

超臨界流体抽出による食品新素材の開発に関する研究 (第3報)

ナッツ油の抽出と抽残物の食品への利用

福田嘉和・加藤 熙

二酸化炭素を抽出溶媒とする超臨界流体抽出法は、二酸化炭素の臨界点が31.0℃、73.8kg/cm³と他の物質に比べて低く¹⁾、さらに化学的に無毒で反応性が低いことから食品、医薬品分野でその応用が広く検討されている。食品分野では、ドイツにおいてコーヒーのカフェイン除去、ホップ成分の抽出にこの技術が実用化されている。大豆²⁾、アブラナ種子³⁾、トウモロコシ胚芽⁴⁾など油糧種子からの油脂抽出について検討が行われ、抽出された油脂は不純物が少なく、良好な色調であるが、酸化安定性に問題のあることが報告されている。また、コショウ⁵⁾、ワサビ⁶⁾など香辛料の抽出に対して、超臨界流体抽出の有効性が報告されている。一方、抽残物の利用に関しては、脱脂した醸造米及び米麴の日本酒醸造への利用⁷⁾、乾燥卵黄のコレステロール除去と抽出後の製菓特性⁸⁾を検討した報告などがある。

筆者らはこれまでに、優れた栄養価を有し、快い食感と芳香を持つナッツ類の低カロリー化及び、含有脂質の酸化による品質低下の防止を目的として、超臨界二酸化炭素流体(SC-CO₂)による含有脂質の抽出について検討してきた。結果として、粒状ナッツから含有脂質を効率的に抽出することは難しいものの、粉砕物からは200kg/cm³以上(温度40℃)の圧力で効率的な抽出が可能であった⁹⁾。低圧力、短時間の条件で抽出した油脂の脂肪酸組成は短鎖脂肪酸の比率が高い傾向にあったが、その差は油脂の加工適性に影響を与えるものではないことが分かった。しかし、超臨界流体抽出油はリン含有量が低く、酸化安定性に劣ることを報告した¹⁰⁾。

本報ではピーナッツ粉砕物、粉末ピーナッツ、及び粉末アーモンドの含有脂質を超臨界流体抽出し、抽残物を製菓原料として用いてその特性を検討した。

実験方法

1. 材料

1) ピーナッツ粉砕物 ローストした粒ピーナッツ

(中華人民共和国産、大粒種、34~38粒/オンス)を購入し、薄皮を除去した後、5mm角のふるいを通過する大きさに粉砕した。

2) 粉末ピーナッツ 市販の製菓用粉末ピーナッツを使用した。原料豆はアメリカ産、小粒種で、ロースト済み、10メッシュ通過物である。

3) 粉末アーモンド ロースト済み粉末アーモンド。原料豆はアメリカ産、ノンパレル種、23~25粒/オンス、14メッシュ通過物である。

2. 超臨界流体抽出

既報⁹⁾に示した超臨界抽出装置を用いて抽出を行った。抽出条件は40℃、300kg/cm³、分離条件は40℃、50kg/cm³とした。試料は各処理につき、1,800gを用いた。30分又は60分間隔で分離槽下部のバルブから抽出油を取り出し、設定した抽出量に達するまで抽出操作を継続した。

ピーナッツ粉砕物は全重量に対して10%及び20%抽出処理を設け、粉末ピーナッツ及び粉末アーモンドは20%及び40%抽出処理を設けた。

3. 抽残物の分析

1) 栄養成分組成 既報⁹⁾と同様に分析した。

2) 比容積 一定重量(未処理:50g、20%抽出物:40g、40%抽出物:30g)の試料を200ml容メスフラスコに取り、約20cmの高さから数回落下させた後、体積を測定した。

3) 色調測定 日立製作所製、HITACHI 607型 Color Analyzerを用い、30mmセルに試料を入れて反射光を測定した。

4. ピーナッツマカロンの試作

試作したピーナッツマカロンの原料配合を第1表に示した。未処理試料においては粉末ピーナッツ:グラニュー糖の比を1:1とし、超臨界流体抽出した抽残物は第2表に示した抽残物の回収率に相当する量を配合した。卵白は生地が一定の硬さになるように適当量

第1表 ビーナッツマカロンの原料配合

	未処理	20%抽出	40%抽出
ビーナッツ粉末(g)	100	79.4	56.0
グラニュー糖(g)	100	100	100
卵白(g)	78.8	82.1	95.5

第2表 超臨界二酸化炭素流体抽出にともなう物質収支

試料	抽出処理	試料(g)	抽出物		抽残物		回収率(%)
			(g)	(%)	(g)	(%)	
ビーナッツ	10%抽出	1800	200	11.1	1578	87.7	98.8
粉砕物	20%抽出	1800	395	21.9	1394	77.4	99.4
粉末	20%抽出	1800	362	20.1	1429	79.4	99.5
ビーナッツ	40%抽出	1800	790	43.9	1008	56.0	99.9
粉末	20%抽出	1800	345	19.2	1430	79.4	98.6
アーモンド	40%抽出	1800	768	42.7	1027	57.1	99.7

を添加した。

配合量の粉末ビーナッツとグラニュー糖を混合し、卵白を少量づつ加えて生地を作った。天板上のセパレートペーパーにスプーンで直径3cmとなるように生地を流し、電気オーブンで160℃、15～20分間焼成した¹¹⁾。

5. 官能試験

抽残物を用いたマカロンと未処理試料を用いたマカロンをシェッフェの2点比較法¹²⁾により、パネラー20名を用いて官能試験を行った。

実験結果及び考察

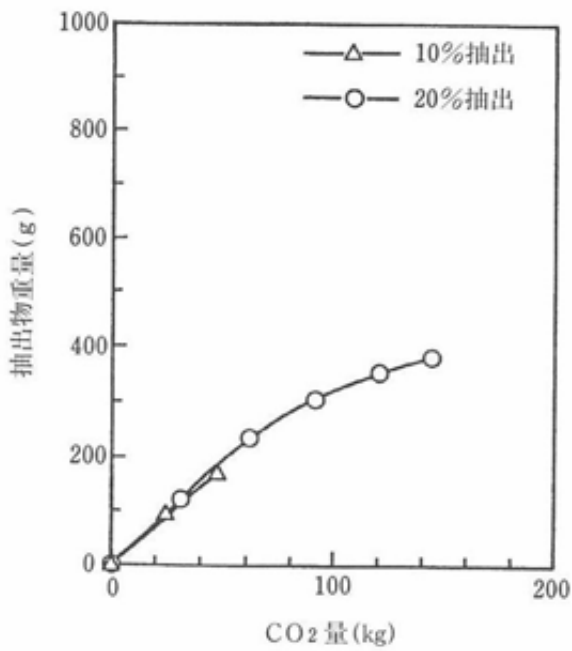
1. 超臨界流体抽出

超臨界流体抽出における物質収支を第2表に示した。設定値にほぼ近い抽出量が得られた。抽出物と抽残物を合わせた全体の回収率は98.6%以上であり、抽出操

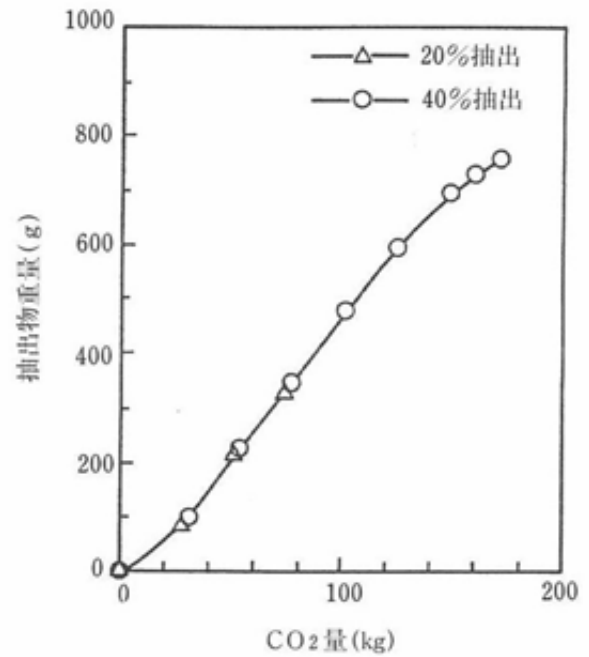
作による損失はわずかであった。

抽出に用いた二酸化炭素量と抽出物重量の関係を第1～3図に示した。ビーナッツ粉砕物の抽出では、約15%（およそ250g）までは抽出物重量が二酸化炭素量に比例して増加したが、それ以後は抽出効率が低下した。これに対して粉末ビーナッツ、粉末アーモンドの抽出では、ほぼ40%まで直線的に抽出物重量が増加した。このように、粉末試料の抽出効率はビーナッツ粉砕物に比べて高く、抽出濃度は約0.5%であった（ただし、粉末アーモンド20%抽出処理では用いた二酸化炭素が吸湿していたために、40%抽出処理よりも効率が低くなったものと考えられた）。

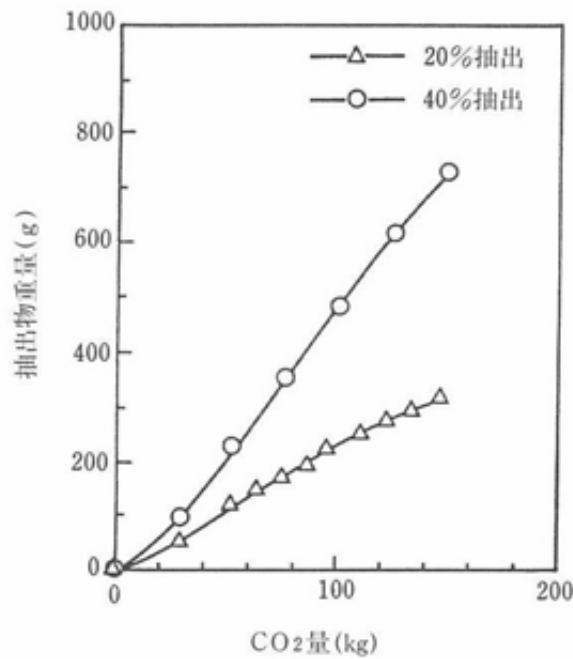
超臨界流体は、液体に比べて拡散係数が大きく、浸透性に優れ¹⁾、固体試料内部からの抽出に有効であると云われている。しかし、実験結果から、ナッツ油の抽出では、抽出効率が試料の粒径に影響を受けることが示された。



第1図 粒ピーナッツ粉砕物の超臨界流体抽出



第2図 粉末ピーナッツの超臨界流体抽出



第3図 粉末アーモンドの超臨界流体抽出

2. 抽残物の分析

超臨界二酸化炭素で脂質を抽出した抽残物の栄養成分組成を第3表に示した。当然のことながら、脂質含有量は脂質の抽出率に応じて低下し、また、これに対応して他の成分が増加した。重量当たりのエネルギーは脂質含有量の低下に伴って低下し、100g当たり20%抽出処理で約75kcal、40%抽出処理で約200kcal低減した。

製菓原料、調理素材としてナッツを使用する場合、特に本試験のように一部の成分を抽出した残物を使用する場合には、重量よりも体積として配合を定める方が意味を持つ場合が多い。そこで、粉末ピーナッツ及び粉末アーモンド抽残物の比容積を測定し、第2表に示した抽残物重量と掛け合わせて抽残物全体の体積を求めた(第4表)。その結果、粉末ピーナッツ、アーモンドともに体積の減少量は10%以下であった。従って、体積当たりの脂質含有量及びエネルギーの低下は顕著であった。40%抽出処理を例にとれば、脂質含有量はピーナッツ、アーモンドともに、それぞれ未処理試料のおおよそ10%、30%に低下した。また、体積当たりのエネルギーは両試料ともに未処理試料の50%以下に低下した。

色調分析の結果を第5表に示した。粉末ピーナッツ、アーモンドともに、抽出率が高くなるに従って、L値が上昇し、a値、b値は低下した。抽残物は抽出率の上昇にともなって油脂の黄色が消失し、白色化する傾向であった。

第5表 ピーナッツ、アーモンド抽残物の色調

	L	a	b
未処理	56.78	5.89	21.98
ピーナッツ20%抽出	69.29	3.02	20.65
40%抽出	77.20	1.06	17.35
未処理	63.34	1.91	20.63
アーモンド20%抽出	73.36	0.55	18.53
40%抽出	81.30	-0.36	13.97

第3表 超臨界二酸化炭素流体抽出物の栄養成分組成

	粒ピーナッツ粉砕物			粉末ピーナッツ			粉末アーモンド		
	未処理	10%抽出	20%抽出	未処理	20%抽出	40%抽出	未処理	20%抽出	40%抽出
水分 (%)	1.9	2.1	2.1	1.7	1.7	2.2	1.3	1.3	1.7
灰分 (%)	2.4	2.7	3.0	2.3	2.9	4.1	3.0	3.6	5.3
脂質 (%)	46.8	40.5	33.0	49.8	37.4	9.2	57.7	48.2	25.1
たんぱく質 (%)	25.7	29.4	32.9	26.6	33.2	48.0	21.9	26.5	38.3
炭水化物 (%)	23.2	25.3	29.0	19.6	24.8	36.5	16.1	20.4	29.6
エネルギー(kcal/100g)	617	583	545	633	569	421	671	621	498
Ca (mg/100g)	51	56	62	58	75	102	284	343	492
鉄 (mg/100g)	1.3	1.7	1.6	2.1	2.7	4.4	3.7	4.5	6.4
リン (mg/100g)	446	499	551	414	519	744	520	631	916

第4表 ビーナッツ, アーモンド抽残物の比容積, 抽残物体積, 及び体積当たりの脂質含量, エネルギー

		比容積 (ml/g)	抽残物体積 (ml)	脂質含量 (g/100ml)	エネルギー (kcal/100ml)
ピーナッツ	未処理	1.80	3240	27.7	352
	20%抽出	2.11	3015	17.7	270
	40%抽出	2.96	2984	3.1	142
アーモンド	未処理	1.92	3456	30.1	349
	20%抽出	2.12	3032	22.7	293
	40%抽出	3.07	3153	8.2	162

3. ビーナッツマカロンの試作

マカロンはナッツ特有の濃厚な油脂味と香味を最も生かした菓子であり, ほぼ同量の粉末ナッツと砂糖を卵白で練り合わせて, 低温において焼き上げるものである。

未処理粉末ピーナッツを使用した試料を対照として, 官能試験した結果を第6表に示した。色, 味, 香りに有意な差は認められなかったが, 組織, 総合評価は未処理試料の方がよいという結果が1%レベルで認められた。比容積からわかるように抽出試料は, 脂質の除去に伴って多孔性となり, 吸水性が高くなった。また, 第1表の配合表に示したように高い抽出処理の抽残物は, 同程度の硬さの生地を作るために多くの卵

白を必要とした。さらに, 焼成中に抽残物が卵白水分を吸収したために, 焼成品が固めに仕上がったと考えられる。組織及び総合評価の差異は, 以上の理由によるものと判断される。粉末アーモンド抽残物を使用してスポンジケーキを試作した場合においても, 浮きが少なく, 製品が固めに仕上がる傾向が見られた。これについては, 配合時の生地的水分量を多くするとともに, 吸水を考慮して, 生地の実成時間を検討することによって解決できるものと考えられる。一方, 味, 香りに差が認められなかったことは, 超臨界流体抽出法で脂質を除去したナッツ抽残物が低脂肪, 高たんぱく質食品新素材として十分利用可能なことを示唆したものである。

第6表 官能試験 (未処理試料との比較)

試験項目	20%抽出	40%抽出
色	-	-
組織	++	++
味	-	-
香り	-	-
総合評価	++	++

- : 有意差なし

+ : 5%有意, ++ : 1%有意

要 約

ピーナッツ粉碎物, 粉末ピーナッツ, 粉末アーモンドから脂質を300kg/cm³, 40℃の条件で超臨界流体抽出した。ピーナッツ粉碎物は全重量に対して10, 20%を抽出し, 粉末試料は20, 40%抽出した結果, 抽出効率は粉末試料の方が高かった。

抽出率に応じて抽残物の脂質含有量は低下し, これに対応して他の成分の割合が増加した。また, 抽残物の体積減少は小さく, 体積当たりの脂質含有量, エネルギーは顕著に減少した。

粉末ピーナッツ抽残物を利用してマカロンを試作し, 官能試験を行った結果, 色, 味, 香りに差異は認められなかったが, 組織が固く総合評価で劣っていた。これは抽残物が多孔質であるために生地中の水分をよく吸収したため, 製品が固く焼き上がったものと考えられる。

文 献

- 1) 小林 猛, 安芸忠徳編: 超臨界流体の最新利用技術, p1-71, テクノシステム(1986)
- 2) G. R. List and J. P. Friedrich : J. Am. Oil Chem. Soc., 62, 82-84(1985)
- 3) M. Fattori, N. R. Bulley, and A. Meisen : J. Agric. Food Chem., 35, 739-743(1987)
- 4) D. D. Christianson, J. P. Friedrich, G. R. List, K. Warner, E. B. Bagley, A. C. String-fellow, and G. E. Inglett : J. Food Sci., 49, 229-232(1984)
- 5) 高木和子, 奥山典生, 山内芳雄, 齊藤宗雄: 食品照射, 23, 46-50(1988)
- 6) M. Taniguchi, R. Nomura, M. Kamihira, I. Kijima, and T. Kobayashi : J. Ferment. Technol., 66, 347-353(1988)
- 7) M. Taniguchi, R. Nomura, M. Kamihira, M. Shibata, I. Fukaya, S. Hara, and T. Kobayashi : J. Ferment. Technol., 65, 211-214(1987)
- 8) G. W. Froning, R. L. Wehling, S. L. Cuppett, M. M. Pierce, L. Niemann, and D. K. Siekman : J. Food Sci., 55, 95-98(1990)
- 9) 福田嘉和, 大口 晃, 加藤 熙: 愛知食品工技年報, 32, 20-26(1991)
- 10) 福田嘉和, 大口 晃, 加藤 熙: 愛知食品工技年報, 33, 50-55(1992)
- 11) 渡辺長男他編: 製菓事典, p381-382, 朝倉書店(1981)
- 12) 日科技官能検査委員会編: 新版官能検査ハンドブック, p356-364, 日科技連出版社(1979)