

ひよこ豆麴菌発酵食品の新規食材としての有用性に関する研究

Chickpeas Fermented by Malted Wheat Attenuate Salt-induced Hypertension in Rats

共立女子大学家政学部食物栄養学科
臨床栄養学研究室

作山泊裕恵、糠塚菜緒、辻菜摘、原田萌、山崎結花、鈴木由佳
高野文香、阪波友里加、林彩子、山川柰子、上原誉志夫

Hiroe TOMARI SAKUYAMA, Nao NUKAZUKA, Natsumi TSUJI, Moe HARADA,
Yuka YAMAZAKI, Yuka SUZUKI, Fumika TAKANO, Yukari HANAMI,
Ayako HAYASHI, Shoko YAMAKAWA, Yoshio UEHARA

1. 緒言

日本の豆食文化においては大豆や小豆が長年にわたりその主要な地位を占めてきた。実際、大豆発酵食品である味噌には食塩感受性高血圧を抑制する機能性成分が含まれており、嗜好的に優秀であるのみならず健康機能性についても多くの注目を集めてきた¹⁻⁵⁾。一方、世界各国には甜麺醬やテンペなどの豆類の発酵食品があるが、日本ではこれまで大豆以外の豆類の麴菌発酵食品の開発や有用性を系統的に探査した報告はない。

われわれは、すでに、複数の豆類を用いて麴菌発酵させ発酵食品を作成したところ、風味及び味覚共に大豆発酵味噌に勝るとも劣らない食品が作成されることを見出した。これらの予備的研究結果から、大豆以外の豆類を用いた麴菌発酵食品も優れた食品として利用可能である可能性が考えられた⁶⁾。

これらの検討結果を踏まえ、本研究では大豆発酵味噌に劣ることのない他の豆類を利用した麴菌発酵食品を開発することを目的とした。新規豆類での麴菌発酵食品の食品または調味料と

しての有用性が確立されれば、日常食生活の幅を広げるのみならず、大豆アレルギーでの大豆発酵味噌への代替食品への道も開けると考えられる。また製造方法などを変えることで健康機能性を強化した食品の開発にも繋がる。

本研究では、本邦で入手可能な各種豆類について麴菌発酵食品を同一条件下で作成する。大豆発酵味噌を対照として嗜好調査を行い、優れた豆発酵食品を見出し、料理への応用の可能性を検討する。

2. 対象と方法

2.1. 各種豆類麴菌発酵食品の作成と評価

豆類各属から8種類（大豆、小豆、ひよこ豆、ささげ、白いんげん、そら豆、赤えんどう及び緑豆）を選択し、米麴菌発酵食品を作成した。

それぞれの豆150g、米麴150g及び塩68gを落用いて発酵食品を作成した。あらかじめ塩と麴を混ぜ合わせ、4℃下に24時間保存した。一方、豆は24時間水に浸漬したものを、100℃にて3時間煮ることで、容易に破碎できるほどの軟らかさとした。煮豆を破碎後に塩と麴をよく混ぜ、これに約300mLの豆のゆで汁を混ぜてさらによ

表1 ひよこ豆麦麹発酵食品の料理への応用 (8人分)

材料	なめこ汁	きゅうりの味噌ダレ	味噌マヨネーズダレ	味噌ハンバーグ	レモンソルベ味噌風味
味噌	大匙7杯	適量	適量	大匙6杯	大匙1杯
だし汁	1280mL				
なめこ	100g				
マヨネーズ			適量		
七味唐辛子			適量		
玉ねぎ				2個	
白ごま				大匙6杯	
みりん				大匙2杯	
合い挽き肉				800g	
醤油				大匙2杯	
酒				大匙4杯	
卵				2個	
パン粉				50g	
砂糖					300g
ポッカレモン					70mL
水					600mL
料理法	だし汁を煮立たせたところに、味噌を溶き、なめこを加えた		味噌とマヨネーズを1:1で混ぜ、アクセントに七味唐辛子を加えた	葱と玉ねぎをみじん切りにし、玉ねぎは餡色になるまで炒め、パットで粗熱を取った。味噌、酒、みりん、醤油をよく混ぜ合わせておいた。合い挽き肉、葱、玉ねぎ、白ごま、卵、パン粉を粘り気が出るまでよく混ぜた。円形に整え、半分はそのままで、残りの半分にはタネの中にチーズを入れた。フライパンを熱して、油をしき4のハンバーグを両面しっかりと中に火が通るまで焼いた。	砂糖と水を合わせて煮立て、粗熱をとってから、味噌、ポッカレモンを加えて混ぜ、冷ました。ステンレスの容器に入れ、冷凍庫で冷やし固めた。途中ハンドミキサーで3～4回かき混ぜた。

く攪拌した。出来上がったものを密閉容器に入れ、定期的に混ぜながら、25℃にて3か月間発酵熟成を行った。その後、試験での使用まで-20℃にて保存した。

各種豆米麹菌発酵食品で汁もの(12%、w/v)を調理し、21～22歳の健常女性28名による官

能検査を実施した。検査者には検査食品名を秘匿化した盲検試験とし、また発酵食品の試験順もランダム化して調査した。評価項目は色、香り、味、舌触り及び塩気とし、それぞれ1～5点で評価し、総合評価を算出した。

2.2. ひよこ豆米麹菌発酵食品とひよこ豆麦麹菌発酵食品との比較

ひよこ豆麹菌発酵食品における麹菌による違いを調べるため、ひよこ豆米麹菌発酵食品とひよこ豆麦麹菌発酵食品を同一条件下に作成して、その食品としての特性を比較検討した。検査は、ひよこ豆、大豆、小豆及び大福豆を対象とし、各種豆発酵食品は「豆類麹菌発酵食品の作成方法」に準じて作成した。3か月間発酵熟成の食品を用いて21～22歳の健常女性27名による官能試験を実施した。官能性試験は色及び香りについて1～8の順位をつけ、それぞれにつきケンドールー致性の係数を算出し、順位の一貫性を検証した。

2.3. ひよこ豆麦麹菌発酵食品の料理への試み

嗜好的に最も優れたひよこ豆麦麹菌発酵食品について、3か月熟成のひよこ豆麦麹菌発酵食品を用いた、なめこの汁もの、きゅうりのつけダレ、ハンバーグ及びレモンソルベを調理し、その味覚上の特性を検討した。使用した材料及び作成方法を表1に示した。

2.4. 官能性成分のHPLC分析

研究の結果を踏まえ、各種豆発酵食品として

の優秀性の原因となる物質を探索した。各豆発酵食品の10%水溶液を 2×10^4 gにて30分間遠心分離した上澄み液を、さらに0.25 μ Lのメンブレンフィルターに通したものをC₁₈逆相HPLCで成分分析した⁷⁾。HPLCシステム(JASCO、東京)は、ポンプPU-4180、UV検出器UV-4075、C₁₈カラムCrestPak C18Sで構成され、ピークの検出はOD₂₅₄で行った。移動相は0.1%ギ酸水溶液(WAKO、東京)、20分間でメタノール70%までのグラジエントをかけた。流速は1 mL/minとし、ピークの同定は、スロープ感度10.00 (μ V/sec)、スロープ幅0.1 min、最少面積10000 μ V/min、最少高1000 μ Vで評価した。

2.5. 統計学的解析方法

配点法による評価またはケンドールー致性の係数による検定、Pearson単相関分析にて比較検討した。

3. 結果

3.1. 各種豆類麹菌発酵食品の作成と評価

8種類の各種豆米麹菌発酵過程での特徴を表2にまとめた。発酵過程での特徴は1か月目には大きな変化はないが、熟成が進むにつれて、各種豆で独自の風味を呈してきた。大豆、小豆

表2 各種豆米麹菌発酵過程での特徴

豆	発酵期間	
	1か月半	3か月
大豆	・少ししょっぱい・やや汁気あり	・汁気が出てきた・表面に白いカビ
小豆	・しょっぱい香り・あんこの色 ・汁気あり	・コクが出てきたが、しょっぱい
ヒヨコ豆	・たんぱくな味 ・黄色 ・汁気あり	・食べやすい ・クセがない
ささげ	・皮が残っている・赤茶色 ・汁気あり	・昼の香り・味噌よりも豆の味が強い
白いんげん	・やや黄色・汁気あり	・納豆のような刺激臭・しょっぱさが増した
そら豆	・皮の残り、固まりが多い ・濃い茶色・汁気あり	・小豆の味・しょっぱさは薄い
赤えんどう	・しょっぱい香り ・皮が残っている ・汁気あり	・水っぽい・しょっぱい
緑豆	・緑色・汁気あり	・ごごのような香り・しょっぱい

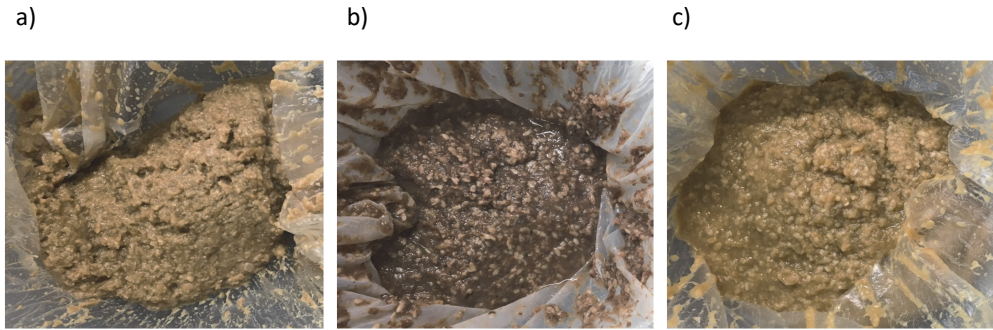


図1 大豆、小豆及びひよこ豆米麹菌発酵食品の熟成状況

左から3か月熟成後の (a) 大豆、(b) 小豆及び (c) ひよこ豆発酵食品を示す。色については各種豆で独自の色彩を若干帯びている。

及びひよこ豆では比較的好ましい熟成状況であった。大豆、小豆及びひよこ豆の3か月熟成状況を図1に示した。豆により若干色彩に違いがみられたが、大豆とひよこ豆ではほぼ同様の外観を呈していた。

作成された豆麹菌発酵食品について官能検査を実施し、その食品としての優秀性を評価した。色、香り、味、舌触り、塩気について官能検査結果を表3に示した。総合評価では大豆麹菌発酵食品(味噌)が1位であり、ひよこ豆麹菌発酵食品が2位となった。ひよこ豆麹菌発酵食品は、色、塩気で大豆より高得点であり、総合点では大豆麹菌発酵食品に次いで高得点であった。大豆麹菌発酵食品とも新たな食材としての利用が可能であることが強く示唆された。

3.2. ひよこ豆米麹菌発酵食品とひよこ豆麦麹菌発酵食品との比較

ひよこ豆米麹菌発酵食品とひよこ豆麦麹菌発酵食品との比較を実施した(表4)。色ではひよこ豆米麹菌発酵食品が最も高得点であった。また、香ではひよこ豆麦麹菌発酵食品の有用性が最も高かった。対照の大豆発酵食品(味噌)では、麦麹菌発酵食品の方が米麹菌発酵食品より嗜好性が良好であるとの結果であり、一般的な評価と一致していた。小豆に関しては米麹菌発酵食品も麦麹菌発酵食品も評価が低く、小豆は発酵食品に向かないとの評価結果であった。これらの評価は、ケンドール一致性の係数による有意差検定で色及び香りにおいて評価者の間に順位的一致があると結論され、豆と発酵方法

表3 官能検査の結果

順位	色 (2点)	香り (5点)	味 (5点)	舌触り (5点)	塩気強 (5点)	塩気弱 (5点)	総合評価 (5点)
1位	白いんげん (2点)	大豆 (3.6点)	大豆 (3.79点)	大豆 (3.5点)	白いんげん/緑豆 (3.96点)	ひよこ豆 (3.5)	大豆 (3.31点)
2位	ひよこ豆 (1.96)	ひよこ豆 (3.21)	緑豆/赤えんどう (3.39)	ひよこ豆 (3.46)	そら豆/さきげ (3.93)	小豆 (3.41点)	ひよこ豆 (3.03)
3位	大豆 (1.93)	白いんげん/赤えんどう (2.96)	そら豆 (3.29)	小豆 (3.07)	赤えんどう/大豆 (3.75)	(-)	白いんげん (2.99)

ひよこ豆麹菌発酵食品の新規食材としての有用性に関する研究

表4 米麹と麦麹発酵食品での比較官能試験

	色	香	総合評価
1位	米ひよこ豆(191)	麦ひよこ豆(166)	麦ひよこ豆(155)
2位	麦大豆(170)	麦大豆(142)	麦大福豆(154)
3位	麦ひよこ豆(162)	麦大福豆(128)	麦大豆(142)
4位	麦大福豆(132)	米ひよこ豆(114)	米大豆(123)
5位	米大豆(113)	米大福豆(109)	米ひよこ豆(120)
6位	米大福豆(107)	米大豆(105)	米大福豆(118)
7位	麦小豆(65)	麦小豆(66)	麦小豆(89)
8位	米小豆(37)	米小豆(61)	米小豆(65)

合点の範囲は27～216、カッコ内は獲得点数の総和。ケンドール一致性の係数による有意差検定では色、香りともに評価者の間に順位的一致があると結論された。Wi=0.084、df=7、 $\chi^2=16$ 、 $p<0.025$ 。

自体に由来することが示された (Wi=0.084、df=7、 $\chi^2=16$ 、 $p<0.025$)。試験結果の総合評価では、ひよこ豆麹菌発酵食品の評価が最も高かった。

3.3. ひよこ豆麦麹菌発酵食品の料理への試み

ひよこ豆麦麹菌発酵食品を用いて、料理への応用を検討した。ひよこ豆麦麹菌発酵食品を使用し



図2 ひよこ豆麦麹菌発酵食品の料理への試み

なめこの汁もの (a)、きゅうりのつけダレ (b)、ハンバーグ (c) 及びレモンソルベ (d) を示す。ひよこ豆麦麹菌発酵食品は料理作成上になんら支障となる点はなかった。

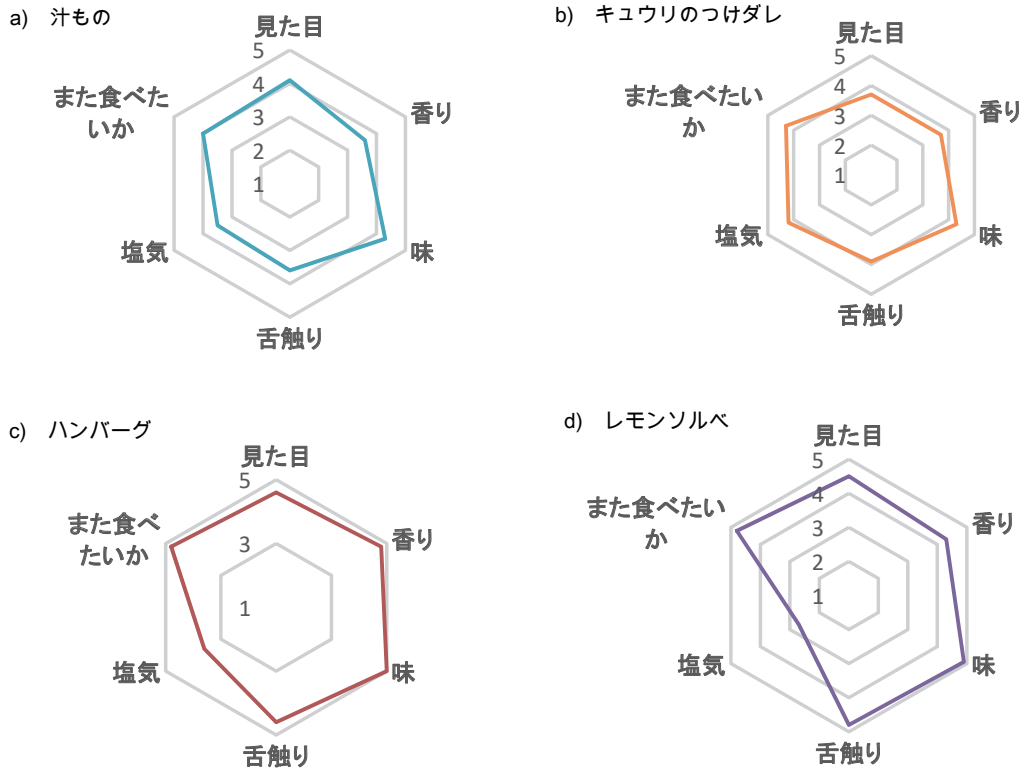


図3 ひよこ豆麦麹菌発酵食品の官能試験

なめこの汁もの (a)、きゅうりのつけダレ (b)、ハンバーグ (c) 及びレモンソルベ (d) を示す。評価項目は5点法で評価している。

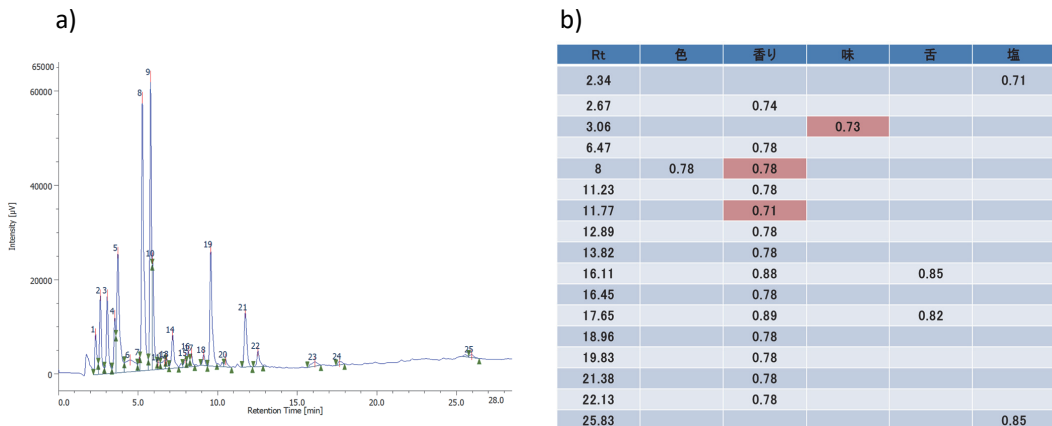


図4 各種豆麦麹菌発酵食品の旨味の成分のHPLC分析

左図 (a) にはひよこ豆麦麹菌発酵食品のHPLC成分分析結果を表す。25個のピークが同定された。他の豆麦麹菌発酵食品の同様に分析した。全保持時間でのピーク高さとの関係をPearson単相関法によって求めた相関係数を右図 (b) に示した。印の箇所は $p < 0.05$ での有意な相関関係を表す。

て、なめこの汁もの、きゅうりのつけダレ、ハンバーグ及びレモンソルベを作成した(図2)。21～22歳の健常女性19名による官能試験を実施した。見た目、香り、味、舌触り、塩気及び再度食したいかについて5点で評価した。その結果を図3に示した。どの料理もバランスがよく高得点であったが、総合点では味噌ハンバーグが平均4.6、レモンソルベが4.3、味噌汁が3.9、キュウリのつけ味噌として4.0であった。肉料理との相性がよいこと、またひよこ豆麦麹発酵食品の風味が出やすい比較的単純な料理でも評価が高いことが分かった。

3.4. 発酵食品の旨味の成分分析

ひよこ豆麦麹菌発酵食品水溶液のC₁₈逆相HPLCでの分析チャートを図4-a)に示した。ピーク判定基準で評価すると、25個のピークが同定された。他の豆発酵食品でも同様にピークが同定されたが、そのピーク分離時間(保持時間)には若干の違いがみられた。

各種豆麹菌発酵食品の分析から得られたすべてのピーク保持時間とそのピーク高に対して嗜好性調査結果との関係をPearsonの単相関法での評価を行った。その結果、香りについては保持時間(Rt)8分(r=0.78, p<0.05)と11.7分(r=0.71, p<0.05)の溶出物質が、また味についてはRt 3.06分(0.73, p<0.05)の溶出物質が有意な正の相関関係がみられた(図4-b)。

4. 考案

日本では大豆麹菌発酵食品が味噌として広く食されてきたが、各種豆麹菌発酵食品も、詳細に検討することでその良さを発揮した新たな食材になる可能性が示された。本研究では、通常日本で入手可能な豆類各属から8種類(大豆、

小豆、ひよこ豆、ささげ、白いんげん、そら豆、赤えんどう及び緑豆)を選択し、米麹菌発酵食品を作成した。それぞれに特徴的な米麹発酵食品を作成することができたが、中でも官能検査上は大豆とひよこ豆の有用性が高いことが明らかとなった。ささげ、小豆、緑豆、そら豆、赤えんどうは評価が低く、発酵食品には適していないと考えられた。しかし、今回の評価は3か月熟成の発酵食品を用いた。味噌の機能性評価には3か月熟成のものを使用してきたため、それとの比較を考慮し3か月熟成を採用した。しかし、小豆のようにむしろ1か月熟成のほうが嗜好的にはよい可能性もあり、製造との関係についてはさらに調査する必要がある。

ひよこ豆発酵食品では、米麹より麦麹発酵食品のほうが嗜好的には優れていることが明らかになった。味噌でも麦麹のコクについては定評があるが、今回の研究のように作成を同一にして比較検証した報告はない。今回の結果から、嗜好的な面からはひよこ豆麦麹菌発酵食品が優れているが、健康機能性を加味して考えると現段階で結論づけることはできない。味噌に関しては米麹味噌と麦麹味噌の健康機能性の違いが報告されるようになってきたことから、ひよこ豆麹菌発酵食品についてもさらに検討する必要がある⁵⁾。

ひよこ豆麹菌発酵食品は、各種料理への応用も可能であることを示した。味噌は食品としても、調味料としても世界的に使用されるようになってきた。味噌の原料である大豆とひよこ豆の栄養成分の違いを表5に示す。ひよこ豆には大豆に比較して、タンパク質と脂質含量が低く、葉酸や食物繊維が多くみられ、成分的にも健康機能性が高いことが考えられる。ひよこ豆を広

表5 ひよこ豆と大豆の栄養成分(日本食品成分表2017)

種類	エネルギー(kcal)	水分(g)	たんぱく質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)	灰分(g)	B1(mg)	B2(mg)	B6(mg)	葉酸(μg)	パントテン酸(g)	食物繊維(g)
大豆	180	63.5	16	9	9.7	1.8	0.22	0.09	0.11	39	0.26	7
ひよこ豆	171	59.6	9.5	2.5	27.4	1	0.16	0.07	0.18	110	0.48	11.6

く料理に使用することで健康への寄与が大となると考えられ、そのためにはひよこ豆発酵食品を使用した料理の新たな開発が必要である。

また、最近では食物アレルギーの患者の増加が危惧されている。大豆製品である味噌は発酵操作が入るため、一般的には大豆の抗原性が失われるとされる⁸⁾。しかし、醤油の熟成期間に比較して味噌では一年以内と短いため抗原性が一部残存する懸念もある。今回ひよこ豆麹菌発酵食品は大豆発酵食品と極めて嗜好性の面で近いことが明らかになった。ひよこ豆麹菌発酵食品も味噌汁としての使用が可能であることが明らかになったが、このことはひよこ豆麹菌発酵食品が味噌の代替食品として使用できることを示唆しており、日常食生活上の有用性も高いと考えられる。

さらに、予備的試験であるが、ひよこ豆麹菌発酵食品の嗜好性上の成分も同定することが可能であることが示された。本成分がどのような物質であるかは今後の研究課題であるが、嗜好性の優秀な製品の製造法の指標として、 C_{18} 逆相HPLCでの成分分析を官能試験に代わり実施する道筋がつけられた。より簡便にひよこ豆麹菌発酵食品の評価が可能になることが期待される。

5. まとめ

日本では大豆麹菌発酵食品が味噌として広く食されてきたが、各種豆麹菌発酵食品も、詳細に検討することでその良さを発揮した新たな食材になる可能性がある。本研究では、ひよこ豆麹菌発酵食品が優秀な食材となること、また製品化に繋げることで日本食文化の幅を拓き、

人々の食生活を豊かにする可能性を明らかにした。このような新たな嗜好性や健康機能性に富んだひよこ豆麹菌発酵食品の需要を推進することにより、各種豆類の需要を広げ豆類産生業の発展にも役立つと考える。

文献

1. Yoshinaga M, Toda N, Tamura Y, Terakado S, Ueno M, Otsuka K, Numabe A, Kawabata Y, Uehara Y: *Nutrition*, 28, 924 (2012) .
2. Du D, 海老澤香里, 宮本悠紀, 吉永真理子: 日本醸造協会誌, 109 (3) , 128 (2014) .
3. Du D, Yoshinaga M, Sonoda M, Kawakubo K, Uehara Y: *Clinical Experimental Hypertension*, 36 (5) , 359 (2014) .
4. 上原誉志夫: 中央味噌研究所研究報告 36, 40 (2015) .
5. 上原誉志夫: 第5回みそサイエンス研究会総会. 一般社団法人中央味噌研究所/全国味噌工業協同組合連合会, 平成30年6月5日 コートヤード・マリOTT銀座東武ホテル.
6. 糠塚菜緒, 倉持はるな, 小山可奈子, 清水美千女, 小林かな恵, 山川称子, 上原誉志夫: 第64回日本栄養改善学会学術総会, アスティとくしま/徳島. 平成29年9月14日
7. 下釜春奈, 菊池成美, 五十嵐優, 山川称子, 上原誉志夫: 第64回日本栄養改善学会学術総会. アスティとくしま/徳島. 平成29年9月14日
8. 厚生労働科学研究班による食物アレルギーの栄養食事指導の手引き (2017)