment is 7 °C. In this paper, we measured the sugar content and ascorbic acid content of spinach when spinach was treated at low-temperature using an artificial weather device. As a result, it was clarified that the sugar content and ascorbic acid content of spinach increased about 1.5 times by low-temperature treatment for 7 days.

### はじめに

日本の食料自給率の約 20%を支える北海道では、農業就業者の減少及び高齢化が問題となっているため、植物を安定的に栽培可能な植物工場に注目した[1]。本研究では、ホウレンソウの高糖度化を目的とした、ホウレンソウの寒締め加工用植物工場の確立を目標とする。ホウレンソウは低温環境（7°C以下）に曝されると、糖度やビタミン類などの栄養価が上昇することから、先行研究では、植物工場の室温を 7°Cに設定した寒締めシステムを提案した[2][3]。しかしながら、実際に栽培環境を 7°Cにてホウレンソウの栄養価が上昇するのかについては確認できていない。そこで本稿では、水耕栽培で育てたホウレンソウを人工気象器で寒締めした際の糖度及びアスコルビン酸含量の上昇について報告する。

## 1. ホウレンソウの寒締め加工

### 1.1 寒締め加工について

寒締めとは、凍結に対して耐久性の高い葉菜類の植物を低温環境に曝すことで、土中（根域）からの水分吸収を抑制し、さらに気孔からの蒸散による植物体の含水量を減らすことで、栄養価（糖度やビタミン類）を高める栽培方法である。岡田らの研究では、地温を 7°Cに維持時した状態で栽培を行い、8日後に糖度が上昇したことを報告している[2]。そこで本稿では、上記の条件でホウレンソウが寒締めできるのかについて調査するため、栽培環境を 7°Cにして、ホウレンソウを寒締める。

### 1.2 評価方法

ホウレンソウは寒締めを施す（低温環境下に曝す）ことで葉身が引き締まり、栄養価が高まることが知られている。特に寒締めホウレンソウは、糖度とアスコルビン酸（ビタミン C）が高いことが知られている。そこで本研究

では、ホウレンソウの糖度およびアスコルビン酸含量を測定することで、寒締め具合を評価する。

また、寒締めホウレンソウは、糖度が何 Brix %以上が条件であるという具体的な定義付けがされていない。しかしながら、旭川農業試験センターでは、寒締め前後でホウレンソウの糖度が上昇し、糖度が 7Brix %以上となったものを寒締めホウレンソウとしている[4]。このことから、本稿における寒締めホウレンソウの条件は、寒締め期間中のホウレンソウの糖度上昇と、寒締め後の糖度が 7Brix %以上であることとする。

### 1.3 寒締め加工方法

本実験で寒締めさせるホウレンソウは、水耕栽培によって種から約 8 週間育てた 2 株を使用する。

ホウレンソウは周囲温度を 7°Cにすると糖度が寒締め前と比べ 2~3Brix %上昇し 8Brix %付近となる。ホウレンソウは寒締めを行い糖度が 7Brix %以上になって初めて寒締めホウレンソウとして市場に出荷される。そこでホウレンソウの寒締め実験では、人工気象器（株式会社日本医化器機製作所製、型式 NC-241HC）を用いて栽培環境を 7°Cに維持し、7 日間の寒締め加工を行う。

## 2. 測定方法

### 2.1 糖度測定

ホウレンソウの糖度を測定するための使用機器はすり鉢、ニンニクつぶし機、糖度計（株式会社アタゴ製、型式 PAL-1）の 3 つである。糖度の測定方法として、初めにホウレンソウの葉を 2~3g 採取し、すり鉢を用いて粗目にすり潰す。次に、すり潰したホウレンソウをニンニクつぶし機に入れ、ホウレンソウの水分を抽出する。この時、抽出液の中に固形物（ホウレンソウ）が混ざっていると、糖度測定の際に誤差が生じるため、抽出液内の固形物は取り除く。最後に抽出液を糖度計で測定する。

## 2.2 アスコルビン酸含量の測定

ホウレンソウに寒締め加工を施した際のアスコルビン酸含量の増加を調査するために、寒締め前(0日目)と寒締め後(7日目)のホウレンソウから試料10gを採取し、以下の方法を用いて抽出液を作成する。

初めに採取した試料10gを2mm程度に刻み、乳鉢の中に入れ、5%メタリン酸溶液(メタリン酸(富士フィルム和光純薬工業株式会社製, 規格 特級)とHPLC用蒸留水(関東化学株式会社製)の混合液)を10mL加えて5分間磨砕した。磨砕した混合液(ホウレンソウと5%メタリン酸溶液)をガラス製のコップに移し、同溶液10mLで乳鉢を洗った後、全量を合わせた。合わせた混合液を、攪拌機を用いて目盛り4の速度で1分間磨砕した。

次に、上記の方法で磨砕された混合液をコーヒーフィルターで濾過した後、抽出液6gを50mL容メスフラスコに取り、2%メタリン酸溶液で定容した。その後、SPCフィルターホルダーとエアープンプを用いて先ほど作成した混合液(ホウレンソウ, 5%メタリン酸溶液, 2%メタリン酸溶液)を濾過し、濾過後の抽出液をアスコルビン酸の測定に用いる試料液とした[5]。

続いて、高速液体クロマトグラフィー(HPLC, 株式会社島津製作所製)と分析HPLC用ODSカラム(株式会社島津ジーエルシー製, Shim-pack CLC-ODC(M))を用いて、作成した試料内のアスコルビン酸含量の測定を行う。

HPLCを用いた測定における条件を以下に記す。アスコルビン酸を測定する前に、溶離液(1%メタリン酸溶液)をカラムに流入する。この時の流速は毎分0.8mLである。カラムが完全に溶液に浸った後、試料液をカラム内に流入する。HPLCによる測定実験ではカラム温度を40℃, 吸収波長(測定波長)を242μmに設定する。この条件においてアスコルビン酸含量を測定した[5]。

## 3. 実験結果

図-1に寒締め期間中のホウレンソウの糖度の変化を示す。また、図-2に寒締め前後のアスコルビン酸含量を示す。寒締めホウレンソウの糖度及びアスコルビン酸含量を測定した結果、試料1の糖度は寒締め前後で1.53倍(寒締め前:8.0Brix%, 寒締め7日目:12.2Brix%)となり、アスコルビン酸含量は1.50倍(寒締め前:0.028g/L, 寒締め後:0.042g/L)となる。また、試料2の糖度は寒締め前後で1.57倍(寒締め前:7.2Brix%, 寒締め7日目:11.3Brix%)となり、アスコルビン酸含量は1.63倍(寒締め前:0.024g/L, 寒締め後:0.039g/L)となる。以上の結果から、ホウレンソウは栽培環境を7℃にして寒締めすることで糖度およびアスコルビン酸含量が上昇することを確認した。さらに、寒締め前後における糖度比およびアスコルビン酸含量比は、試料1で約1.5倍、試料2で約1.6倍となることから、7日間の寒締めにおけるホウレンソウの糖度とアス

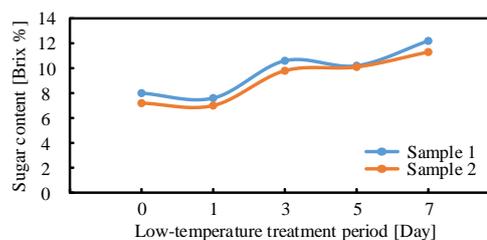


図-1 寒締め期間における糖度変化

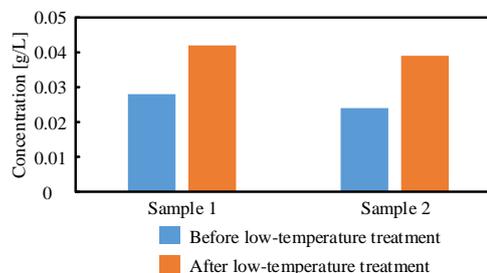


図-2 寒締め前後のアスコルビン酸含量

コルビン酸含量は似通った傾向で増加すると考えられる。

## 4. まとめ

本稿では、人工気象器を用いて栽培環境を7℃に設定し、7日間の寒締めを施した際におけるホウレンソウの糖度およびアスコルビン酸含量の測定を行った。

糖度の測定結果から、寒締め前後において試料1では1.53倍、試料2では1.57倍となることがわかった。さらにアスコルビン酸含量の測定結果から、寒締め前後において試料1では1.50倍、試料2では1.63倍となることがわかった。以上の結果から、ホウレンソウは栽培環境(ホウレンソウの周囲温度)を7℃にして7日間の寒締めすることで、寒締め前と比べて糖度およびアスコルビン酸含量が1.5~1.6倍増加することが明らかとなった。また、本実験で測定した2つの栄養素は、寒締め期間中似通った傾向で増加すると推測される。

## 参考文献

- 1) 農林水産省, “農林水産省 平成23年度 食料・農業・農村白書 第3節(2)農業就業者の動向”, pp.217-218, (2011).
- 2) 岡田益己, 井上めぐる, 青木和彦, 村井麻理, “寒締めホウレンソウの糖濃度上昇機構とその定量化”, 日本農業気象学会2006年春季大会講演要旨, 43.
- 3) Kikuchi, N., Obara, S. “Consideration of environmentally friendly spinach plant factory using Climate of Cold Region”, 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCCHE 2019), 2019, September 23-27, Sapporo, Japan, PE340.
- 4) 旭川市農業センター, “旭川市における寒締めホウレンソウの年内どり栽培マニュアル”, pp.6-7, (2014).
- 5) 谷川元一, 福森茂樹, “ホウレンソウに含まれるアスコルビン酸のホモジナイザーを用いた抽出法と試料の保存法”, 奈良県農業試験場研究報告(28), pp.43-44, 1997-03.