冷凍ニンジンの素揚げによるドリップ, オイル吸収, およびカロチノイド残量に及ぼす凍結方法の影響について

平泉幸子* 東山圭子* Luh, B. S.**

EFFECT OF FREEZING METHODS ON DRIP, OIL ABSORPTION AND CAROTENOID RETENTION IN FROZEN CARROTS

Hiraizumi, S. *, Higasiyama, K. *, and Luh, B. S. **

Summary

The effect of slow-freezing at -20°C and liquid nitrogen freezing (LNF) at -196°C on drip, oil absorption, and carotenoid retention in frozen carrots was investigated. The loss of fluid on thawing as evaluated by centrifugation was 4 % in the slow-freezing samples, and 1 % in the LNF samples. The difference in drip between the two treatments may be attributed to the change in cell wall structure having the slow-freezing process at -20°C . Slow freezing causes damage to the structure and texture of frozen carrots due to crushing and tearing of the tissues during ice formation. When the frozen carrot slices were thawed at room temperature for one hour and then reach 3 %. Oil fried in salad oil at 160 to 170°C for 30 to 60 seconds, the oil absorption by the carrot tissue may absorption by the carrot slices varied with degree of thawing, time of frying, and the methods of freezing. Frying time influences greatly the quantity of oil absorbed by the carrot tissue. Carotenoid pigments in frozen carrots are quite stable. Freezing temperature does not affect the level of provitamin A in the frozen products. There was a slight decrease in provitamin content in the fried product due to the extraction of the carotenoid pigments by the frying oil. Because of the short time of frying at moderate temperature, the retention of the provitamin A in the product was satisfactory. The fried product has an attractive color, aroma and flavor.

はじめに

角切りやスライスしたニンじんは小売マーケット用として小袋詰,あるいは乳幼児食品製造業者用としてコンテナの中で冷凍している (Cruess)¹⁾ 赤い Chantenay 種のニンじんは,良質の色,きめ,風味を有するため,冷凍用として栽培している。Rahman²⁾ らはニンじんを冷

凍した場合の細胞構造への物理的な影響を調べた。 -17.8°C 凍結では細胞構造に相当な破壊を生じたが,液体窒素を使用した -196°C 凍結のニンじんにおける場合,もっとも細胞の損傷は少なかった。そしてなお高い含有水分とかたいきめを有し,遠心分離により測定した重量損失と圧力値との間には,ある相関係数が認められたとしている。Wolford と Nelson³⁾は通風冷却,フロン12,窒素ガスなどを用いたときの冷凍ニンじんのきめを比較し,フロン12では1分以内に -17.8°C に達するよ

*札幌市・宮の森脳神経外科病院

**米国・カリフォルニア大学95616

うに解凍すると、固くパサパサしていたが、窒素ガスで凍結したものや通風冷却したものは解凍後それほど硬くなかったことを報告している。しかしいずれも冷凍ニンジンにおけるドリップ量、素揚げにおけるオイル吸収、カロチノイド残量などについては詳しく述べられていない。本研究はニンジンをも -20°C 、 -196°C (窒素ガス) の2種類により冷凍してこれらの物理的な変化を調べたものである。

実験方法

(1) 凍結方法：供試ニンジンは新鮮な Royalchantenay 種4.5kgを水洗、選別、はく皮後6mm厚さの角切りにし、3分間 96°C でスチームブランチを行い、次に水冷、水切り後、 -20°C で12時間、および6分間窒素ガス凍結 (-196°C) をさせたニンジンをサラン袋に入れ、 -20°C で貯蔵した。

(2) 素揚げ：オイル吸収を調べるため冷凍試料を0, 0.5, 1.0の各時間室温で解凍し、揚げ時間を0, 10, 20, 30, 40, 50, 60秒とし、 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ のサラダ油中で加熱した。またカロチノイドとチアミン残量は同様温度のサラダ油中で30, 45, 60秒の各時間で素揚げした。附着オイルは紙により除去し、室温冷却後サラン袋に入れ1~2週間 -20°C で貯蔵した後測定した。

(3) 水分：試料の水分はAOAC⁴⁾に記載されている真空法に従った。

(4) ドリップ量：スライスしたニンジンのドリップ量は室温で1時間解凍した後、遠心分離機により500rpmでそれぞれ1, 2, 3, 4, 5分間操作した。抽出液量の中に小さな金網をいれた小容器を用いて計量し、ニンジンのドリップ量を計算した (Rahman)²⁾。

(5) オイル吸収：オイル吸収はソックスレイ抽出法 (AOAC)⁴⁾により決定した。

(6) カロチノイド：Mgo-Supercil (1:1) コラムを用い、ヘキサン中のカロチノイド分離のため使用した (AOAC)⁴⁾。溶剤は10%アルコールフリーのアセトンと90%のヘキサンの混合溶媒 (KOHで再蒸留したもの) を用いた。カロチノイド吸収は436nmで測定し、IU/100gの単位で表した。

(7) チアミン：チオクローム蛍光法 (AOAC)⁴⁾を用いた。

(8) 官能試験：解凍ニンジンを $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ のサラダ油中で0, 30, 45, 60秒間素揚げし、その色、香り、風味

は12人のグループにより1~10までの評価により決めた (Luh)⁵⁾。

実験結果および考察

(1) 1分間隔で遠心分離したのちのドリップ量をFig. 1に示す。 -20°C 凍結ニンジンのドリップ量は4%で、 -196°C の液体窒素凍結ニンジンのドリップの1%に比し4倍ほどのドリップ量の差を示した。また液体窒素による急速凍結では細胞組織の損傷が比較的少なく -20°C

Figure 1. Drip (water loss) in frozen carrot discs after centrifugation of the thawed carrots at 500 rpm for various time intervals,

凍結によるものに比べ良いきめを示した。同様の結果は Wolford と Nelson³⁾によりすでに報告されている。すなわち液体窒素、フロン12により凍結されたニンジンはかなりかたくパサパサしたきめを持ち、これを解凍し即席のスナック食品として適当であることを述べている。また Rahman ら²⁾は凍結温度は細胞破壊をひきおこす主要な要素であることを示した。

(2) 素揚げによる変化：素揚げによる重量損失、プロビタミンA、チアミン、および320nm吸収について Table 1に示した。

a) オイル吸収：凍結ニンジンは風味と香りを改善するため油中で素揚げされる。素揚げはニンジン中の水分の一部がサラダ油で置換され、風味はオイル吸収によりよくなる。室温で0, 0.5, 1.0の各時間解凍後、試料は60秒までの種々の時間により $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ のサラダ油中で素揚げされた。 -20°C 凍結と液体窒素による凍結のニンジンではオイル吸収に差異を生じ、最大のオイル吸収量は生重量の3%程度であったが、素揚げ時間の差異により吸油量は若干ばらつきがあった (Fig 2)。

b) 素揚げによる重量損失：揚げ時間を変えて $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ のサラダ油中で素揚げした場合の重量損失に及ぼ

Table 1. Effect of frying frozen carrot discs in salad oil at 160–170°C on carotenoid and thiamin retention

Sample	Time of frxing in salad oil at 160–170°C sec	Weight loss after frying %	Provitamin A value (wet basis) IU/100gm	Thiamin in fried product (wet basis) mg/100gm	Absorption peak at 324nm (cis-peak)
1	0	0.0	13953	0.050	no
2	30	13.0	15536	0.032	yes
3	45	19.0	18586	0.040	yes
4	60	24.0	15886	0.040	yes

Fig. 2. Oil absorbed rate of fried frozen carrot in various time

す影響をみると、素揚げ時間を30秒より60秒にした時の重量損失は13%より24%に増加した。これはサラダ油中での加熱のためニンジンからの水分蒸発によるためであった。

c) カロチノイド：揚げ時間30, 45, 60秒の各時間とし160–170°Cのサラダ油中で素揚げした。素揚げ時間の増加とともにニンジンのβ-カロチノイドの吸光度は少しの増加が見られる。この現象は素揚げによりニンジンからの水分が蒸発したためであり、カロチノイド濃度の増加が説明される。また実際には all-trans β-カロチンの cis 型への部分的変換があった。これは吸光度測定により素揚げニンジン中に、324 nm の cis 型のピークが証明された (Fig 3)。カロチノイドの強烈な色はスペクトル曲線があるかたまった帯状を示し、400~500nm 領域での強い吸光作用により生ずるものである。もし、これが振動的微細構造を示すものであるなら、多くの場合3個の最大値または2個の最大値と1つの肩が最大強度をもつ中位のピークと共に現われる。all-transカロチノイドが cis-trans isomer 混合物に変る時、色の強さは減少する (zechmeister)⁹⁾。all-trans の cis 型への再編成の間、スペクトル曲線は変化する。すなわち吸光値と微

Figure 3. Absorption spectrum of carotenoid from frozen carrots after frying in salad oil at 160–170°C for 60 seconds. The cis peak appeared at 324nm.

細構造の値は減少するが、一方、最大値は短波長側へ移行する。

d) チアミン：サラダ油中で解凍ニンジン素揚げした時のチアミン残量を Table 1 に示す。解凍ニンジンが160~170°Cのサラダ油中で30秒以上素揚げされると

き、チアミンはわずかな減少があった。これは素揚げによりニンジン組織から細胞液の除去があったためである。チアミンは水溶性であり、水分が素揚げにより繊維より排出される時、チアミンはわずかな減少があった。これは素揚げによりニンジン組織から細胞液の除去があったためである。チアミンは水溶性であり、水分が素揚げにより繊維より排出される時、水と共にニンジンと離れる傾向を持っている。またこの減少に対する説明は高温によるチアミンの熱的分解である。栄養学的観点からすると素揚げは熱に不安定なビタミンがわずかながら減少し、望ましくないことと思える。

e) 官能試験：素揚げされた解凍ニンジンの官能試験を Table 2 に示す。素揚げ時間の増加は色彩のわずかな減少をきたした。しかしコントロールされたものに比し素揚げしたものは味と香りに、より高い評価を得た。揚げ時間が30秒と45秒のものが160—170℃の温度で素揚げ

るドリップ量の差異は緩慢凍結による細胞構造の変化のためであろう。緩慢凍結は氷晶生成の間、繊維のひきさき、つぶれなどのため冷凍ニンジンの繊維構造やきめに損傷を与える。冷凍ニンジンのスライスを1時間室温で解凍したのち、160—170℃のサラダ油で30秒から60秒間素揚げされたとき、ニンジン組織に吸収されたオイルは3%に達する。素揚げ時間はニンジン組織への油の吸収に対し非常に影響している。all-trans β -カロチンのcis型への部分的な変換は、油で素揚げするために起こると考えてよい。このことは素揚げ後に324nmの吸収ピークが現れることによって明らかである。ニンジンのチアミン量は素揚げにより細胞液の損失と熱的分解のためわずかながら減少した。官能試験は解凍ニンジンの揚げ時間を30秒から45秒とし、160—170℃の温度で素揚げすることにより最もよい評価が得られた。

REFERENCES

- 1) Cruess, W. V. 1958. Commercial Fruit and Vegetable Products, 4th ed. McGraw Hill Book Co., New York, N. Y.
- 2) Rahman, A. R., Henning, W. L., and Westcott, D. E. 1971. Histological and Physical changes in carrots as affected by blanching, cooking, freeze-drying, and compression. *J. Food Sci.* **36**, 500.
- 3) Wolford, E. R., and Nelson, J. W. 1971. Comparison of texture of carrots frozen by airblast, food freezant-12 and nitrogen vapor. *J. Food Sci.* **36**, 959-961.
- 4) AOAC. 1970 Official Methods of Analysis, 11th ed. Assoc. Offic. Anal. Chemists, Washington, D. C.
- 5) Luh, B. S., Antonakos, J., and Daoud, H. N. 1969. Chemical and quality changes in strained carrots canned by the aseptic and retort processes. *Food Technol.* **23**(3), 103-107.
- 6) Zechmeister, L. 1962. Cis-Trans Isomeric Carotenoids, Vitamin A and Arylpolyenes. Academic Press Inc., New York, N. Y.

Table 2. Sensory evaluation of frozen carrot slices fried salad oil at 160—170℃ for various time intervals

Sample	Frying time sec.	Average Color	sensory Aroma	score* Flavor
1	0	8.7	6.0	6.2
2	30	6.7	7.0	6.3
3	45	5.8	7.0	7.3
4	60	5.0	7.2	7.7
L. S. D.	(p=.05)	0.9	0.8	1.0

* scored by a panel of 12 persons on a 1 to 10 scale: excellent, 9—10; good, 7—8; fair, 5—6; poor, 3—4; very poor, 1—2.

げた場合に官能評価は最も良かった。香りの改善としては素揚げはいくつかの揮発性化合物の除去と香りの化合物が生成されるためであるとされて良い。風味についても、ニンジン組織へのサラダ油の吸収はよい結果をもたらしている。

要 約

Royalchantenay種のニンジンを用い-196℃液体窒素の急速凍結と-20℃緩慢凍結がドリップ量、オイル吸収量、カロチノイド残量に及ぼす影響を調べた。遠心分離により測定された解凍時のドリップ量は緩慢凍結で4%、液体窒素凍結で1%であった。この2つの方法によ