

様式 (二)

## 論文の内容の要旨

生物・環境工学専攻  
平成 11 年博士課程入学  
氏 名 Lorenzo Rico Gutierrez  
指導教官名 瀬尾 康久

論文題目 INFLUENCE OF PRESSURE AND TEMPERATURE STRESS DURING  
VACUUM PRE-COOLING ON THE QUALITY OF FRESH LEAFY  
VEGETABLE  
(真空予冷における圧力および温度ストレスが葉菜類の品質に与える影響)

真空予冷ではチャンバ内の圧力を下げることにより水分蒸発を促し急速に青果物を 3-5℃まで冷却する。レタス、ハウレンソウなどの葉菜類の予冷に広く使われている。真空予冷では急激な圧力および温度変化が青果物にマイナスの影響を与えることが考えられる。

### 研究の目的

本研究の真空予冷下の急激な圧力及び温度変化が青果物の品質に与える影響を明らかにすることである。

この目的を達成するために、温度と圧力の影響を分離することが要求される。そのためにハウレンソウを使い以下の実験を行った。

1. ハウレンソウの真空冷却下の温度と圧力の関係を表すための圧力変化をモデル化する。
2. ハウレンソウの品質に与える圧力の影響を分離するために、異なった圧力下で同じ温度変化履歴をつくりだす。
3. ハウレンソウの品質に与える温度の影響を分離するために、ハウレンソウを異なった初期温度下で同じ圧力条件をつくりだす。
4. 上記の実験条件下で真空予冷中およびコールドチェーンを想定した温度下でのハウレンソウの品質評価をする。

実験に使用したハウレンソウは千葉、群馬、埼玉から現地に出向き入手した。ハウレンソウは不適當に葉を摘み正常な葉のみを実験に供した。ハウレンソウは実験に供試する

前に 20℃のチャンバに 2 時間程度入れて初期温度をそろえた。ハウレンソウのビタミン C (L-アスコルビン酸) 含量の分布は同じハウレンソウでも葉によりまた葉の部位により異なるため、実験には 2 本のハウレンソウの株を使い各葉を半分に切ってそれぞれの部分を異なった実験に供した。L-アスコルビン酸はハウレンソウの品質評価の指標とした。また、ハウレンソウの呼吸速度は生理活性の指標とした。

### 研究 1 : ハウレンソウの真空予冷中の圧力変化のモデル化について

予備実験で温度・圧力、減圧速度、温度変化が品質に影響を与えることが明らかになっている。これらの要因は青果物にストレスを与え品質低下につながるものと考えられる。したがって、減圧パターンをモデル化して限界条件を決定できる可能性を検討する。

減圧パターンとして、直線 ( $y = At + B$ )、指数関数 ( $y = Ae^{-Bt}$ )、実際の減圧パターンを使った。直線と指数関数のパターンでは 2.4kPa の時点以降に設定し 30 分まで継続した。実際の減圧パターンでは最終圧力を 0.61, 0.8, 1.0kPa に設定した。

指数関数パターンの減圧は、実際のパターンに比べて最終圧力が 0.61kPa のとき品質の影響を与えた。しかし、直線パターンではビタミン C (L-アスコルビン酸) の低下は見られなかった。また、0.8, 1.0kPa においても同様であった。目減りについては実際の真空予冷の減圧パターンが最大であった。目減りはフラッシュポイント後直ちに起こる。また、累積圧力が高くなるほどビタミン C の低下が減少することが分かった。

以上から (1) ビタミン C の減少は、緩慢な減圧および最終圧力が 0.8kPa 以上では生じない。また予冷時間 (10-30 分間) では影響がない。(2) 予冷時間が長くなると目減りが大きくなる。(3) ハウレンソウの品質に影響を与える限界圧力が存在することが示唆された。

### 研究 2 予冷中のハウレンソウの品質に与える温度の因子の分離

予冷中の品質に与える温度の影響だけ分離し実験を行った結果、予冷中のハウレンソウのビタミン C 含量に影響を与えることが明らかになった。さらに、最終圧力の分布の解析から、0.653kPa 以下の圧力に限界圧力があることが示唆された。

目減りについては、初期温度の高いハウレンソウが低いものより目減りが大きいことが分かった。これは、温度低下により多くの水分蒸発が必要なことによる。また、温度の変動のみならず、圧力の変動によるハウレンソウの凍結がビタミン C の減少に関わりがあることが示唆された。

以上の結果から温度の品質に与える影響として、(1) ビタミン C は最終圧力が 0.61kPa のとき、減圧開始 2-3 分間で 15℃の温度低下によって減少する。(2) 予冷中の目減りは初期温度が高いほど大きい。(3) 最終圧力 0.6-0.635kPa の広がりがあることがビタミン C の低下に影響を与えることおよび限界圧力は 0.635kPa 以下である。

### 研究3 予冷中のハウレンソウの品質に与える圧力の因子の分離

大気圧下で実際の予冷中の温度変化を模倣することにより圧力因子だけの品質に与える影響を検討した。その結果、(1) ビタミン C は最終圧力 0.61kPa 下では減少しない (2) 圧力は温度ほど品質に影響を与えない (3) 圧力の影響は他の因子と一緒に変わったとき顕著になることが示された。

### 研究4 予冷中および流通過程の品質評価

ビタミン C 含量をハウレンソウの品質評価の指標として、真空予冷中およびその後の流通過程を想定した環境下でのハウレンソウのビタミン C 含量の変化を測定して真空予冷の流通過程の品質に及ぼす影響を検討した。

ビタミン C の減少は予冷最終圧力が 0.61kPa の場合にみられたが、0.8 および 1.0kPa ではみられなかった。いずれの圧力下でも 10, 20, 30 分間ではビタミン C のみられなかった。予冷をしないハウレンソウと最終圧力 0.61 および 0.8kPa 下で予冷したハウレンソウの呼吸速度は 50mg/kg/h であった。0.61kPa 下で真空予冷したハウレンソウの呼吸速度は、最初の 6 時間を除いて変化がなかった。5°C、6 時間の貯蔵下では呼吸速度は増加しなかったが、その後の 25°C、12 時間の貯蔵では呼吸速度は増加した。

## 結 論

研究 1 では、最終圧力 0.61kPa の真空予冷下ではハウレンソウのビタミン C が減少するが、目減りはビタミン C の減少と関係ないことが分かった。

研究 2 では、ハウレンソウの品質に影響を与える限界圧力の上限は 0.635kPa であることが分かった。また、温度の低下はビタミン C の減少に影響を与えることが明らかにされた。

研究 3 では、圧力はビタミン C の減少には関わっていないことが明らかになった。

研究 4 では、低温貯蔵中および最終圧力 0.61kPa の真空予冷下のビタミン C の減少が見られた。また、想定される流通過程では、高温の環境下でのビタミン C の低下が見られた。

結論として以下のように要約される。

予冷中の真空槽の制御は槽内の空気および蒸気の熱物性に影響を及ぼす。圧力の減少に伴って青果物の表面から蒸気が蒸発し冷却される。ハウレンソウのビタミン含量は真空予冷の平均最終圧力が 0.635kPa 以上ではあれば影響されない。温度は圧力よりビタミン C の減少に与える影響は大きい。圧力の変化は温度の変化に影響を及ぼす。真空予冷における critical parameter は圧力変化速度 (つまり温度変化速度)、外観を損ねる目減りおよびそれぞれの青果物の圧力-温度限界である。