

## 水蒸気の断熱膨脹力を用いた新しい剥皮装置 Explosion Peelerの開発

早川, 功  
九州大学農学部食品製造工学教室

<https://doi.org/10.15017/23229>

---

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 31 (2/3), pp.93-97, 1976-12. 九州大学農学部  
バージョン：  
権利関係：

## 水蒸気の断熱膨脹力を用いた新しい剥皮装置 Explosion Peeler の開発

早 川 功  
九州大学農学部食品製造工学教室  
(1976年7月19日受理)

### Development of Explosion Peeler by Utilizing Adiabatic Expansion of the Steam

ISAO HAYAKAWA  
Laboratory of Food Process Engineering, Faculty of Agriculture,  
Kyushu University, Fukuoka 812

#### 緒 言

今日、イモ類専用の剥皮装置として“Peeler”という表面摩擦式剥皮装置が作られている。その機構は、金鋼砂が塗布された大形なバケツとその内側に組込まれた強制回転用の攪拌羽根からできている。試料の表皮はバケツ中での回転により、強い表面摩擦を受けて剝離する。しかし、試料の表面に凹凸があると凹み部分が剝離されず、そのまま残り、全体を一様に剝皮することができない。その凹み部分をも剝皮すると、剝皮損失が大きくなり、それを防ぐには若干の工夫があるものと考えられる。

一方、化学的なアルカリ処理法やセルラーゼ利用法は表皮の比較的やわらかい果物などの剝皮には一部応用されているが、栗のように強じんな皮を有しているものには利用できず、この種のものの剝皮方法の開発が求められている。そのため、著者はイモ類はもちろん、栗などをも剝皮できる剝皮方法の開発、特に新しい剝皮原理の応用を考えた。

既存の剝皮機械は表面接触方式が用いられているが、本方法の特長は水蒸気のようなガス体の急激な断熱膨脹力を有効に利用することにある。すなわち、試料は剝皮機と機械的な接触作用がないため、試料の外形に関係なく、表皮のみが均一にむけるとの特長がある。そこでこの装置の名前を Explosion Peeler とした。

#### 実験装置および方法

##### (1) 剝皮原理

試料は  $P \text{ kg/cm}^2$  の水蒸気圧力で  $t$  時間加圧されると、Fig. 1 のように水蒸気は試料の表層部より  $dl$  の深さの所まで浸入する。次に、 $P \text{ kg/cm}^2$  の水蒸気圧力を瞬間的に大気圧まで低下させると、試料表層部とそれに接する内側の間 ( $dl$ ) に浸入した水蒸気は急激な断熱膨脹をする。このとき試料の表皮は、真空中に放出された風船のように膨脹して破裂する。この水蒸気の断熱膨脹力を応用した。

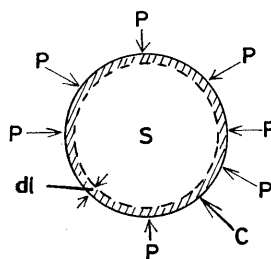


Fig. 1. Schematic diagram of a sample under the super heated steam pressure.

- dl, innermost layer of penetrated steam;
- C, cortical tissue;
- P, steam pressure;
- S, sample.

Table 1. Adiabatic expansion velocity and super heated steam pressure.

Steam pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	1	2	3	4	5	6	7	8
Expansion velocity (m/sec)	390	505	575	630	672	706	735	759

### (2) 断熱膨脹速度の推定

水蒸気は弁の開き始めと同時に、急激な断熱膨脹を開始する。この膨脹速度は、試料の移動速度と密接な関係にある。弁の開放速度がおそいと、試料は水蒸気の噴出と同時に放出され、開きかけの弁に激突して損傷を受ける恐れがあるために、弁の開閉速度を算出する上で重要である。

水蒸気の噴出速度は熱力学の基礎式(1)(上滝・西岡, 1965 a)で示される。

$$R(T_2 - T_1) = \frac{K-1}{K} \cdot \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \dots\dots(1)$$

$u_1$ : 弁が閉じているときの流速

$u_2$ : 弁が開いたときの流速

$K$ : 水蒸気の比熱比 ( $c_p/c_v=1.135$ )

$R$ : ガス常数 47.05 (相沢ら, 1966)

$T_1$ : 水蒸気速度  $u_1$  の絶対温度

$T_2$ : 水蒸気速度  $u_2$  の絶対温度

この式を用いて、大気に放出されるときの水蒸気の断熱膨脹速度を算出し、その結果を Table 1 に示す。これから明らかなように、水蒸気の断熱膨脹速度は非常に速い。

### (3) 缶体内試料の動き

缶体内試料の動きと重力の方向は直交しているので両者間には直接の関係は存在しない。したがって、試料が水平管内で浮遊するためには水蒸気(気流)から何かの形で浮力を得ているものと考えられる。

管径が比較的大きく、流速の速い場合、Einstein の関係式(2)(上滝・西岡, 1965 b)が成立するものと考えられる。

$$\Delta P = C_{L\rho} \left( \frac{u^2}{2} \right) = 0.178 \rho \left( \frac{u^2}{2} \right) \dots\dots(2)$$

$\Delta P$ : 試料上面に生じる圧力差

$u$ : 試料上面の流速

$\rho$ : 流体密度

$C_{L\rho}$ : 定数

缶内の水蒸気噴出速度がある値以上に達すると、試料上面に生じる  $\Delta P$  が試料の自重よりも大きい値に達し、試料は助走することなく、直接浮揚し水蒸気と一緒に移動し、弁を通って缶外に飛び出る。

標準的なジャガイモの自重は 120~150 g であり、

その横断面積は 45~75 cm<sup>2</sup> である。これに要する剥皮蒸気圧力は予備実験の結果、2~3 kg/cm<sup>2</sup> であった。この場合、 $\Delta P$  は約 3~9.2 g/cm<sup>2</sup> となり、ジャガイモの自重よりも大きな圧力損失を生じているものと考えられる。したがって、缶体内試料は断熱膨脹の開始と同時に浮遊し、缶体出口弁へ移動するから、出口弁は作動速度の速いものを用いる必要がある。

### (4) 実験装置

一般的に大形弁の作動速度はおそらく、数秒から数分単位である。本実験に必要な弁の開放時間は 1/50~1/100 秒で、作動時間がきわめて短かいため製作困難であった。

著者は作動方式を検討した結果、種々な点で有利な外圧作動方式を用いたピストン弁を開発した(Fig. 2)。また、この弁を操作するための大型電磁弁(パイロット方式)を製作した(Fig. 3)。これらの弁や蒸気圧力調整器およびコンプレッサーなどを用いて組み

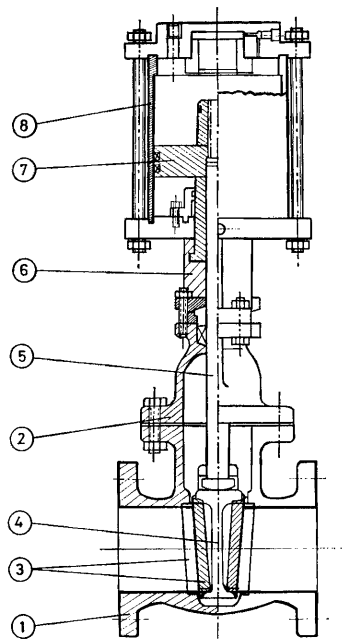


Fig. 2. Draft of trial piston valve.

① body, ② bonnet, ③ body disk seat ring, ④ disk, ⑤ stem, ⑥ yoke, ⑦ piston, ⑧ cylinder.

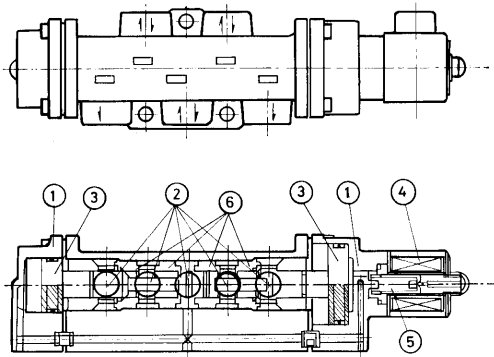


Fig. 3. Draft of trial solenoid valve.

- ① cylinder, ② spool, ③ piston, ④ coil, ⑤ plunger, ⑥ bushing.

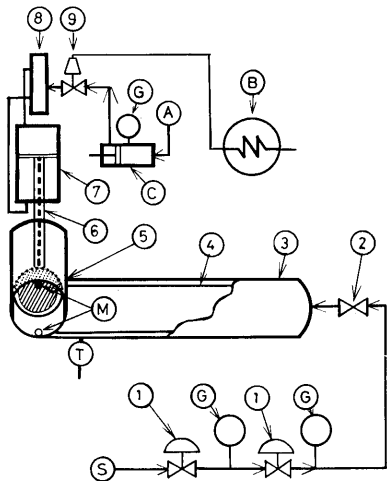


Fig. 4. Schematic diagram of a trial peeler.

- ① pressure regulating valve, ② inlet valve, ③ body, ④ screen, ⑤ body of piston valve, ⑥ stem, ⑦ cylinder, ⑧ body of solenoid valve, ⑨ solenoid valve, ⑩ steam, ⑪ pressure gauge, ⑫ microswitch, ⑬ compressor, ⑭ air, ⑮ braun tube oscilloscope, ⑯ trap.

立てた試作装置の模式図を Fig. 4 に示す。

弁の作動速度は、弁の上下端にマイクロスイッチを取り付けて、その速度をオシロスコープで測定した。

## 結果と考察

### (1) 弁操作圧力と作動速度

試作弁の作動速度は、Fig. 5 に示すように、当初の目標速度の約 1/10 の値にしか達しなかつた。弁可

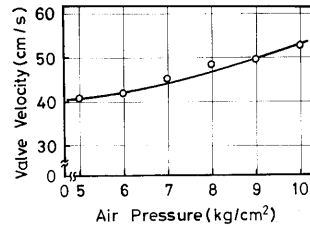


Fig. 5. Relation between valve velocity and pressure of compressed air.

動部の重量が重く、速い開閉ができなかつた。特に、ピストン並びに可動部重量は 20 kg 以上で、開閉速度 1/50 秒前後で作動することは困難であり、かつ可動部の運動量は 250 ジュールを越え、これを瞬時に吸収できる構造の開発は困難であつた。本試作弁では水蒸気圧 2~3 kg/cm<sup>2</sup> までは追従可能と思われる。しかし、それ以上の蒸気圧力下では、弁開放時に、試料が弁に激突する恐れがある。

### (2) イモ類の剥皮

ジャガイモとサトイモの剥皮について検討した結果を Fig. 6 と Fig. 7 に示した。ジャガイモは蒸気圧力 3 kg/cm<sup>2</sup> 以下で完全に剥皮できた。100%剥皮での加圧時間は、蒸気圧力 2 kg/cm<sup>2</sup> 下では 55 秒、2.5 kg/cm<sup>2</sup> 下では 40 秒、3.0 kg/cm<sup>2</sup> 下は 34 秒であつた。このように剥皮に要した蒸気圧力が低いために、試料が弁に激突することなく、損傷は全く生じなかつた。Fig. 7 から明らかなように、サトイモの剥皮効率はジャガイモと同一条件下では若干悪い。特に、サトイモの傷は外見からは良く見分け難く、剥皮すると内部にまで深く入っている場合が多い。この傷跡を完全に取り去るためには、低い蒸気圧力よりも 4 kg/cm<sup>2</sup> 位の高い圧力を利用した方が剥皮効果も大き

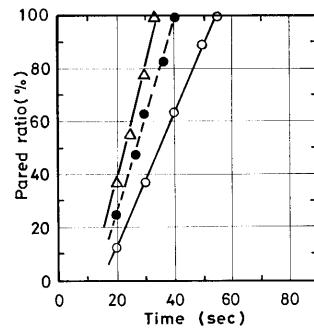


Fig. 6. Relation between pared ratio and steam pressuring time on the potato.

- 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, ●—●— 2.5 kg/cm<sup>2</sup>, △—△— 3.0 kg/cm<sup>2</sup>.

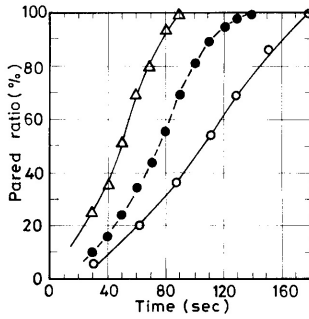


Fig. 7. Relation between pared ratio and steam pressuring time on the taro.

—○—○— 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, —●—●— 3.0 kg/cm<sup>2</sup>,  
—△—△— 4.0 kg/cm<sup>2</sup>.

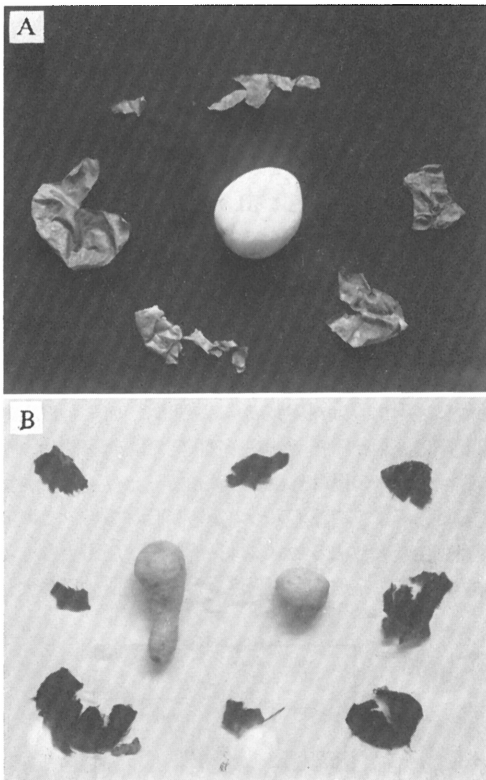


Fig. 8. Photographs of pared potato (A) and taros (B) by using present peeler.

かつた。これは、蒸気圧力が高いために、除圧時の断熱膨脹速度が 2 kg/cm<sup>2</sup> と 4 kg/cm<sup>2</sup> では約 25% の相異があるために生じたものと考えられた。これらの写真を Fig. 8 に示す。いずれも表層の外皮が一枚とれた状態で、イモの凹凸に添って剥皮されている。

本剥皮方法の特長は試料の剥皮がなめらかで、損失

が非常に少なく、かつ処理時間が短いことにある。

### (3) 栗の剥皮

栗は強じんな鬼皮に囲まれているため、この皮を人工的に剥皮する方法は今日まで開発されていない。本方法の鬼皮剥皮に対する効果について検討した結果を Fig. 9 に示す。

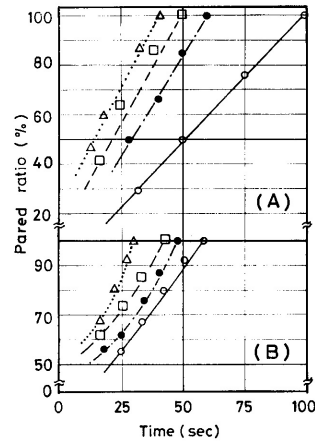


Fig. 9. Relation between pared ratio and steam pressuring time on the chestnut, and the steep effect.

(A) non steep, (B) steep. —○—○— 5.0 kg/cm<sup>2</sup>, —●—●— 6.0 kg/cm<sup>2</sup>, —□—□— 7.0 kg/cm<sup>2</sup>, —△—△— 8.0 kg/cm<sup>2</sup>.

栗はジャガイモやサトイモと比較し、約 2 倍の蒸気圧力を必要とした。

栗の鬼皮は強じんで気密性にすぐれているため、水蒸気の鬼皮透過性が悪い。したがって、栗を水に浸漬し、果皮内側における水蒸気発生を促進することを試み、比較検討した結果、浸漬により剥皮効率が増上し、加圧処理時間の短縮が認められた。特に処理圧力の低いときに効果が大きく、5 kg/cm<sup>2</sup> の下で 100% 剥皮するのに要する処理時間は、浸漬することにより約 45% 短縮された。処理圧力 6~8 kg/cm<sup>2</sup> では浸漬の効果は 5 kg/cm<sup>2</sup> のときより若干劣り、約 20% 短縮された。浸漬の有無による栗の品質変化を検討した結果、浸漬した栗の方が浸漬しない栗より、熱による果肉表層部の蒸煮進行は少なく、でき上りの品質はすぐれていた。

なお、渋皮をも剥皮するためには、蒸気圧力の高い方がすぐれていたが、処理時間は 20% 程度増加させる必要があつた。しかし、この状態でも渋皮を鬼皮の剥皮と同時に 100% 剥皮することは困難であり、鬼皮剥皮後、別の剥皮装置（表面摩擦式剥皮機など）によ

る渋皮の除去が有効であつた。

なお、この装置では弁の作動速度がおそいため、8 kg/cm<sup>2</sup>の圧力で処理すると、損傷を受けたものが40%程度生じ、弁可動部の自重の軽量化を図ることが要求された。

### 要 約

加熱水蒸気の断熱膨脹力を利用したイモや栗などの剥皮装置の開発を試み、その試作装置を使用して次の結果を得た。

1) ジャガイモはサトイモよりなめらかに剥皮できた。歩止りはいずれも良好で、ジャガイモは3 kg/cm<sup>2</sup>以下、サトイモでは4 kg/cm<sup>2</sup>以下の蒸気圧力で十分であつた。

2) 栗は5 kg/cm<sup>2</sup>以上の蒸気圧力で十分剥皮できた。剥皮効率は水に1昼夜以上浸漬することにより向上し、その品質も改善された。

以上の結果から、本剥皮方法は新型剥皮装置として十分実用化しうることが明らかになつた。

本研究は昭和50年度文部省科学研究費、奨励研究によつて実施したものである。

### 文 献

- 相沢貞治ら 1966 熱および熱力学. 津村編: 機械工学便覧. 日本機械学会, 東京, 11: 40~66 頁  
 上滝具貞・西岡富士夫 1965 a 粉粒体の空気輸送. 日刊工業新聞社, 東京, 20~37 頁  
 上滝具貞・西岡富士夫 1965 b 粉粒体の空気輸送. 日刊工業新聞社, 東京, 60~64 頁

### Summary

The author made a study of development for a new type peeler that could pare potatoes, taros and chestnuts by utilizing adiabatic expansion of super heated steam, and produced one by way of trial. The results of test on the peeler were as follows:

1) Potatos and taros are easily pared by the present apparatus, and are pared cleanly and smoothly. It is needed around 3.0 kg/cm<sup>2</sup> steam pressure to pare potatos and around 4 kg/cm<sup>2</sup> steam pressure to pare taros.

2) Chestnuts can be pared perfectly above 5 kg/cm<sup>2</sup> steam pressure by this apparatus. It is preferable to steep chestnuts in water about one day before paring.

From these results, it is cleared that the present paring model can be widely accepted as a new practical peeler.