

乾燥オカラの品質評価 Quality Evaluation of Dried Tofu Refuse

大村芳正*

Yoshimasa OHMURA

抄 録

豆腐と豆乳飲料の製造時に産出されたオカラを乾燥したオカラ（豆腐と豆乳の乾燥オカラ）の品質比較およびカスケード式乾燥試験装置により各種条件で乾燥した豆腐オカラの品質について検討した。豆腐と豆乳の乾燥オカラでは吸水性、沈降性および成分含量に違いが認められた。カスケード式乾燥試験装置により乾燥させた豆腐オカラは、乾燥条件の違いにより水分、吸水性および色調に変化が認められた。

1 はじめに

豆腐製品の生産過程で発生するオカラは、食品や飼料としての利用価値が低下し、製造業者はその処理に多くの費用をかけ苦慮している状況である。平成 13 年度から食品リサイクル法が施行され、資源の有効利用のみならず環境保全の観点からもオカラの処理が緊急の課題となっている。

オカラの水分量は 75 ～ 80 % と高く、非常に腐敗しやすいのでその利用は制限されており、オカラの乾燥処理が増加している。しかし、乾燥オカラの用途開発を図るにはその品質を明確にする必要がある。オカラの成分は豆腐の種類によって違いがあることが報告されている¹⁾。豆腐と豆乳飲料の製造方法には違いがあることから、産出されるオカラの品質の違いが予測される。また、乾燥オカラの品質に乾燥条件も影響すると推察される。そこで、本研究ではオカラの特性を活用した有効利用や商品開発に繋げるため、豆腐と豆乳の乾燥オカラの品質比較および乾燥条件に伴う豆腐オカラの品質変化について検討した。

2 実験方法

2・1 試料

徳島県内の豆腐と豆乳飲料製造時に産出されたオカラをカスケード式乾燥試験装置（図 1）により、乾燥温度：150 ～ 250 ℃、処理量 20 ～ 50kg/h の条件で乾燥したオカラを試験に用いた。

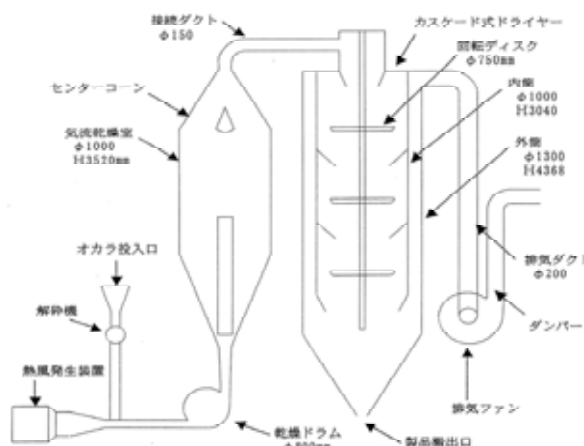


図1 カスケード式乾燥試験装置

2・2 乾燥オカラの性状分析

吸水量は乾燥オカラ 1 g を重量既知の遠沈管に採取後、水 20ml を加え、良く攪拌混合した後、3000rpm で 10 分間遠心分離した。上清を除き、沈殿の重量を測定して吸水量を求めた。沈降率は乾燥オカラ 3 g を水 100ml の入った 100ml 容メスシリンダーに入れ、混合した後、2 ～ 20 分後にメスシリンダーの底に沈降したオカラ容量を測定し、全沈降量に対する比率で表した。かさ比重は乾燥オカラを 200ml 容メスシリンダーに入れ、重量を測定し、かさ比重を求めた。色調は測色色差計（東京電色社製、TC-1800J）により、オカラの明度（L 値）と色値（a 値、b 値）を測定した。水分活性は水分活性計（デカゴン社製、アクアラブ CX-2）により測定した。

2・3 乾燥オカラの成分分析

水分量は 105 ℃常圧加熱乾燥法によった。たんぱく質量はケルダール法で測定し、窒素－たんぱく質換算係数：5.71 を乗じて算出した。脂質量はジエチ

*食品技術課

ルエーテル抽出法で測定した。灰分量は 550℃加熱灰化法で測定した。食物繊維量は酵素－重量法のうちプロスキー変法で測定した。ショ糖、ラフィノースおよびスタキオース含量は高速液体クロマトグラフィーによった。なお、測定条件は平らの方法²⁾に準じた。カルシウムとカリウムは原子吸光法により測定し、リンはバナドモリブデン酸吸光光度法で測定した。

3 結果および考察

3・1 豆腐と豆乳の乾燥オカラの品質比較

豆腐と豆乳製造時に産出されたオカラを乾燥温度 150℃、処理量 20kg/h の条件で乾燥させた豆腐と豆乳の乾燥オカラの吸水量とかさ比重の比較を表 1 に示し、沈降率の比較を図 2 に示した。豆腐と豆乳の乾燥オカラでは吸水量、かさ比重および沈降率に差異がみられた。豆腐乾燥オカラは豆乳乾燥オカラと比較して、吸水量が 1.8 倍高く、吸水性に優れていた。また、かさ比重が小さく、沈降スピードが遅い特徴がみられた。豆乳乾燥オカラはかさ比重が大きく、沈降スピードが速かった。これらの特性を活かすことにより、豆腐乾燥オカラは吸水性を活かしたネコのトイレ砂やキノコの床の原料に適合すると考えられる。また、釣り餌では豆腐乾燥オカラは沈降が遅いため、上層部の魚の餌に、逆に豆乳乾燥オカラは沈降が速いため、底部の魚の餌向きと考えられる。

表 1 豆腐と豆乳の乾燥オカラの吸水量とかさ比重

項 目	豆腐乾燥オカラ	豆乳乾燥オカラ
吸水量(g/乾物 1g)	8.8	4.8
かさ比重	0.28	0.47

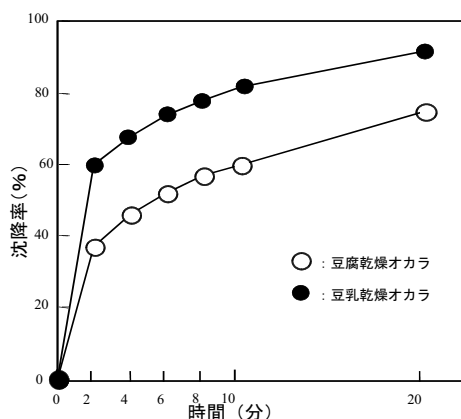


図 2 豆腐と豆乳の乾燥オカラの沈降率比較

豆腐と豆乳の乾燥オカラの成分比較を表 2 に示した。豆腐と豆乳の乾燥オカラでは一般成分、無機質および可溶性糖含量に差異がみられた。豆腐乾燥オカラは豆乳乾燥オカラと比較して、食物繊維量が 13 %多く含まれていた。オカラの食物繊維は吸水性が非常に高い³⁾ことから、豆腐乾燥オカラの吸水性が高い一因と推察される。豆乳乾燥オカラはたんぱく質、脂質、ショ糖および大豆オリゴ糖のラフィノースとスタキオース含量が豆腐乾燥オカラより高かった。また、リン含量は豆腐乾燥オカラの 2 倍含まれ、カルシウムとカリウム含量も多かった。

表 2 豆腐と豆乳の乾燥オカラの成分値

項 目	豆腐乾燥オカラ	豆乳乾燥オカラ
たんぱく質	24.3	31.2
脂 質	13.7	15.7
糖 質	7.6	10.4
食物繊維	50.5	37.5
灰 分	3.9	5.2
ショ糖	2.9	3.8
ラフィノース	0.4	0.5
スタキオース	1.3	1.8
カルシウム	0.34	0.44
カリウム	1.32	1.46
リン	0.33	0.61

注) 成分値は乾物%

豆腐と豆乳の乾燥オカラの成分の差異は、豆腐と豆乳製造条件の違いによるものと推察される。つまり、豆乳製造は脱皮大豆を浸漬せずに熱水を加えて磨砕している。このため、大豆成分が充分抽出されず豆乳への成分移行率が低く、オカラにたんぱく質、脂質および糖質が多く残存する。また種皮を除いているため、食物繊維量が少ないと考えられる。

3・2 乾燥による豆腐オカラの品質変化

豆腐乾燥オカラの水分量と水分活性の関係を図 3 に示した。乾燥オカラの水分活性を微生物的変質のない 0.61 以下にするにはオカラの水分量を 11 %以下にする必要があった。豆腐オカラの水分量が 11 %以下となる条件で乾燥させたオカラの吸水量、かさ比重および色調を表 3 に示した。また、沈降率に及ぼす乾燥温度の影響を図 4 に示した。豆腐乾燥オ

カラの吸水性は乾燥温度が高くなるほど低下した。かさ比重は 0.27 ～ 0.28 の範囲であり、その差は小さかった。豆腐乾燥オカラの沈降性は乾燥温度の影響を受けなかった。

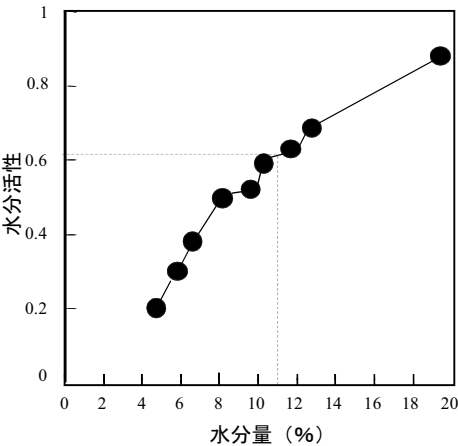


図3 豆腐乾燥オカラの水分量と水分活性の関係

表3 豆腐乾燥オカラの性状に及ぼす乾燥条件の影響

項目	乾燥条件	150℃	200℃	250℃
		20kg/h	50kg/h	50kg/h
水分 (%)		6.5	7.6	5.5
吸水量 (g/乾物 1g)		8.8	7.3	6.3
かさ比重		0.28	0.27	0.28
色調 L		80.0	74.5	62.4
a		- 1.9	- 0.3	2.4
b		17.4	21.0	19.3

値のうち、a 値は上昇し、赤みが増加したと判断される。黄色みを示すb 値は 200℃で最も高く、250℃では減少した。一定傾向がみられたL 値と a 値は乾燥オカラの色調変化の評価指標になると考えられる。

豆腐乾燥オカラの成分に及ぼす乾燥条件の影響を表4に示した。オカラのたんぱく質、脂質、炭水化物、灰分含量および無機質のカルシウム、カリウム、リン含量は乾燥条件に伴う変化がほとんどみられなかった。今回の乾燥条件は250℃以下と比較的低い乾燥温度であり、乾燥オカラ成分の量的な変化はみられなかった。しかし、吸水性と色調に変化が認められたことから、質的な変化を生じている可能性はある。

表4 豆腐乾燥オカラの成分に及ぼす乾燥条件の影響

項目	乾燥条件	150℃	200℃	250℃
		20kg/h	50kg/h	50kg/h
たんぱく質		24.3	24.7	24.1
脂 質		13.7	13.5	13.3
炭水化物		58.1	57.8	58.7
灰 分		3.9	4.0	3.9
カルシウム		0.34	0.33	0.35
カリウム		1.32	0.35	1.36
リン		0.33	0.35	0.33

注) 成分値は乾物%

4 まとめ

豆腐と豆乳飲料の製造時に産出されたオカラを乾燥した豆腐と豆乳のオカラの品質比較およびカスケード式乾燥試験装置により乾燥温度：150 ～ 250℃、オカラ処理量：20 ～ 50kg/h の条件で乾燥した豆腐オカラの品質について検討し、以下の結果を得た。

(1) 豆腐乾燥オカラは吸水性が高く、沈降スピードが遅く、食物繊維含量が多かった。豆乳乾燥オカラは沈降スピードが速く、たんぱく質、脂質、糖質およびリンが多く含まれていた。

(2) 乾燥温度が高いほど乾燥オカラの吸水性は低下し、色調は濃くなった。オカラの沈降性と成分含量には乾燥条件の影響は少なかった。

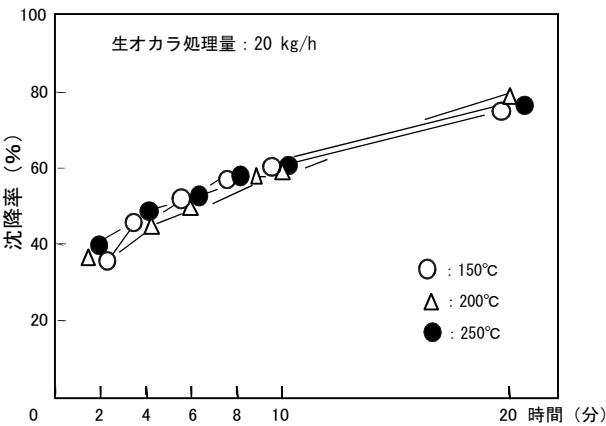


図4 豆腐乾燥オカラの沈降率に及ぼす乾燥温度の影響

オカラの色調は乾燥温度により目視でも変化がみられ、乾燥温度が高くなるほど色調は濃くなった。色差計の測定結果からはL 値（明度）が低下し、色

謝辞

本研究は平成 13 年度補正即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「廃熱利用による食品廃棄物の再資源化システムの開発」の分担課題として実施したものである。事業の遂行にあたって、日本フネン株式会社、四国化工機株式会社、徳島大学、財団法人とくしま産業振興機構の皆様方のご協力に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 小原忠彦・唐沢秀行・大日方洋・村松信行・大池昶威：「豆腐，凍り豆腐に関する研究」，長野食工試研報，**18**，pp81-89 (1990)
- 2) 平 春枝・田中弘美・斉藤昌義：「大豆遊離型全糖含量を用いたオリゴ糖含量計算式の検討」，日食工誌，**38**，pp144-152 (1991)
- 3) 水上ゆかり：「オカラを利用した食品素材の開発」，福井食加研報，**26**，pp34-36 (1993)