

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1報)

超臨界二酸化炭素流体によるナッツ類の脂肪抽出

福田嘉和・大口 晃^{*}・加藤 熙

超臨界抽出法とは、臨界圧力と臨界温度を超える条件で得られる超臨界流体を溶媒とする抽出法である。特に二酸化炭素は、臨界温度が31.0℃、臨界圧力が73.8気圧と他の物質に比べて比較的 low¹⁾、化学的に無毒で反応性が低いということから食品、医薬品分野に多く応用されている。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、ホップ成分の抽出が実用化されている。また、ダイズ²⁾、トウモロコシ胚芽³⁾、ナタネ⁴⁾の油脂の抽出、コンショウ⁵⁾、ワサビ⁶⁾の香気成分の抽出について研究報告されている。

ナッツ類は、脂質、たんぱく質を多く含有し、無機成分に富む優れた栄養価の食品である^{7), 8)}。嗜好的にも、芳しい香りと、快い食感を持つことから多くの人に愛好され、菓子や各種調理の原材料として多く利用されている。しかし、近年の低カロリー志向や、ナッツ類の脂肪が酸化しやすいことから、脂肪含量を低下したいという要望が高まっている。この研究では、超臨界抽出法を用いてナッツ類の脂肪含量を低減することを目的として、抽出条件と抽出率との関係を明らかにした。

実 験 方 法

1. 材料

ピーナッツ、アーモンド、カシューナッツの市販ロースト品を使用した。ピーナッツ、カシューナッツは薄皮をむいたもの、アーモンドは薄皮付きを用いた。各試料は変敗を防ぐため、抽出時まで窒素置換包装し、5℃で保存した。

2. 抽出装置

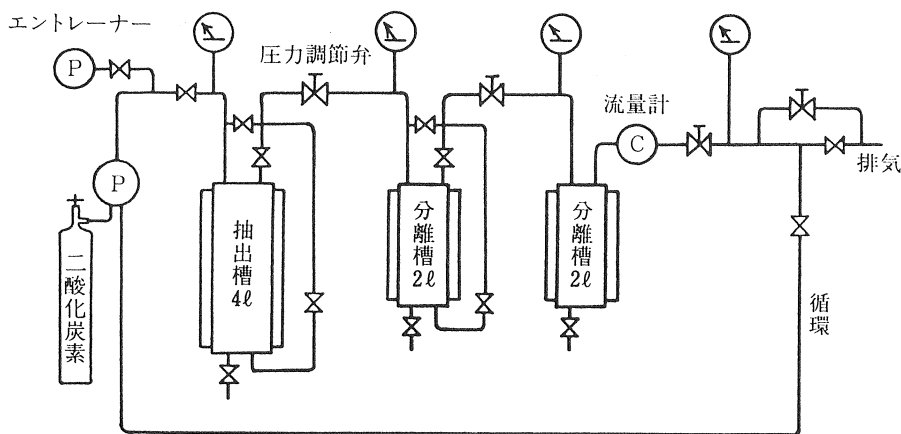
使用した超臨界抽出装置(三菱化工機株式会社製)の概略を第1図に示した。この装置は、二酸化炭素ガスをポンプで抽出槽、分離槽に送り込み加圧する。抽出槽、分離槽Ⅰ、Ⅱの圧力は各槽の二酸化炭素出口側にある圧力調節弁で調節する。温度は各槽を取り巻くジャケット部に温度調節した水を通して一定にする。抽出槽の容量は4ℓ、分離槽の容量は各2ℓである。分離槽で気体状態となった二酸化炭素は、循環系を通り圧縮ポンプへ戻る。

3. 抽出操作

試料500gは抽出時に粉碎して5mm以下とし、抽出槽にセットした。超臨界二酸化炭素は、抽出槽上部

※清田産業株式会社

から送り込み下部から取り出した。抽出圧力は、100, 200, 300kg/cm²の3段階を設定した。分離圧力は、第Ⅰ槽を50kg/cm²、第Ⅱ槽を20kg/cm²とした。抽出温度は全ての処理で40℃とした。分離槽Ⅱ、分離槽Ⅰ、抽出槽の順に二酸化炭素圧力を設定値に調節し、二酸化炭素の循環が安定した後、一定時間（各圧力について1, 3, 5時間）抽出を行った。抽出物は抽出終了後に取り出した。



第1図 超臨界抽出装置

4. 成分分析⁹⁾

水分は105℃で乾燥した時の減量として、灰分は550℃で灰化した残物として求めた。脂質はソックスレー抽出法、たんぱく質はケルダール窒素定量法により測定した。たんぱく係数はピーナッツ：5.46、アーモンド：5.18、カシューナッツ：5.30を用いた。炭水化物は100%から水分、灰分、脂質、たんぱく質含量を差し引いて算出した。エネルギーは、脂質9 kcal/g、たんぱく質4 kcal/g、炭水化物4 kcal/gとして100g当たりのカロリーとして求めた。無機成分の測定には、乾式灰化後、溶液化した試料液を用いた。カルシウムは過マンガン酸容量法により、リンはモリブデン酸青比色法により、鉄は原子吸光光度法により測定した。

実験結果および考察

1. ナッツ類の成分

抽出に用いたピーナッツ、アーモンド、カシューナッツの成分を第1表に示した。ローストした試料であるため、水分量はそれぞれ2.0%、1.5%、3.9%と低かった。構成成分の中では、脂質の比率が極めて高く（それぞれ50.6%、55.6%、48.5%）、固形物の2分の1以上を占めた。このため100g当たり

第1表 ピーナッツ，アーモンド，カシューナッツの成分

	ピーナッツ	アーモンド	カシューナッツ
水分(%)	2.0	1.5	3.9
灰分(%)	2.3	3.0	2.5
脂質(%)	50.6	55.6	48.5
たんぱく質(%)	27.5	21.3	26.7
炭水化物(%)	17.6	18.6	18.4
エネルギー(kcal/100g)	636	660	617
無機成分(mg/100g)			
カルシウム	74	285	56
リン	385	477	494
鉄	2.0	5.0	6.3

たんぱく係数は、ピーナッツ:5.46, アーモンド:5.18, カシューナッツ:5.30を用いた。

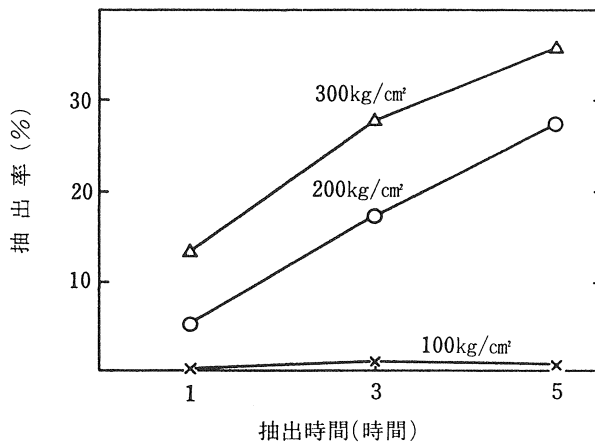
のエネルギーはいずれも600kcalを超え、ナッツ類が極めて高いカロリー食品であることを示した。また、たんぱく質含量は20%を超え、無機成分(リン, 鉄, カルシウム)も多く含まれていることから、ナッツ類の高い栄養価が認められた。

2. 超臨界抽出

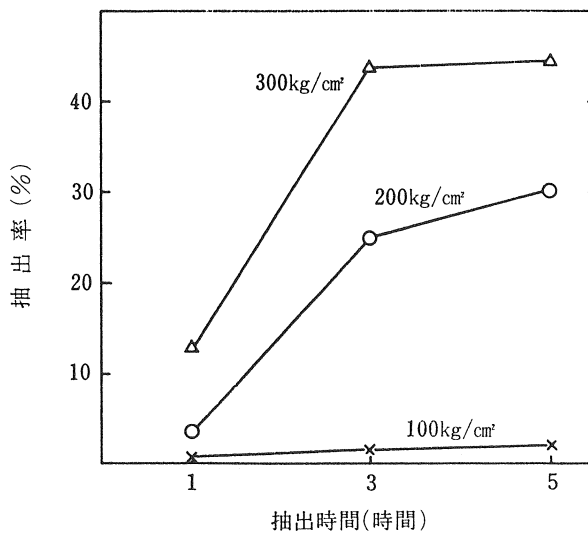
超臨界抽出条件の詳細な検討を行う前に、ピーナッツを粉砕せず粒の状態で脂肪抽出した。超臨界流体の浸透性は高く、粒内部の脂肪抽出が可能と考えられるためである。ナッツ類は粉体で食品加工原料に用いられるほか、粒のまま食用にされる場合が多い。従って、粒の状態を保ち脂肪抽出が可能であれば、食品素材としての利用価値はより高くなる。抽出試験の結果、抽出効率は後述の粉砕物を試料とする場合に比べて低く、抽出後に取り出された抽残物はかなり細かく粉砕されていた。抽出効率が低かったのは、粉砕された粒の表面部分の脂肪のみが抽出され、内部の脂肪は抽出されないためであった。また、抽残物が粉砕されたのは、圧縮ポンプから送り込まれる超臨界流体の衝撃や、組織内に浸透していた二酸化炭素が圧力開放時に膨張したためと考えられる。これらのことから、ナッツ類の超臨界抽出は、あらかじめ粉砕した試料を用いることとした。以下の実験では粒径5mm以下に粉砕した試料を用いて超臨界抽出を行った。

ピーナッツ, アーモンド, カシューナッツの超臨界抽出法による脂肪の抽出率を第2～4図に示した。抽出率は試料に含まれる脂質全量に対する抽出物重量の比率として表した。ピーナッツ(第2図)の場合

合、抽出圧力 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ における抽出率は抽出時間1, 3, 5時間ともに1%程度と低く、脂肪はほとんど抽出されなかった。 $200\text{kg}/\text{cm}^2$, $300\text{kg}/\text{cm}^2$ と抽出圧力が高いほど抽出率は高かった。 $200\text{kg}/\text{cm}^2$, $300\text{kg}/\text{cm}^2$ の抽出率は、1から5時間の範囲で時間とほぼ直線関係にあり、5時間では最高抽出量に達しなかった。



第2図 超臨界二酸化炭素によるピーナッツの脂肪抽出

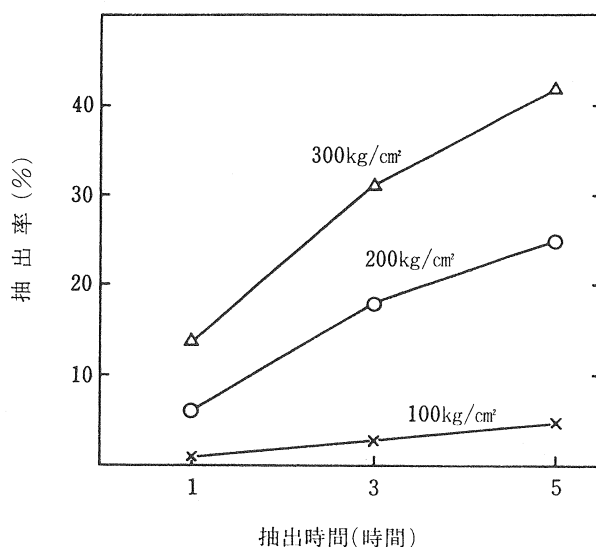


第3図 超臨界二酸化炭素によるアーモンドの脂肪抽出

アーモンド(第3図)の場合も、 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ の抽出率は2%以下と低く、脂肪の抽出はほとんどみられなかった。 $200\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ ではピーナツの場合と同様に抽出圧力が高くなるに従い抽出率は高くなった。3時間後の抽出率をピーナツの場合と比較するとアーモンドの方がかなり高く、 $200\text{kg}/\text{cm}^2$ で25%、 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ で44%に達した。しかし3時間抽出と5時間抽出の間では、抽出率に大きな差はみられなかった。この図より、実験に用いた試料粉碎状態では、 $200\text{kg}/\text{cm}^2$ では35%程度、 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ では45%程度が抽出率の上限であると推察された。

カシューナツの場合は(第4図)、 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ の抽出率がピーナツ、アーモンドに比べてやや高いという程度であり、 $200\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ の抽出率については、圧力が高いほど抽出効率が低いこと、5時間まで直線的に抽出率が上昇していることなどピーナツの抽出の結果と同様であった。

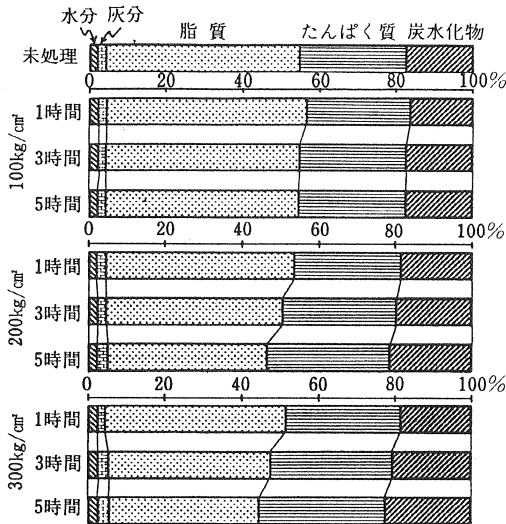
超臨界抽出を行った抽残物は、脂肪の抽出率が高まるに従い黄色味が減少し、白っぽくなった。脂肪抽出率が20%を超えた処理の抽残物は、香りが弱く、油脂味も感じられなかった。一方、超臨界抽出油は、食用油の抽出溶媒として認められているヘキサンで抽出した油と比較した。超臨界抽出油は、ヘキサン抽出油に比べ、黄色が薄く、淡い色調であった。特にアーモンドでは、薄皮付きの試料を用いたので、ヘキサン抽出物には薄皮由来の赤色の色素が混入していたが、超臨界抽出では抽出されておらず純粋な油脂が抽出できることがわかった。香りも超臨界抽出油の方が強くヘキサン抽出油より良好であった。



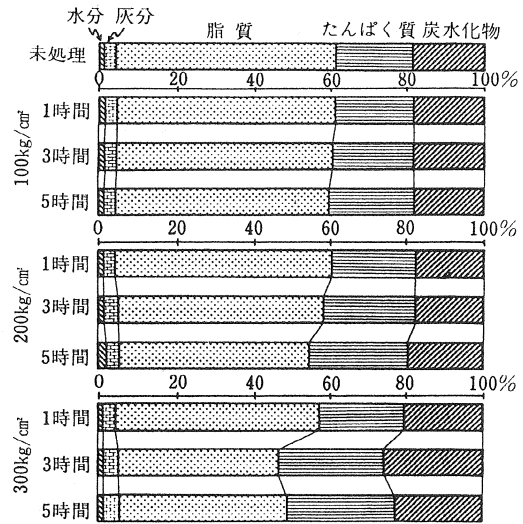
第4図 超臨界二酸化炭素によるカシューナツの脂肪抽出

3. 超臨界抽残物の成分

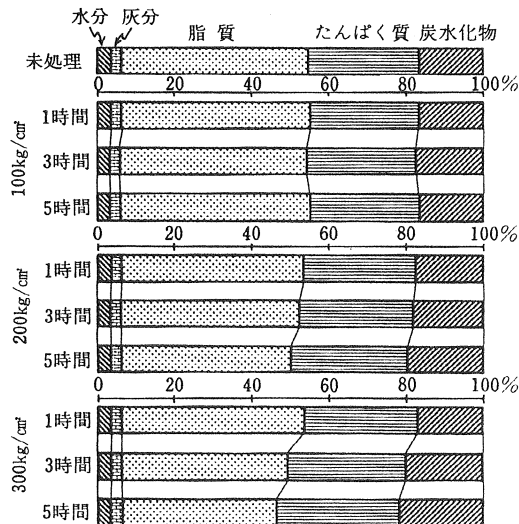
超臨界抽出による脂質含量の低下をみるために抽残物の成分を調べ、その結果を第5～7図に示した。脂質の含有率は抽出率に対応して低下した。たんぱく質、炭水化物の含有率は脂質含有率の低下した分だけ相対的に上昇した。しかしながら、脂肪抽出率が20%を超えた処理の抽残物はほとんど油脂味を感じなかったにもかかわらず、脂質含量は比較的高い値を保っていた。



第5図 超臨界抽出によるピーナッツの成分の変化



第6図 超臨界抽出によるアーモンドの成分の変化



第7図 超臨界抽出によるカシューナッツの成分の変化

要 約

超臨界抽出法によりナッツ類の脂肪を抽出し、低脂肪、低カロリー化を試みた。ピーナッツを粒の状態で超臨界抽出したが、抽出中にピーナッツ粒は細かく粉碎され、抽出効率も低かった。ピーナッツ、アーモンド、カシューナッツの粉碎物を100, 200, 300kg/cm²の圧力で1, 3, 5時間抽出した。いずれの試料においても抽出圧力100kg/cm²では脂肪の抽出はできず、200, 300kg/cm²と高圧力ほど脂肪の抽出量は増加した。3種類のナッツの中ではアーモンドが最も抽出効率が高く3時間ではほぼ上限に達した。ピーナッツとカシューナッツの抽出率は5時間まではほぼ直線的に増加した。抽出油は、ヘキサン抽出油に比べ黄色が薄く、香りが高かった。抽出率が20%を超えた抽残物では、食感的には油脂味が感じられなかった。

文 献

- 1) 小林ほか編：超臨界流体の最新利用技術，テクノシステム（1986）
- 2) G.R. List, and J.P. Friedrich : JAOCS, **62** (1), 82 (1985)
- 3) D.D. Christianson et al. : J. Food Sci., **49**, 229 (1984)
- 4) M. Fattori, N.R. Bulley, and A. Meisen : J. Agric. Food Chem., **35**, 739 (1987)
- 5) K.U. Sankar : J. Sci. Food Agric., **48**, 483 (1989)
- 6) M. Taniguchi, R. Nomura, I. Kijima, and T. Kobayashi : Agric. Biol. Chem., **51**, 413 (1987)
- 7) 堀江, 渡辺：食用ナッツ類の研究, p.37, 愛知学泉大学生生活科学研究所（1988）
- 8) 科学技術庁資源調査会編：四訂日本食品標準成分表, p.90, 大蔵省印刷局（1982）
- 9) 永原ほか：全訂食品分析法, 柴田書店（1964）