ランダム・セントロイド最適化法を用いた真空調理法による肉じゃがの最適減塩調理条件の検討

後藤昌弘*・西村公雄**・中井秀了***

(*高知女子大学生生活科学部, **同志社女子大学生生活科学部, ***ブリティッシュ・コロンビア州立大学)

Search of Optimum Reduced Salt Cooking Condition on Nikujyaga by Vacuum Cooking Using Random Centroid Optimization.

Masahiro Goto*, Kimio Nishimura**, Shuryo Nakai***

*Kochi Women's University, 5-15, Eikokuji-cho, Kochi, 780-8515

**Doshisha Women's College of Liberal Arts, Genbu-cho, Imadegawa, Kamigyo-ku, Kyoto 602-0893

***University of British Columbia, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada

* 〒780-8515 高知市永国寺町 5 - 15

**〒602-0893 京都市上京区今出川通寺町西入玄武町 602

The optimum cooking conditions for low-salt Nikujyaga prepared by vacuum cooking were determined by using the random centroid optimization (ROC) method. The quantities of the seasoning for vacuum cooking were selected with reference to eight popular cooking books and decided the heating time were 40 min at 100℃ by ranking test. The low-salt Nikujyaga made by vacuum cooking was preferred by scoring method, so the optimum condition for vacuum cooking were investigated by RCO search regarding the two factors of soy sauce weight and sugar weight in the constant concentration of bonito broth seasoning.

The optimum soy sauce weight and sugar weight in the stock were 16.6g and 4.2g, respectively, from the overall preference score. The amount of salt was reduced by 33% compared with ordinal cooking under these conditions. In the same way, it was investigated regarding three factors of soy sauce weight, sugar weight and bonito broth seasoning powder weight. The optimum soy sauce weight, sugar weight and broth powder weight were 13.4g, 5.5g and 1.7g, respectively. The amount of salt was reduced by 38% compared with ordinal cooking under these cooking conditions.

1. 緒 言

従来、経験や勘で求められてきた相互関係のある因子の最適条件を簡便に得る方法の一つに Random Centroid Optimization Method^{1~5)} (ランダム・セントロイド最適化法, 以下 RCO 法と略す) がある。一方, 真空調理法^{6~8)}は従来の調理法とは異なった食感の料理を提

供することができると注目されている調理法の一つである。これまでに筆者ら^{9,10)}は真空調理法には調味液をしみこませる料理が適することを報告している。なかでも, 肉じゃがは, 調味液の塩分濃度を設定して調理すれば, 真空調理法の特性が利用でき, 食味の良い減塩効果が期待できる。そこで, 本研究では真空調理法による肉じゃがの最適減塩調理条件を RCO 法を用いてできるだけ少

ない回数で決定することを試みた。

2. 実験方法

1) 材 料: ジャガイモは、北海道産「男爵薯」(1個の平均重量120g, デンプン含量約19%), ニンジン(「向陽」, タマネギは「もみじ」を用いた。これらは、高知市内小売業者から購入した。牛肉は、高知市内精肉店で購入した牛肉(薄切り, 赤身)を用いた。調味料の上白糖(三井製糖製), 本醸造濃口醤油(キッコーマン製), カツオ風味調味料(味の素製)は、市販品を購入した。真空包装は、市販の真空包装用プラスチック袋(HN105, 旭化成製, 28.4cm×18.0cm)を用いた。

2) 調理方法: ジャガイモは、剥皮後一口大(約3cm角)に切り、水に浸漬した後、水気を切った。ニンジン, タマネギは剥皮後、一口大(それぞれ約3cm角), 牛肉も一口大(5cm程度)に切った。

肉じゃがは、真空包装用プラスチック袋に上述のように調製したジャガイモ190g, ニンジン90g, タマネギ90g, 牛肉75gと調味液160g(水130.9g, 醤油19.5g, 砂糖8.4g, 風味調味料1.2g)を入れて真空包装し、スチーム・コンベクションオーブン(FMI製CF-43M)を用いて100℃で加熱調製した。なお、調味液中の調味料の量は、市販の料理書8冊^{11)~18)}の条件の平均値と風味調味料の使用法に記載された基本濃度を真空包装用袋に入る最大量に換算して決定した。これを以後一般的調味液という。

真空包装は、真空包装機(東静電気製 V-303G)を用い、真空度を96%(-730mmHg)以上になるように設定した。

まず、適当な加熱時間を求めるため、この調理条件で20, 30, 40分加熱し、冷水中で急冷後、冷蔵庫で一夜放置したものを10分間スチーム・コンベクションオーブン(100℃)で再加熱し、官能検査に供した。供試時の品温は約45℃であった。この官能検査結果から加熱時間を決定した。

次に最適減塩調理条件を検討するため、先に調製したものと同重量の野菜及び肉を真空包装用袋に入れ、RCOプログラムで設定された重量の調味料と水を合わせて160gを調味液として加え、所定時間加熱調理後、一夜冷蔵庫で放置した。以後これを真空調理品肉じゃがという。

また、先に示した一般的調味液とRCO法で得られた最適条件の調味液それぞれに切った全材料を加えて鍋に入れ、火にかけ約20分間煮る普通調理を行った。以後、

前者を普通調理品肉じゃが、後者を減塩普通調理品肉じゃがという。

3) RCO法: 減塩最適条件の検索は、中井ら^{1,2)}が作成したプログラムを用いて、まず、風味調味料重量は一定(1.2g)にし、醤油重量, 砂糖重量の2つを条件として、パーソナルコンピュータによって調理条件数値をランダムに設定させた。条件範囲は醤油重量0~19.5g, 砂糖重量0~8.4gとした。最初の条件設定(ランダムサーチ)では、9個の条件が出されたので、これに従って調理をし、官能検査を実施、総合評価の平均値を応答として入力した。9個の総合評価平均値の入力により、2個の条件が追加された(セントロイドサーチ)。さらに、これらの条件で調理と官能検査を行い、その結果を入力して前報^{4,10)}に準じてマッピング法¹⁾により最適値を探索した。なお、各調理で得られた評価は、平均値±標準偏差で示した。

次に、風味調味料重量(0~3.0g), 醤油重量(0~16.6g), 砂糖重量(0~8.4g)の3つを変動条件として同様にRCO法で条件を求めた。

また、最高点であった実験点の評点と各実験点で得られた評点間の有意差検定はt検定による。

4) 官能検査: 加熱時間の検討は、高知女子大学食物栄養学科学生28人をパネルとして、外観, 香り, 味, 口当たり, 総合評価の5項目について順位法で行い、ケンドールの一致性係数で有意差を検定した。なお、具材は1片ずつすべて提示したが評価はジャガイモについてのみ行わせた。

RCO法による調理条件の検討では同学科女子学生20名をパネルとして、外観, 香り, 味, 総合評価の4項目について評点法で官能検査を行ったが、RCO法への応答としてはより実際の食味評価に近い総合評価のみを取り扱った。なお、評価は普通調理品肉じゃがを標準として、1点(非常に悪い)から7点(非常に良い)で採点する7点法とした。

5) 肉じゃがの調味溶液及び具材中の塩分測定: 普通調理品肉じゃが、減塩普通調理品肉じゃが及び真空調理品肉じゃがについて、調味溶液はそのまま、具材は一定量の蒸留水を加え、ワーニングブレンダーで磨砕したる液について沈殿滴定法¹⁹⁾でCl量を求め、食塩量に換算した。

3. 結果及び考察

(1) 最適加熱時間の検討

加熱40分は外観, 味, 口当たり, 総合評価で最も好ま

れた (Table 1). 一方, 加熱20分は香りを除くすべての項目で最も好まれなかった. これは, 加熱時間が短いものは, 煮くずれておらず, 味のしみ込みも良くなかったのに対し, 40分加熱は適度の煮くずれがあり, 味のしみ込みが良かったためと推察される. これらの結果から, 以後の実験では加熱時間を40分とした. なお, 予備実験として50分加熱も行ったが, 煮くずれが大きいためここでは除外した.

Table 1 Results of the ranking test Nikujyaga samples prepared by vacuum cooking to determined the heating time.

Heating time (min.)	20	30	40	Coefficient ^{a)}
Appearance	67	58	43	0.188**
Flavor	64	54	50	0.066
Taste	62	67	39	0.284**
Texture	64	66	38	0.311**
Overall evaluation	63	69	36	0.394**

The vacuum cooking conditions were selected from the average values from eight cooking books. Heating temperature was 100℃. Each value shows the total number of ranking. The number of panelists was 28.

^{a)} : Kendall's coefficient of concordance. The values marked with ** is significantly difference at the $p < 0.01$ levels.

(2) RCO 法による最適減塩調理条件の検討とその減塩効果

まず, 風味調味料重量を一定, 醤油及び砂糖重量の2つを要因とした場合に RCO 法によって得られた各実験点の醤油重量と砂糖重量及び官能検査の総合評価の評点の平均値と標準偏差を Table 2 に示した. また, 最も評価の良かった実験点11と他の実験点の間の有意差検定の結果を表中に示した.

実験点 No.1~9はランダムサーチで設定されたもので, その条件で調製した肉じゃがの総合評価の評点は2.0~4.0の範囲であった. これらの評点を入力して得られたのが実験点 No.10, 11でこれをセントロイドサーチ⁵⁾と呼ぶ. ここで得られた条件で調製した肉じゃがの評点3.5, 4.0を加えた合計11点の評点から醤油重量及び砂糖重量の最適値をマッピング法により求めた. Fig. 1-A は評点と醤油重量の関係を, Fig. 1-B は評点と砂糖重量の関係を RCO プログラムによってプロットし, 最適値を探索したものである. 矢印が最適点を示している. 両図とも実験点11が最適値となり, 醤油重量は16.6g, 砂糖重量は4.2gであった.

この最適条件で調理した真空調理品肉じゃがと減塩普

Table 2 Vertices obtained by the RCO method and sensory evaluation scores.

Vertex. No.	Soy sauce weight(g)	Sugar weight(g)	Overall preference score(n=20)
1	5.9	8.2	2.8±1.15**
2	1.1	0.4	2.0±1.12**
3	15.5	4.6	3.4±0.81*
4	6.2	2.7	2.3±0.83*
5	14.6	2.3	3.0±0.89
6	19.3	1.3	3.7±0.81
7	5.2	4.3	2.6±0.50**
8	17.7	3.8	4.0±0.92
9	4.7	7.4	2.2±0.83**
10* ¹	18.5	2.5	3.5±0.89
11* ¹	16.6	4.2	4.0±1.12

Each value for the overall preference score is the mean ± SD. Statistical significance shown by * and ** is at the $p < 0.05$ and 0.01 levels, respectively, when compared with the overall evaluation scores at Vertex 11 by a t -test. *¹ Centroid points from the first cycle.

通調理品肉じゃが並びに一般的調味料で調理した普通調理品肉じゃがの3種について, 調味溶液及び具材の塩分濃度を比較した (Fig. 2). 具材ではいずれも真空調理品肉じゃがの塩分濃度が最も低くなっていた. 全具材をあわせて比較すると普通調理品肉じゃがの塩分量を100とした場合, 減塩普通調理品肉じゃがが82, 真空調理品肉じゃがが67となった. このことから, この最適条件で真空調理を行うと普通調理品に比べ約33%の減塩効果が得られることがわかった.

次にさらに減塩することを目的に醤油重量は先の実験の最適値であった16.6g, 砂糖重量は一般的調理条件の8.4g, 風味調味料は, 減塩してもうま味があればおいしく感じられることから一般的調理条件よりも多い3.0gを上限値とし, 醤油, 砂糖, 風味調味料重量の3つを変動条件とした. この場合に得られた各実験点の条件と官能検査の総合評価の評点の平均値と標準偏差を Table 3 に示した. Table 2 と同様に No.1~9がランダムサーチ, 10, 11がセントロイドサーチである. この結果を用いて同様にマッピング法で最適値を求めた. Fig. 3-A が評点と醤油重量, B が評点と砂糖重量, C が評点と風味調味料重量の関係を RCO プログラムによってプロットし, 最適値を探索したもので, 矢印が最適値を示している. いずれの図も No.11が最適値となり, 醤油重量は13.4g, 砂糖重量は5.5g, 風味調味料重量は1.7gであった.

先と同様に, この最適条件で調理した真空調理品肉じ

Fig. 1 Mapping results of the soy sauce weight and sugar weight in the seasoning solution generated by random centroid optimization.

A : Soy sauce weight, B : Sugar weight

The arrow indicates the optimum points.

Fig. 2 Comparison of the salt content in the seasoning solution and ingredient cooked by ordinal cooking and low-salt vacuum cooking.

The conditions for ordinal cooking were the average values of eight popular cooking books. Ordinal cooking A was cooked by the same concentration of vacuum cooking A.

*1 : before cooking *2 : after cooking

ゃがとこれと同じ調味料濃度で調理した減塩普通調理品肉じゃが並びに一般的調味料で調理した普通調理品肉じゃがの3種について、調味溶液及び具材の塩分濃度を比較した (Fig. 4)。具材ではいずれも真空調理品肉じゃがの塩分濃度が低かった。また、全具材の塩分量は普通調理品肉じゃがを100とした場合、減塩普通調理品肉じゃがでは70、真空調理品肉じゃがでは62であった。このことから、この最適条件の真空調理品では38%の減塩が

できることがわかった。

一般に1日の食塩量が普通食の2/3以下を減塩食と言っているが、今回の実験では2つの実験とも30%以上の減塩がなされており、減塩効果が期待できる。また、一般に減塩すると味が薄く感じられ、食味評価は低下するが、真空調理品の場合、普通調理を基準として行った官能検査で評点が4.0及び4.4であったことから、普通調理品とほとんど差がないと考えられ、減塩しても食味が低

Table 3 Vertices obtained by the RCO method for three factors and sensory evaluation scores.

Vertex No.	Soy sauce weight (g)	Sugar weight (g)	Stock essence weight (g)	Overall preference score (n=20)
1	5.4	3.4	1.6	2.8±1.00*
2	15.5	5.5	1.8	4.2±0.89
3	1.8	5.4	0.3	1.6±0.69**
4	2.0	8.0	2.6	2.7±0.59**
5	1.4	0.1	2.5	2.1±0.69**
6	3.0	0.6	2.1	1.8±0.55**
7	13.5	7.6	0.2	3.4±0.75**
8	11.3	3.3	3.0	4.0±1.00
9	13.6	5.7	1.3	3.5±1.28
10	13.5	4.8	2.0	4.1±1.25
11* ¹	13.4	5.5	1.7	4.4±0.99
12* ¹	14.2	6.3	1.1	4.3±1.25

Each value for the overall preference score is the mean $\pm$ SD.

Statistical significance shown by * and ** is at the $p < 0.05$ and 0.01 levels, respectively, when compared with the overall evaluation scores at Vertex 11 by a t -test. *¹ Centroid points from the first cycle.

Fig. 3 Mapping results of the soy sauce weight, sugar weight and bonito broth seasoning powder weight in the solution generated by random centroid optimization.
A : Soy sauce weight, B : Sugar weight, C : seasoning powder weight
The arrow indicates the optimum points.

Fig. 4 Comparison of the salt content in the solution and ingredient cooked by ordinal cooking and low-salt vacuum cooking.

The conditions for ordinal cooking were the average values of eight popular cooking books.

Ordinal cooking B was cooked by the same concentration of vacuum cooking B.

*1 : before cooking *2 : after cooking

下することはないと推察される。

これらの結果から、真空調理は減塩食の調理法としても有効であることが RCO 法を用いて少ない実験回数でわかった。

4. 要 約

真空調理による肉じゃがの最適減塩調理条件をランダム・セントロイド法 (RCO 法) を用いて最少実験回数で決定することを試みた。

肉じゃがは、プラスチック袋に一定量の野菜 (ジャガイモ, タマネギ, ニンジン) と牛肉及び調味液を入れ、真空包装し、スチームコンベクションオーブンをを用いて 100℃ で加熱した。まず、一般的配合の調味料を用いて 20, 30, 40 分加熱し、官能検査 (順位法) で最も好まれる調理時間を調べた。その結果は 40 分であった。

次に、加熱時間 40 分、加熱温度 100℃、風味調味料重量を一定 (1.2g) として醤油重量 (0~19.5g) 及び砂糖重量 (0~8.4g) の 2 つを要因として RCO プログラムによって示された条件で調理を行い、官能検査の総合評価が最も高くなる条件を求めた。この場合、醤油重量 16.6g, 砂糖重量 4.2g が最適条件で、普通調理品 (一般的配合の調味料で約 20 分間鍋で煮たもの) と比べ約 33% の減塩効果があった。また、官能検査の総合評価は、普通調理品肉じゃがと比べほとんど差がなかった。

さらに、醤油重量 (0~16.6g), 砂糖重量 (0~8.4g),

風味調味料重量 (0~3.0g) の 3 つを要因として RCO プログラムで同様に調理条件を求めた。その結果、醤油重量 13.4g, 砂糖重量 5.5g, 風味調味料重量 1.7g が最適条件であった。この時は普通調理品と比べ 38% の減塩効果があった。この場合の官能検査の総合評価も普通調理品肉じゃがと比べほとんど差がなかった。

これらの結果から、真空調理は、肉じゃがの食味を低下させずに減塩効果を得られることが RCO 法を用いて少ない実験回数でわかった。

文 献

- 1) Nakai, S., Koide, K. and Eugster, K. : *J. Food Sci.*, **49** : 1143-1148, 1170 (1984)
- 2) Nakai, S. : *J. Jpn. Soc. Biorheol.*, **4**, 143-152 (1990)
- 3) Dou, J., Toma, S. and Nakai, S. : Random-centroid optimization for food formulation. *Food Res. Int.* **26**, 27-37 (1993)
- 4) 西村公雄, 後藤昌弘, 今津屋直子, 中井秀了 : 日本調理科学会誌, **30**, 9-16 (1997)
- 5) Nishimura, K., Imazuya, N. and Nakai, S. : *Food Sci. Technol. Int. Tokyo*, **4**, 18-24 (1998)
- 6) 脇 雅代 : 調理科学, **22**, 190-202 (1989)
- 7) 工業技術会 : おいしい食品開発技術, 研修社, 東京, 486-507 (1991)
- 8) Ghazala, S. : *Sous vide and cook-chill processing for the food industry*, Aspen Publishers, Gaithersburg, p.25-56 (1998)
- 9) 後藤昌弘, 橋本和弘, 山田喜八 : 日食科工誌, **42**, 50-54 (1995)

- 10) 後藤昌弘, 彼末富貴, 西村公雄, 中井秀了: 家政誌, 51, 251-255 (2000)
 - 11) 医歯薬出版(編): 高血圧・心臓病の食事療法, 医歯薬出版, 東京, p.38 (1992)
 - 12) 玉川和子, 口羽章子, 松下ツイ子: 臨床栄養学実習書(第7版), 医歯薬出版, 東京, p.38-42 (1996)
 - 13) 水野弥千子, 水野綾子: さあ始めよう!! おいしい糖尿病レッスン, 朝日出版, 東京, p.62-64 (1987)
 - 14) 有本葉子: 基本おかず百科 Best 235品, 鎌倉書房, 東京, p.72-73 (1994)
 - 15) 為後喜光: 為後喜光のお料理はじめて, 家の光協会, 東京, p.64-65 (1993)
 - 16) 久松有子: 組合せ自由 簡単おかずでおいしい献立, 群羊社, 東京, p.24 (1991)
 - 17) 村上昭子: 簡単・ヘルシー和風おかず, 講談社, 東京, p.82 (1992)
 - 18) 阿川佐知子: non-no お料理基本大百科, 集英社, 東京, p.118-119 (1992)
 - 19) 川端晶子編: 新版身近な食べ物の調理学実験, 建帛社, 東京, p.37 (1993)
-