

研究ノート

味噌汁の作り方の違いがフラン量低減に及ぼす影響

箭田 浩士*

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所
〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

Heating conditions effect the furan amounts in cooked miso soup.

Hiroshi Yada*

National Food Research Institute (NFRI), National Agriculture and Food Research Organization (NARO)
2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan

Abstract

Furan is classified by the International Agency for Research on Cancer as a Group 2B carcinogen “possibly carcinogen to humans”. It is contained in many processed foods and cooked foods at low levels which are determined by the balance of degrees of vaporization and generation of furan during heating processes.

Three heating conditions were applied to miso soup cooking. The conditions without heating after miso addition were indicated the lower furan amounts than the condition of with heating upto 95°C after miso addition. All cooking were carried out using the pot for home without lid. Based on this result, the furan amounts in cooked miso soup are able to reduce without heating after miso addition.

Keywords: furan, heating condition, miso, miso soup

和 訳

多くの加工食品や加熱調理された料理に低濃度存在することが知られているフランは、国際がん研究機関においてヒトに対して発がん性がある化学物質に分類されている。フランは揮発性が高い反面、加熱により容易に生成することがあるため、加熱処理食品からの摂取量をより精確に見積もるためには、加熱調理過程での挙動を把握する必要がある。

本研究では、味噌を加えた後の加熱操作が異なる3つの条件で調理した味噌汁のフラン量を調べたところ、味噌を加えてから加熱しない条件では、味噌を加えてから加熱する条件に比べてフラン量が少ないことが明らかになった。家庭で使われる鍋で蓋を用いずに実施した試験の結果から、味噌の加え方によって味噌汁のフラン量を低減できることが明らかになった。

キーワード：フラン，加熱調理，味噌，味噌汁

* 連絡先 (Corresponding author), yada33@affrc.go.jp

緒言

食品に含まれるフランの問題は、2004年にFDA（米国食品医薬品局）が缶詰や瓶詰等の加熱処理された食品にそれまで考えられていたよりも多くのフランが存在すると発表した¹⁾ことにより、広く知られるようになった。フランは分子式 C_4H_4O 、分子量68で、沸点が31.2℃の揮発性の高い芳香族化合物である。フランはHHS（米国保健社会福祉省）の発がん性物質のリストに記載されていて、IARC（国際がん研究機関）のリストでは「ヒトに対して発がん性を持つ可能性がある（2B）」に分類されている。日本においては、農林水産省が開示している「食品安全に関するリスクプロファイルシート」ⁱⁱ⁾や食品安全委員会が公表している「フランのファクトシート」ⁱⁱⁱ⁾により、フランの有害性や国内市販食品の汚染実態に関する情報が公開されている。

2004年のFDAの発表後、世界各国で食品中のフランについて調べられ、レトルト殺菌された食品以外にも比較的高濃度のフランを含む食品が存在すること、低濃度のフランはかなり広い範囲の食品に存在していること、家庭における加熱調理によってもフランが生成することなどが報告された¹⁾²⁾³⁾。日本においても、個別の食品や摂取量の実態について調べられており⁴⁾ⁱⁱ⁾筆者らはトータルダイエツトスタディを実施して、分析した17食品群から摂取するフラン量の7割を調味料及び香辛料類と嗜好飲料類の2群が占めていると推定した⁵⁾。フラン摂取に寄与の大きい調味料及び香辛料類の中で、日本を代表する調味料であり加熱調理に用いられることの多い味噌に注目して、家庭調理に準じた条件で味噌汁中のフランの挙動を調べ、100℃以下の加熱や保温によってフランが生成し、気密性の高い鍋を用いて加熱と保温を繰り返すとフラン量が2倍以上に増加することを報告した⁶⁾。

そこで、本報告では、味噌を加えた後加熱せず、温度を低く制御することにより、味噌を加えてから一煮立ち（沸騰の直前）するまで加熱するよりもフランの生成量を抑えることができるかどうか明らかにすることを目的とした。味噌を加えた後の加熱が異なる条件、及び異なる温度で味噌を加えた後に加熱しない条件を用いて味噌汁調理を行い、調理後の味噌汁のフラン量を調べて、フランの摂取量を低減する調理法を検討した。

実験方法

(1) 調理材料及び調理器具

本試験では家庭調理に準じた調理材料と調理器具を用いて実施した。味噌、豆腐はいずれもセブンプレミアムプライベートブランドの「田舎こうじみそ」、「丸大豆・水・にがりで作った絹豆腐」（充填絹ごし豆腐）を用い、だしには味の素社製の「ほんだし」（粉末ダシ）を用いた。調理にはミリQ水（ミリポア社製装置で精製）を使用した。加熱にはIH調理器（KZ-PH5、パナソニック製）を用い、調理容器はアルマイト製片手鍋ロレッタIH（直径18 cm、容量1.9 L、ナンセンジャパン株式会社製）を用いた。味噌汁の温度は棒状水銀温度計を用い、球部が鍋の中心から3 cm外側の底面から1 cmの高さに位置するように設置して測定した。

(2) 調理方法

味噌を加えた後の温度について、以下の3条件を設定した。

調理条件A 味噌を添加後に95℃まで加熱

豆腐を加えた後に再び95℃になった時点で加熱を継続したままで味噌を加え、下降した温度が再び95℃になった時点で加熱を停止し、完成とした。この調理条件は味噌を加えて一煮立ちさせる（沸騰直前まで加熱する）前報⁶⁾の調理条件に準じて、再現性を高める目的で調理終了の温度を95℃に設定した。

調理条件B 95℃で加熱を止めて味噌を添加

豆腐を加えた後に再び95℃になった時点で加熱を停止して味噌を加え、完成とした。

調理条件C 加熱を止め90℃まで待つて味噌を添加

豆腐を加えた後に再び95℃になった時点で加熱を停止し、90℃まで下がるのを待つて味噌を加え、完成とした。

調理の1反復は、当日に均質化した味噌（添加時には室温）を用いて同日に実施し、4反復はそれぞれ実施順番を変えて行った。調理の手順は以下の通り。

鍋に入れたミリQ水（600 mL）をIH調理器により6分間加熱して蓋を外し、湯温が95℃になった時点で粉末ダシ4 g、豆腐300 g（約1.5 cm角に切った64片）を投入した。再び95℃になるまで加熱し、前述した3条件で味噌を加えた。いずれの条件においても味噌48 gをステンレス製の味噌溶き棒と味噌溶き網を用いて溶き入れた。なお、加熱は全てIH調理器の最高出

力で行い、加熱開始から6分後に蓋を外した後は蓋を使用せず、解放条件で実施した。

(3) サンプリング方法

調理師養成教育全書⁷⁾の食べ物のおいしい温度帯(味噌汁は60~68℃)を参考にして、本実験では味噌汁を喫食する温度を70℃及び60℃に設定した。すなわち、調理終了後は鍋をIH調理器上に蓋をしないで静置した状態とし、完成直後と、味噌汁が70℃及び60℃になった時点でサンプリングを実施した。味噌汁からのフラン摂取量を評価するために、汁サンプルは鍋から液体部分をピストンマイクロピペッターで5 mLずつ3点、豆腐は1片を箸でポリプロピレン容器に取り、箸で細断して約5 gずつ3点を採取した。それぞれヘッドスペースバイアルに手早く採取して、クリンパによりテフロンライナー付シリコンゴムセプタムを備えたアルミ蓋を締め付け密閉した。ヘッドスペースバイアルはアルミ蓋とセットにして予め風袋を量っておいたものを用い、密閉後に室温まで冷めてから秤量して試料量を求めた。

(4) 分析試薬、分析方法及び分析条件

試料中のフラン濃度の分析は前報⁶⁾と同様の方法で、以下の通り実施した。

分析に用いたフラン標品は和光純薬製のフランー級(純度98%以上、安定剤として約0.03%の4-methyl-2-tert-butylphenolを含む)を、内標準のフラン-d₄はIsotec Inc. USA製の重水素標識フラン(重水素化率98 atom%)を用いた。

全ての分析試料にヘッドスペースバイアルのセプタムを通して内標準の重水素標識フラン(60 ng相当)を添加して、ヘッドスペース注入装置(HS)を備えたガスクロマトグラフ-質量分析装置(GC-MS, QP2010, 島津製作所製)で分析した。

分析条件は以下の通り。ヘッドスペースサンプラー TurboMatrixHS-40 (Perkin Elmer社製): 平衡化温度, 40℃ (30 min); ニードル温度, 100℃; トランスファーライン温度, 130℃。GC-MS: カラム, HP-Plot Q カラム (Agilent Technologies, Inc., 0.32 mm x 30 m, 膜厚20 µm); キャリアガス, He (カラム流量1.7 mL/min); 気化室温度, 200℃; スプリット比, 1:35; 昇温プログラム, 40℃ (0 min) -20℃/min-225℃ (15 min); 検出(質量分析部), SIMモード, *m/z* 39 (ターゲット確認ピーク), *m/z* 40 (内標準確認ピーク), *m/z* 68 (ターゲットピーク), *m/z* 72 (内標準

ピーク)。分析結果は、ミリQ水5 mLにフラン0, 1.5, 6, 50, 70 ngを含む標準試料を用いてフラン量とピーク面積比(ターゲット(*m/z* 68)/内標準(*m/z* 72))から作成した検量線($R^2 > 0.999$)を用いて定量し、3点の平均値を試料のフラン濃度とした。

(5) フラン量の計算と有意差検定

60℃のサンプリング終了後に鍋に残った汁及び豆腐の重さを測り、サンプリング量と合わせて味噌汁の汁と豆腐の量を算出して、その1/4を味噌汁一杯分の重さとした。GC-MSにより求めたフラン濃度と一杯分の汁及び豆腐の重さから、試料のフラン量を求めた。

調理条件A, B, Cのうち、任意の2条件間における同一サンプリング時のフラン量についてエクセル2013(マイクロソフト社製)による4反復した結果の*t*検定(危険率1%及び5%)を行い、有意差が認められたものについて図1に示した。

実験結果及び考察

図1に3つの調理条件の味噌汁(一杯分)のフラン量を示した。味噌を添加後に再度95℃まで加熱する調理条件Aにおいては、品温が95℃になった完成時よりも、70℃まで温度が下がった味噌汁でフラン量が増加した。一方、95℃で加熱を止めて味噌を溶き入れる調理条件Bと、加熱を止め90℃になるまで待つてから味噌を添加する調理条件Cでは、完成時から70℃までにフラン量は増加しなかった。この結果から、それぞれの条件で調理した味噌汁から摂取するフラン量を過少評価することなく比較するためには喫食に適した温度、すなわち70℃及び60℃におけるフラン量を比較するのが適切と考えられた。未加熱食材(味噌、豆腐、粉末ダシ)のフラン合計量(374.7 ng)を100%としてそれぞれの味噌汁を比較すると、調理条件Aでは108%(70℃)と104%(60℃)であり、調理条件Bでは83%(70℃)と81%(60℃)、調理条件Cでは87%(70℃)と87%(60℃)であった。図1に示すように、調理条件AとB、及び調理条件AとCの70℃及び60℃におけるフラン量は有意に差があり、味噌を添加後に加熱しない調理条件によって、添加後に加熱する条件よりもフラン摂取量を低減できることが示された。味噌を添加後に加熱する条件において完成時のフラン量が未加熱食材のフラン合計量よりも低くなることは前報⁶⁾と同様の結果であったが、本試験

において完成後喫食に適した70℃まで温度が下がる間にフラン量が増加することが明らかになり、摂取量を正確に見積もるためには喫食する温度の味噌汁のフラン量を測定する必要があることが示された。

図2に3つの調理条件における味噌を加えるとき

加えた後の味噌汁の温度変化を示した。調理条件Aでは加熱しながら味噌を添加、Bでは加熱を停止して味噌を添加、Cでは加熱を停止して品温が90℃に下がってから味噌を添加したため、それぞれの味噌添加後の味噌汁の温度は、89℃、86℃、83℃であった。調

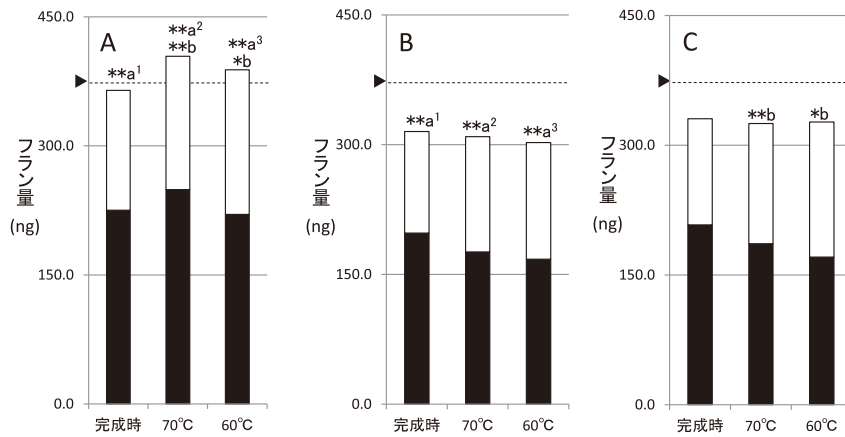


図1. 3つの調理条件の味噌汁に含まれるフラン量 (味噌汁一杯分)

A：味噌を添加後に95℃まで加熱； B：95℃で加熱を止めて味噌を添加；
 C：加熱を止め90℃まで待って味噌を添加； □：豆腐； ■：汁；
 **a, **b：危険率1%で有意差有り； *b：危険率5%で有意差有り； ▶：未加熱食材のフラン合計量

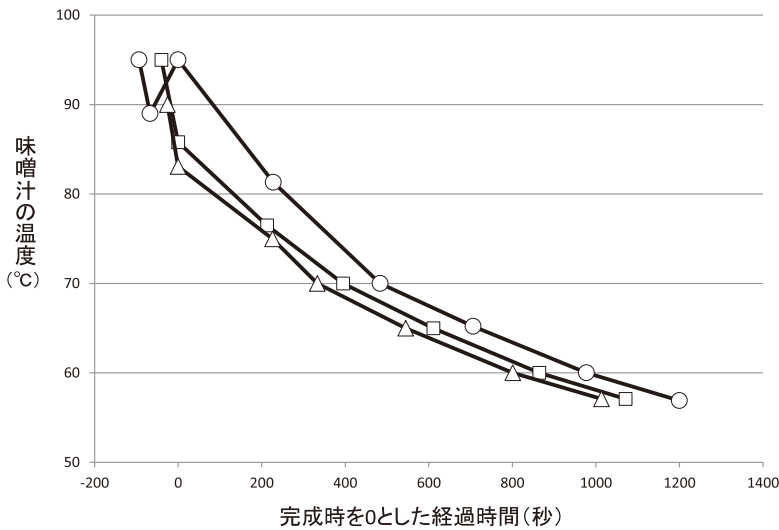


図2. 味噌を加えた後の味噌汁の温度変化

○：調理条件A 味噌を添加後に95℃まで加熱； □：調理条件B 95℃で加熱を止めて味噌を添加；
 △：調理条件C 加熱を止め90℃まで待って味噌を添加

理条件BとCでは完成時と比べ、70℃の試料でフラン量が増加していない（図1）ことから、フランが増加する温度域の下限は、調理条件Bの完成時温度86℃よりも高いと推測された。しかし、調理条件Aでは味噌を添加した後に95-89℃の温度域に94秒置かれていたが、完成時のフラン量は未加熱食材のフラン合計量よりも少なかった。このことと、完成時から86℃まで温度が下がる間にフラン量が増加したと考えられることから、味噌汁にはフランが生成する速度と揮発により失われる速度が共に高く見かけ上のフラン量の変化が小さい温度域が95-89℃の間に存在し、完成時の95℃から86℃まで下がる間にフランの生成速度が揮発速度を上廻る温度域が存在することでフラン量が増加している可能性が考えられた。気密容器を用いた試験（データ未掲載）から、味噌を70℃以下で加熱した場合にはフランが生成しない事を確認しており、フランの沸点（31.2℃）を上回る70℃から60℃の温度域において全ての調理条件でフラン量の変化が小さいことから、味噌汁ではこの温度域においてフランの揮発速度が低いことが示された。図1から、70℃から60℃へ温度が下がる間に汁から豆腐へフランが移行していることが示唆されるが、これはこの温度域においてフランの揮発速度が低いことに関係している可能性が考えられる。

本試験では、味噌を添加してから加熱しない調理法によって、味噌を加えてから95℃まで加熱する調理法に比べてフラン量を低減できることが示された。

要約

フランの摂取量を低減する調理法を検討する目的で、味噌を加える時の温度やその後の加熱操作を違えた3条件で味噌汁調理を行い、調理後の味噌汁のフラン量を調べた。調理には家庭で使われる鍋を用い、味噌を加えてからは蓋を使用しなかった。味噌を加えてから95℃まで加熱する条件で調理した場合には、完成後70℃になるまでにフラン量が増加することが明らかになった。摂取するフラン量の過少評価を避ける為に喫食に適した70℃の味噌汁と比較すると、味噌を添加してから加熱しない調理法によって、味噌を加えてから95℃まで加熱する調理法と比べてフラン量が有意に低減できることが示された。

参考文献

- 1) Robin, L. P. and Clanci, S., Acrylamide, furan and the FDA, *Food Safety Magazine*, **13** (3), 17-21 (2007)
- 2) Morehouse, K. M., Nyman, P. J., McNeal, T. P., DiNovi, J. and Perfetti, G. A., Survey of furan in heat processed foods by headspace gas chromatography/mass spectrometry and estimated adult exposure, *Food Additives and Contaminants*, **25** (3), 259-264 (2008.)
- 3) Roberts, D., Crews, C., Grundy, H., Mills, C. and Matthews, W., Effect of consumer cooking on furan in convenience foods., *Food Additives and Contaminants*, **25** (1), 25-31 (2008)
- 4) 箭田浩士, 中川博之, 塚越芳樹, 内藤成弘, 五十部誠一郎, 安井明美, 飯塚誠一郎, 木村彩子, 渡井正俊, 永田忠博, 漆山哲生, 辻山弥生, 山田友紀子, 亀山真由美, 食品に含まれるフランの分析, 平成19年9月日本食品科学工学会第54回大会講演集, P.156, 福岡 (2007年9月)
- 5) 箭田浩士, トータルダイエットスタディによるフラン摂取量推定, 食品と技術, 2008-03, 1-8 (2008)
- 6) 箭田浩士, 亀山真由美, 調理条件が味噌汁のフラン量に及ぼす影響, 日本食品科学工学会誌, 60, 521-524 (2013)
- 7) 丸山務他, 調理師養成教育全書必修編, 「7調理理論」, 第2版, 社団法人全国調理師養成施設協会 (東京) 編集・発行, pp.10 (2007).

引用 URL

- i) FDA (2004). Furan in Food, Thermal treatment; request for data and information
<http://www.gpo.gov/fdsys/search/pagedetails.action?st=04-10588&granuleId=04-10588&packageId=FR-2004-05-10> (2015.10.30接続確認)
- ii) 食品安全に関するリスクプロファイルシート (農林水産省)
http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/pdf/150914_furan.pdf (2015.10.30接続確認)
- iii) フランのファクトシート (食品安全委員会)
<https://www.fsc.go.jp/sonota/factsheets/factsheets-furan.pdf> (2015.10.30接続確認)

