

Ⅱ 研究成果の概要

第1 課題 栄養成分評価に関する研究

(1) ルバーブ、桑葉及び鶏卵中の機能性成分等について

谷 孝之・中岡正吉・岸美智子（衛生研究所），成松次郎（農業総合研究所）

有賀 勲（蚕業センター），岸井誠男（畜産試験場）

1 研究目的

成人病予防の点からも食品中の生理的に有用な作用を示す機能性成分に対する関心が現在高まっている。そこで、神奈川県産の食品素材としてルバーブ、桑葉及び鶏卵を取り上げ、機能性成分等の食品成分を分析調査し、それらにつき、栄養学的に評価し、健康維持・増進、成人病予防に役立つものを見出すことを目的とした。

2 研究成果

(1) 研究方法

各食品素材を生の状態、または凍結乾燥粉末を作成し、各成分を測定した。

(2) 成果

1) ルバーブ：ミネラル類（Ca、P、Fe、Na、K）、ビタミン類（レチノール、カロチン、ビタミンB₁<V.B₁>、V.B₂、ナイアシン、V.C）ともに他の野菜類に比べて特長は認められなかった。食物繊維量はダイコン葉程度であり、遊離シュウ酸含量はハウレンソウより少なく、アントラキノン誘導体は茎より根に大部分存在していた。2) 桑葉：ミネラル類、ビタミン類でせん茶より高かったのは、Ca、Fe、Na及びV.B₁のみであった。食物繊維量は多く、乾重量当りではゴボウに近かった。3) 鶏卵：5品種間で卵黄中のコレステロール、リン脂質及び12種類の脂肪酸量では有意差は認められなかった。また、エイコサペンタエン酸（EPA）、ドコサヘキサエン酸（DHA）高濃度含有魚油精製粉末の8%添加飼料での飼育2週間目において卵黄中へのEPA、DHAの移行量が最大となった。

3 研究成果の意義と利用方法

食品素材のうち特にルバーブと桑葉は今までその機能性成分についての分析調査例が少ないので、今回の成果は利用され得ると考える。

4 今後の展望と課題

各食品素材につき、さらに機能性成分等の分析調査を進めていく必要がある。今後、ルバーブは結合型アントラキノン、桑葉はフラボノイド、タンニン類を、また、鶏卵は卵中への移行成分として鉄分及びV.C等を検討する計画である。

(2) 桑葉中植物ステロールについて

岸美智子（衛生研究所），有賀 勲（蚕業センター）

1 研究目的

植物葉中にその存在が知られている植物ステロール（フィトステロール）は、腸管においてコレステロールの吸収抑制効果を持ち、また発ガンの誘導を阻害するという報告もある。桑葉中の植物ステロールの主成分はシトステロールとされているが、その含有量については明かではない現状にある。桑葉中の植物ステロールの定性と定量を行った。

2 研究結果

(1) 研究方法

桑茶用に加工された桑葉を粉末とし、脂溶性成分を抽出し、キャピラリーガスクロマトグラフィにより分離し、マススペクトルによる同定と水素炎イオン化法（F I D）による定量を行った。

(2) 成果

桑茶用に加工された桑葉中のステロールとしてシトステロール及びスチグマステロールとその糖結合体の存在が確認されたが、他のステロールは検出されなかった。また含量は、シトステロールは0.046%、スチグマステロールは約0.003%であった。

3 研究成果の意義と利用方法

桑葉中のシトステロール及びスチグマステロールの含有量は単独では生理作用を引き起こすと思われる量ではなかった。桑葉の生理作用解明の際の参考データにできる。

(3) ルバーブ中のアントラキノン類の定量

大森清美・岸美智子（衛生研究所），成松次郎（農業総合研究所）

1 研究目的

ルバーブ中に含有される成分の中で、ルバーブに特徴的であり、また生理活性を有する成分でもあるアントラキノン類について、薄層クロマトグラフ法（TLC法）及び液体クロマトグラフ法（HPLC法）により定性及び定量を行った。

2 研究成果

(1) 研究方法

- 1) 結合型及び遊離型アントラキノン量は、比色定量法により、1,8-ジヒドロオキシアントラキノン量として定量した。
- 2) 遊離型アントラキノン類については、薄層クロマトグラフ法（TLC法）及び液体クロマトグラフ法（HPLC法）により定性を行い、HPLC法により各種遊離型アントラキノンの定量を行った。

(2) 成果

- 1) 結合型及び遊離型アントラキノン量は、根、葉、茎の順序で多く含有されており、食用とされる茎は根に比べて生重量1 gあたりでは、結合型で40分の1、遊離型では100分の1程度であった。
- 2) ルバーブ茎中の遊離型アントラキノンの組成は、エモジン、アロエエモジン、フィシオンであり、HPLC法での定量結果は、生重量1 gあたりエモジン6 μ g、アロエエモジン0.4 μ gであった。

3 研究成果の意義と利用方法

ルバーブ中のアントラキノン類の定量結果は、ルバーブのもつ生理活性の中でアントラキノン類がどのように、またどの程度を担っているかを知るうえで有用である。

4 今後の展望と課題

ルバーブ茎中の結合型アントラキノン類について定性及び定量を行い、さらにルバーブ特有の成分が発見されることが期待される。

(4) ルバーブの一般成分の分析

廣部 誠*・吉田 誠（農業総合研究所）

1 研究目的

県内で生産され、また新たに地域特産物となる可能性を有する野菜のうち、生体調節機能を有する可能性の高いルバーブを対象に、一般成分や機能性の解明、評価を行うとともに、この野菜を素材として機能性、嗜好性を高めるための加工技術の開発を行う。

2 研究成果

(1) 研究方法

農業総合研究所葉根菜科で栽培された“マイアッツ・ビクトリア”と“SNO4142”の2品種を供試した。試料採集は5回とした。また、追肥の施肥量試験が行われた“マイアッツ・ビクトリア”を供試した。施肥量試験は、追肥で年間0、10、20、40kg/10aの4区。肥料はN K化成で、1回当たり5kgを4～6月に2～8回に分けた施用した。試料採集は3回とした。

分析項目は、水分（105℃、24時間乾燥）、窒素（ケルダール法）、リン（バナドモリブデン酸アンモニア法）、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム、鉄、マンガン、銅、亜鉛（原子吸光法）について分析を行った。

(2) 成果

一般成分の変化を調査した結果、各要因により成分に変化が見られた。

品種、追肥による比較試験ともに乾物率に特徴が認められた。

無機成分は、多量要素としてカリウム、窒素、カルシウム、微量元素としてマンガン、亜鉛、鉄、銅が含まれることがわかった。一定の傾向は確認できなかったがそれぞれの要因により変動があった。

3 研究成果の意義と利用法

食品素材として用いる場合、原料の水分状態がその保存、加工処理に影響を与える。各要因による乾物率の変動をおさえることが重要である。

4 今後の展望と課題

無機質以外の成分について分析を行う。また、成分の栽培年度差を検討する。

*現園試 根根府川分場

(5) 桑葉の一般成分の乾燥方法による差異

高橋恭一・鈴木 誠・有賀 勲（蚕業センター）

1 研究目的

桑葉は古来より生薬として用いられてきており、その成分には各種の機能性物質が含有されている可能性が高く、桑葉中の機能性成分を明らかにし、適切な加工・調理法が確立されれば、高付加価値型食品として有望であると考えられる。桑葉を素材とした食品を創製する場合、お茶のように浸出液を飲むか、乾燥粉末として食品に添加することが考えられる。そこで、桑葉の栄養・機能性成分を変化させることなく、かつ、大量に素材を供給できる方法を開発するため、乾燥方法を異にして品種、採取時期・部位別に桑葉を調整し、その分析を行った。

2 研究成果

(1) 研究方法

桑葉を品種別（3品種）、採取時期別（春、秋）、採取部位別（上葉位、下葉位）に採取し、それぞれを自然乾燥、熱風乾燥、製茶機乾燥、凍結乾燥の4方法によって乾燥し、粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分、水分率の一般成分を分析した。

(2) 成果

それぞれの成分を分析した結果、乾燥方法別では、自然乾燥法において粗蛋白質、粗灰分、水分率が多い傾向にあり、製茶機乾燥法においては粗脂肪が他の乾燥方法よりも少なかった。採取時期別にみると粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分は春より秋が多く、水分率は秋より春が高かった。品種別にみると、粗蛋白質が秋の「しんけんもち」で高かった。採取部位別では粗蛋白質は上葉位が下葉位より多い傾向にあり、粗脂肪、粗灰分は下葉位が上葉位より多い傾向が認められた。

3 研究成果の意義と利用方法

採取時期別では差が認められたものの、乾燥方法別、品種別では大差はなかった。製茶機乾燥法は1行程（約2時間）で30kgの生桑葉から、約6kgの乾燥粉末を生産することが可能であり、桑葉を食品素材として利用する場合、大量に調整する一つの有望な手段であると考えられる。

4 今後の展望と課題

乾燥方法別に粗繊維、ミネラル等、他成分についてもさらに検討する必要がある。

第2 課題 成人病予防及び生理機能評価に関する研究

[循環系に及ぼす影響評価]

(1) 桑葉およびルバーブの血圧抑制効果に関する研究

佐藤修二・小島 尚・宮原智江子・堀口佳哉（衛生研究所）
成松次郎（農業総合研究所）、
鈴木 誠・高橋恭一・有賀 勲（蚕業センター）

1 研究目的

食品素材としての桑葉およびルバーブの循環系に対する生理機能を検索するために、これらの血圧抑制効果を中心に検討を行った。

2 研究成果

(1) 研究方法

5週齢の自然発症高血圧ラット（SHR）および正常ラット（Wistar系）の雄を用い、以下の実験を行った。

- 1) 桑葉およびルバーブの血圧抑制効果の検索
- 2) 桑葉にみられた降圧効果の確認
- 3) 桑葉の降圧作用機序の検討

昇圧剤（ノルアドレナリン、アンジオテンシン）に対する影響および、血清成分への影響を調べた。

(2) 成果

- 1) 桑葉連続摂取（12および18週）で高血圧ラットの最低血圧抑制効果が示された。
- 2) ルバーブでは、血圧抑制効果は示されなかった。
- 3) アンジオテンシン、ノルアドレナリンの昇圧作用に対する、桑葉連用の影響は認められなかった。
- 4) 血清カルシウム-マグネシウム比率の桑葉用量に依存した変動が示された。

3 研究成果の意義と利用方法

桑葉の連続摂食により血圧抑制効果を示唆する結果が得られた。このことは、桑葉が食品素材として有用であることを示すと共に、桑葉の利用に付加価値を与える結果であろうと考える。

4 今後の展望と課題

他の研究成果（血清脂質・血糖・血小板凝集能制御機能）との関連性、作用機序、作用成分等に関する検討が必要であろうと考える。また、桑葉中には血圧抑制機能の関連成分として γ -アミノ酪酸等が含まれている。それら成分と生理機能との関連性についても興味のもたれるところである。

(2) コレステロール食給餌家兎における桑葉の脂質代謝に及ぼす影響

土井佳代・小島 尚・堀口佳哉（衛生研究所）

有賀 勲・鈴木 誠・高橋恭一（蚕業センター）

原田昌興（がんセンター臨床研究所）

1 研究目的

食品素材としての桑葉は、フィトステロール等の植物成分、食物繊維やタンパク質に富んでいることから循環系に及ぼす効果が予想された。動脈硬化症や虚血性心疾患は血清脂質の増加によるアテローム性動脈の形成などが大きく関与していることが明らかになっている。そこで桑葉の脂質代謝に及ぼす効果を検討した。

2 研究成果

(1) 研究方法

1%コレステロールを含有する餌を摂取させることにより高脂肪血症とした家兎に桑葉及び桑葉より調整した桑茶を配合した餌を摂取させ、血清中の総コレステロール等脂質成分の変動を試験し、実験終了時には剖検及び肝臓の病理組織学的検討を行った。

(2) 結果

1%コレステロール含有食を摂取した家兎は血清総コレステロール値が10週にかけて増加した。1%コレステロールと2.5%桑葉添加食を摂取した家兎では総コレステロールの増加を有意に抑制した。この現象は他の脂質成分でも見られた。次に、1%コレステロール食で4週間飼育し、血清脂質を増加した後、1%コレステロールにさらに桑葉と桑茶を添加した餌に切り替えて同様の実験を行った結果、2.5%桑葉及び5%桑茶添加群で有意な血清コレステロール増加抑制が見られた。いずれの実験でも家兎の肝臓の病理組織学的観察では、中心静脈周囲の脂肪化は桑葉あるいは桑茶添加群ではその傾向は弱く、脂肪蓄積の抑制効果がみられた。

3 研究成果の意義と利用方法

桑葉及びその浸出液の桑茶には、コレステロールを負荷した家兎の血清及び肝臓の脂質蓄積に抑制効果が見られた。このことは食品素材として検討する価値があることを示唆するものと考えられる。

4 今後の展望と課題

桑葉の脂質代謝に寄与する作用成分の検討及びその食品としての有効な摂取形態について検討する必要があると考える。

(3) 正常並びに糖尿病ラットにおける糖吸収に及ぼす桑葉及びルバーブの影響

宮原智江子・佐藤修二・川名清子・堀口佳哉（衛生研究所）

鈴木 誠・高橋恭一・有賀 勲（蚕業センター）

成松次郎（農業総合研究所）

1 研究目的

高齢化社会の到来や食生活の欧米化が進むとともに、糖尿病の罹患率も増大しつつある。糖尿病は日常的な食習慣などがかなり反映すると考えられており、糖吸収の調節機能を持つ食品への期待は大きい。そこで、新たな食物資源として桑葉並びにルバーブについて実験動物を用いて耐糖能を検討し血糖調節の機能性評価を行うことを目的とした。

2 研究成果

(1) 研究方法

1. 正常ラットに食物繊維（桑粉末、サイリウム、ペクチン、フスマ、セルロース）を糖液（グルコース、4 g/kg）とともに経口投与負荷を行い糖吸収への影響を検討した。
2. 正常並びに実験的糖尿病態（ストレプトゾトシン処置）ラットへの桑茶エキス（3 g/kg/回）及びサイリウム（120mg/kg/回）反復経口投与後、糖吸収を検討した。
3. 実験的糖尿病態並びに自然発症糖尿病ラットを用いて桑葉及びルバーブ添加飼料（5%、2.5%）を投与し、4、8、16週間後に糖吸収を検討した。

(2) 成果

1. 正常ラットへの桑葉並びにサイリウム併用糖負荷により糖単独負荷時よりも糖吸収は抑制された。
2. 桑茶エキス並びにサイリウム反復投与実験では正常ラットの場合には、各併用糖負荷により対照の糖液単独負荷よりも初期に血糖吸収の抑制傾向を示した。
3. 桑葉添加飼料投与実験では実験的糖尿病態ラットにおいて2.5%群で糖負荷時の血糖上昇抑制が認められた。ルバーブ投与群では糖吸収抑制効果は認められなかった。
4. 自然発症糖尿病ラットへの桑葉添加飼料投与では糖の吸収抑制は認めなかったが、ルバーブ投与群では5%群に糖吸収抑制が認められた。また、血中脂質の低下傾向も示された。

3 研究成果の意義と利用方法

桑葉及びルバーブの摂取により糖吸収抑制効果が示唆されたことは、成人病予防機能を持つ食品への応用の可能性が期待できる。

4 今後の展望と課題

糖吸収抑制作用を持つ成分の検索並びに機序を明らかにしていくことが必要である。

(4) 高脂肪食給与幼若雌ラットの腹腔内蔵脂肪蓄積におよぼすルバーブの影響

高橋誠司・只野ちがや・宮原 忍・榎原高尋（栄養短期大学）

原田昌興・清水昭男（ガンセンター臨床研究所）

成松次郎（農業総合研究所）

1 研究目的

成人病の増加にともないその誘因となる肥満の予防が社会的にも大きな課題となっている。そこで、ルバーブ葉柄粉末が体脂肪蓄積に対して抑制作用を有するものかどうかを目的に検討を行った。

2 研究成果

(1) 研究方法

ルバーブ添加高脂肪（HF）食給与幼若雌ラットを40日間飼育し、腹腔内脂肪、屠体と皮の各脂質含量を測定した（実験1）。同様に幼若動物を5ヶ月半飼育し、腹腔内蔵脂肪および脂肪細胞面積を測定した（実験2）。

(2) 成果

ルバーブは、各部位の脂肪蓄積（実験1）および腸間膜脂肪湿重量/体重比と同脂肪細胞面積（実験2）に対し用量依存的な抑制傾向を示した。

3 研究成果と意義と利用方法

ルバーブが腸間膜脂肪重量および細胞面積の増大を抑制する傾向を示したことは、肥満に伴う糖・脂質代謝異常の改善にルバーブが役立つ可能性を示唆した。

4 今後の展望と課題

内蔵脂肪蓄積型肥満の概念をモデルに実験を進めてきたが、さらに運動負荷が腸間膜脂肪重量、細胞サイズ、肝臓中のトリグリセリド、血中の糖・脂質関連成分およびリポ蛋白質におよぼすルバーブの影響を検討する。

[消化器系に及ぼす影響評価]

(1) 桑葉およびルバーブの食物繊維の試験管内における特性の検討

貫山道子・山田利治（衛生研究所），成松次郎（農業総合研究所）

鈴木 誠・高橋恭一・有賀 勲（蚕業センター）

1 研究目的

食品中の繊維やその他の不消化性成分が、必須栄養素とは質的に異なる作用を介して人間の健康と深く係わり、ある恒常性維持作用と治療的役割を持つ物質であることが明らかになりつつある。わが国でも近年、食物繊維の生理作用が注目され、それらの製品が種々発売されている。ルバーブおよび桑葉の食物繊維が *in vitro* で陽イオンにどのような影響を及ぼすかを検討した。

2 研究内容

(1) 研究方法

食物繊維（以下DFとする）の分析は①Southgate法、②ASP法、③Prosky-AOAC法の3方法で実施した。分画は熱水抽出により水可溶性のペクチン質を分画し、残渣については常法により成分分画を実施した。DFの金属吸着能の検討は陽イオンとして Fe^{+3} 、 Cu^{+2} 、 Zn^{+2} 、 Cd^{+2} を用い市販のレモンペクチンを対照品とし、陽イオン添加後37℃、10時間インキュベートし限外濾過をおこない、濾液の金属量を測定し吸着量を求めた。

(2) 成果

ASP法によるDFの分析結果：水可溶性DF含有量はルバーブ粉末（14.0%）、桑葉粉末（7.9%）、水不溶性DF含有量はルバーブ粉末（29.9%）、桑葉粉末（45.0%）であった。ペクチン質の分析結果（ウロン酸含量として）：水可溶性ペクチン含有量はルバーブ粉末（7.7%）、桑葉粉末（2.2%）、レモンペクチン（68.0%）、水不溶性ペクチン含有量はルバーブ粉末（1.3%）、桑葉粉末（4.1%）、レモンペクチン（0%）であった。金属吸着作用：pHの影響を Fe^{+3} で検討したところ、pH1.2～3.0においてレモンペクチンではpHの上昇に伴い吸着量の増加が、ルバーブではpH1.8以上で減少傾向が見られた。金属吸着能はルバーブ粉末（ Fe^{+3} が25、 Cu^{+2} が16、 Zn^{+2} が48、 Cd^{+2} が117 $\mu\text{geq/g}$ ）、桑葉粉末（ Fe^{+3} が100、 Cu^{+2} が91、 Zn^{+2} が159、 Cd^{+2} が150 $\mu\text{geq/g}$ ）、レモンペクチン（ Fe^{+3} が874、 Cu^{+2} が740、 Zn^{+2} が297、 Cd^{+2} が158 $\mu\text{geq/g}$ ）であった。

3 研究成果の意義および今後の展望と課題

ルバーブ粉末および桑葉粉末では明かな金属吸着が見られた。緑茶やいたどりのDFとの比較検討およびこれらの吸着能に及ぼす他成分の影響についての検討を行う予定である。

(2) 桑葉のラット消化管作用に関する研究

川名清子・平山クニ・堀口佳哉（衛生研究所）

鈴木 誠・高橋恭一・有賀 勲（蚕業センター）

1 研究目的

桑葉は、神奈川県をはじめ一部の養蚕農家では桑茶として飲用に供されている。現在、桑葉に関する生理作用は明かではない。桑葉の組成として食物繊維が多く含まれているため、食物繊維を中心とした観点からラットを用いた実験系における桑葉の消化管作用について検討し、桑葉が人の健康保持に寄与する可能性について検索を試みた。

2 研究成果

(1) 研究方法：ウイスター系雄性ラットを用い、市販飼料を標準食として、桑葉、ペクチン、セルロースを2.5%及び10.0%含むように調製した固型飼料を水とともに自由摂取させた。検索項目は、摂取量、体重、糞量、消化管通過時間、消化管の重量及び長さ、体脂肪等であった。

(2) 成果：桑葉群は、併試した他の食物繊維素材群とともに摂取量の増加を示し、消化管の肥大傾向がみられた。また、水分の多い糞を量多く排泄し、糞は粗脂肪含有量の高いものであった。ラット体脂肪は、桑葉群で抑制的傾向がみられた。

3 研究成果の意義

桑葉を摂取させたラットでは、水分の多い糞を量多く排泄し、糞は、粗脂肪含有量の高い結果が得られた。これらのことから、ラット消化管作用に桑葉の組成のひとつである食物繊維が関与した可能性が示唆された。消化管における食物繊維作用は複雑であるところから更に検討を必要とするが、桑葉の食品素材としての可能性が予測された。

4 今後の展望

桑葉の消化管作用について、摂取ラットの血液成分及び長期摂取について検討し、桑葉の消化管への関与について検索する。

(3) ルバーブ及び桑葉水抽出液の腸内細菌発育に対する作用

沖津忠行・浅井良夫（衛生研究所）

成松次郎（農業総合研究所），有賀 勲（蚕業センター）

1 研究目的

ルバーブ及び桑葉成分の細菌に及ぼす作用は、これらを機能性食品の素材として検討するとき、明らかにしておくべき現象の一つではないかと考える。多くの植物素材の中には、細菌の発育阻止または抑制作用に関与する因子を有することが示唆されている。本研究の目的は、両素材の腸管内の細菌に対する作用を評価することである。

2 研究成果

(1) 研究方法

調査対象とする細菌は、腸内細菌科の *Citrobacter freundii* 008 (*C.f*008) および *Klebsiella oxytoca* 031 (*K.o*031) を主たるものとした。また素材試料には、ルバーブおよび桑葉の水抽出液を用いた。試験は、カップ法により行った。

(2) 成果

試料の *C.f*008 および *K.o*031 に対する発育阻止作用は、ルバーブに認められたが桑葉には認められなかった。ルバーブのpHは3.2から3.3と低く、試料のpHを7.0に修正後は本作用は見られず、これを元のpHに戻すと再び本作用が観察された。しかし、同じpHの酸性水溶液を用いた試験では、細菌発育阻止作用は見られなかった。このことからルバーブは、酸性域で細菌の発育阻止に関与するなんらかの活性を有するものと推測された。

3 研究成果の意義と利用方法

素材のうちルバーブには、菌発育阻止活性のあることを明らかにできた。この現象を支配する活性因子は特定できていないが、ルバーブを用いた機能性食品の創造、素材あるいは製品の保存性の検討等への利用が期待できる。

4 今後の展望と課題

特にルバーブに、細菌の代謝産物中の毒素活性を不活化する作用があるかどうか興味がある。また生体内において、ルバーブおよび桑葉が腸内の細菌叢に与える影響を評価することも大切なことである。このことについては、現在ラットによるルバーブ摂食実験を進めている。

[老化抑制に及ぼす影響評価]

(1) 桑葉の抗酸化能に関する検討

平山クニ・渡辺重信（衛生研究所），成松次郎（農業総合研究所）
鈴木 誠・高橋恭一・有賀 勲（蚕業センター）

1 研究目的

不飽和脂肪酸の酸化に起因する過酸化脂質と老化との関連性が注目されており、脂質の酸化を抑制する物質の検索がなされている。本共同研究の素材としてとりあげられた桑葉に過酸化脂質生成を抑制する機能が有るか否かを検討した。

2 研究成果

(1) 研究方法

細かく砕いた3種類の桑葉（一ノ瀬、しんいちのせ、しんけんもち）2gをそれぞれ10gの豚脂に添加し、60°のオープンに放置した。経時的に過酸化価（以下POVとする）およびチオバルビツール酸価（以下TBAとする）を測定した。さらに桑葉をエーテル、エタノールおよび水で抽出し、ろ液を減圧下で濃縮乾固した後、これに豚脂を入れ同様にPOVおよびTBAを測定した。

(2) 成果

桑葉を添加した豚脂のPOVおよびTBAは無添加の豚脂に比較して低い値を示し、抗酸化作用の可能性が確認された。しかし、食品添加物である酸化防止剤のブチルヒドロキソトルエンを200ppmとなるように添加した豚脂と比較すると弱い抗酸化作用であった。また、桑葉のエーテル、エタノールおよび水抽出物について同様の試験を行ったところすべての抽出物に抗酸化作用が観察され、複数の抗酸化物質の存在が示唆された。

3 研究成果の意義と利用方法

油脂に対して抗酸化作用が確認されたが、生体内での作用については未知である。しかし油脂の過酸化物は生体に有害で有ることが知られ、食品への添加により、油脂の過酸化物生成を抑制する抗酸化剤としての利用の可能性が考えられる。

4 今後の展望と課題

桑葉の抗酸化作用の強弱を、すでに抗酸化作用の有ることが知られている他の食品と比較し、同程度の作用が確認された場合には抗酸化性物質の同定を行う。

[発癌抑制に及ぼす影響評価]

(1) ルバーブ及び桑葉の変異原性及び抗変異原性に関する検討

大森清美・岸美智子（衛生研究所），成松次郎（農業総合研究所）

鈴木 誠・高橋恭一・有賀 勲（蚕業センター）

1 研究目的

本共同研究の素材であるルバーブ及び桑葉について、食品としての安全性を確認する目的での変異原性の検討、また食品のもつ機能性評価において変異原性物質に対するそれらの変異原性抑制効果について検討した。

2 研究成果

(1) 研究方法

- 1) ルバーブ及び桑葉の各種抽出エキスについて、Ames法のプレインキュベーション法により、Salmonella typhimurium TA株を用いて変異原性を検討した。
- 2) 既知の変異原性物質に、ルバーブ及び桑葉の各種抽出エキスを加えることによる変異原性物質への変異原性抑制効果について検討した。

(2) 成果

- 1) ルバーブは、TA1537株のS9Mix存在下においては、変異原性陽性であった。
- 2) 桑葉は、乾燥重量1g相当においても変異原性陰性であった。
- 3) ルバーブ中の遊離型アントラキノン類が、B(a)P、Trp-P-1及びIQの変異原性を抑制することが明らかとなった。
- 4) 桑葉のメタノール抽出エキス、エーテル可溶性画分は、B(a)P及びIQの変異原性を抑制することが明らかとなった。

3 研究成果の意義と利用方法

我々の身体が癌という重篤な疾病に侵されないよう、日常の食生活において発癌予防に役立つ食品を摂取することが必要である。従って、食品素材のもつ変異原性抑制機能を明きらかとすること、また天然物由来の未知の変異原性抑制物質を検索することは、我々の健康維持にとって意義深いことであると思われる。

4 今後の展望と課題

ルバーブ中の遊離型アントラキノン類以外の変異原性抑制物質を検索する。また、桑葉中の変異原性抑制物質を明らかとし、抑制メカニズムを追求する。

(2) N-メチル-N-ニトロソウレアのアレキル化に及ぼす影響

中村昌道（衛生研究所）

1 研究目的

4-(4'-ニトロベンジル)ピリジン(NBP)は、N-アレキル化により青色に発色するので、抗N-アレキル化活性のある物質を添加すれば、青色が消失する現象を利用して、桑葉及びルバーブに抗アレキル化活性があるかどうかを検討した。

2 研究成果

(1) 研究方法

一定量のN-メチル-N-ニトロソウレアを緩衝液中に入れ、試料の一定量を加え、37℃、60分間インキュベートする。次いでNBPを加え、37℃、120分間反応させ、3-アミノ-1-プロパノールを加え、振とう後、ろ過し、540nmで吸光度を測定する。

(2) 成果

桑茶、杜仲茶、よもぎ茶、紅茶及び緑茶の沸騰水抽出液について、抗アレキル化活性を比較したところ、よもぎ茶、杜仲茶及び紅茶は、ほとんど同程度であった。桑茶はこれらの約1/10の効果しかなく、緑茶のほぼ1/100の効果であった。

ルバーブについては、同じタデ科のイタドリよりは効果はあるが、スイバの約1/2であった。セロリは阻害効果はほとんどなく、フキは、スイバと同程度であった。

3 研究成果の意義と利用方法

このNBP法による比色法を逆に利用することで、抗N-アレキル化活性を簡単に検査することが出来、抗発癌の程度を*in vitro*でスクリーニングすることが出来る。桑茶抽出液には抗N-アレキル化活性は、ほとんどないが、ルバーブには若干あるので、その物質を同定することは意義があると思われる。

4 今後の展望と課題

桑茶抽出液は、抗アレキル化活性は非常に小さく、今後研究を進めるのは困難と思われる。ルバーブについては、メタノールで抽出したので、水溶性、脂溶性の両画分が混在しているが、今回の試料の中では、中間的な効果を有していた。今後は、それぞれの画分について検討し、その成分を同定する必要がある。

(3) ラット肝化学発癌系を用いた桑葉の発癌抑制効果の検討

清水昭男・原田昌興（がんセンター臨床研究所）

鈴木 誠・高橋恭一・有賀 勲（蚕業センター）

1 研究目的

ラット肝化学発癌モデルを用いて、桑葉が有すると目される発癌抑制効果を検証することを目的として、肝発癌初期の諸段階における桑葉混餌投与の影響を病理形態学的手法を中心に実験的に検討する。

2 研究成果

(1) 研究方法

ラット肝化学発癌モデルとして基礎的データが整っている diethylnitrosamine (DEN) 及び phenobarbital (PB) を initiator, promoter とする実験的肝発癌系により検討した。DEN による initiation の後、乾燥桑葉粉末10%配合飼料を持続投与し、肝発癌初期過程の指標である酵素偏倚細胞巣を画像解析装置を用いて経時的に分析定量することにより、桑葉の発癌初期の諸段階に対する修飾・抑制効果について検討した。

(2) 成果

実験開始7週および16週の両時点において、対照群に比し桑葉混餌投与群では酵素偏倚巣の個数・面積（大きさ）はともに低下する傾向を認め、特に16週時点における差はより明瞭であった。また、発癌 promoter として PB を同時投与した実験群では、桑葉混餌投与群において酵素偏倚巣発現の抑制効果が統計学的有意差をもって認められた。

3 研究成果の意義と利用方法

本研究により、桑葉混餌の持続的投与は化学肝発癌に対し抑制的効果を有する可能性が示唆され、またその作用は発癌初期過程から認められることも判明した。機能性食品として桑葉あるいはその加工物を摂取することにより、ヒト癌発生に抑制効果の得られる可能性も想定され、本研究で得られた知見は重要と考えられる。

4 今後の展望と課題

(1)長期実験系を用いた最終的な肝発癌に至るまでの過程での桑葉の発癌抑制効果の検討、(2)飼料に混合する桑葉量、特により低濃度での効果の有無の検討等を行う予定である。また、(3)桑葉含有成分中の発癌抑制有効成分の分析同定、作用機序等の検討を進めることにより、機能性食品開発の一助として知見の集積を計りたい。

第3 課題 食品素材の機能性向上に関する研究

(1) ルバーブの生育特性解明（日長条件と休眠との関係）

成松次郎（農業総合研究所）

1 研究目的

ルバーブは永年性作物で、早春に根株から葉が出現（ほう芽）し、初夏に生長が最も盛んである（収穫期）。秋に入ると生長は緩慢であり、冬に生長は止まり地上部は枯れる（休眠）。この研究は、このような生育相の中で、休眠現象の解明、特に休眠誘導の環境条件を明らかにすることが目的である。

2 研究成果

(1) 研究方法

温度条件が休眠及び抽台に及ぼす影響を調べるために、2年間に渡り冬に5°、10°及び15℃の最低温度を保持できる温室で栽培した。日長条件が休眠に及ぼす影響については、1990年度はビニールハウスで、1991年度は温室で電照電球による日長処理を行った。

(2) 成果

温度条件と休眠の関係については、加温によって休眠を完全に阻止することはできなかった。また、1990年度の実験から長日条件で低温下にあっても休眠しないが、短日条件の自然日長下では休眠した。さらに、1991年度の実験から16時間以上の日長が生長促進に対して効果があり、13時間以下では日長の影響は小さかった。また、長日処理後の短日処理によって生長は抑制された。

3 研究成果の意義と利用方法

電照栽培によって、長日下におけば休眠誘導が妨げられ、さらに寒害を受けない程度の保温または加温を併用することによって、新しい栽培法が成立すると考えられる。

4 今後の展望と課題

電照による日長操作の方法について、この研究では電照電球によって、朝と夕に照明をして16時間日長を得たが、適切な照明時間帯や光の強さなどについて検討の余地があり、今後の研究課題としたい。また、完全な休眠に入るための低温条件の解明が不十分な点も併せて検討する必要がある。

(2) 飼養形態の違いによる鶏卵中の機能性成分の差異について

大島惟子・稗田敏治・折原健太郎・岸井誠男（畜産試験場）

1 研究目的

鶏の飼養形態は種々見られ、最近では放し飼いが漸増の傾向にある。この飼養形態による鶏の生理や栄養面の違いから卵中の機能性物質の違いも推測される。そこで本試験では飼養形態の違いと含有機能性物質の差異を検討した。

2 研究成果

(1) 研究方法

国産交雑鶏100羽を用い、開放ケージ（解放）、ウインドウレスケージ（ウインドウレス）、開放平飼い（平飼）、平地放し飼い（野外）の4形態で飼養し、産卵性、卵質（ハウユニット、卵殻強度、卵殻厚）を調べるとともに、卵中の一般成分（水分、蛋白質、脂肪、灰分）及びミネラルを分析した。

(2) 成果

産卵率はウインドウレスが最も高く、野外は冬期に著しく低下した。卵重は平飼が最も重かった。飼料摂取量は野外の産卵後期が最も多かった。飼料要求率はウインドウレスが最も良かった。ハウユニットはウインドウレスの産卵後期に低下が見られた。卵殻強度は野外が高く、卵殻厚は野外、開放がやゝ厚かった。卵中の一般成分は顕著な違いは認められなかったが、ミネラルは、野外の卵黄中の鉄濃度がやゝ高く、産卵期が進むにつれて含有量が高くなった。

3 研究成果の意義と利用方法

飼養形態別の産卵性、卵質が明確になり、管理面での特徴、対策が明らかになった。また、野外の産卵後期に卵黄中のFe含有量が他の飼養形態より増加したのは、野外の飼養条件の違いが卵中の含有物質量に影響するものと考えられ、林間放牧などの緑草が豊富な場合には、より明確な差が現れると考えられる。

4 今後の展望と課題

飼養形態による卵中成分の差は小さかったが、今回測定した項目は比較的変動の少ない物質であったため、比較的変動しやすい成分についても測定を進める。

(3) 飼料添加ビタミンA、D、Eの鶏卵への移行に関する検討

折原健太郎・稗田敏治・大島惟子・岸井誠男（畜産試験場）

1 研究目的

近年、食品に対する高付加価値化が求められ、特に鶏卵に対してはその傾向が強い。こうした消費者のニーズに応えることは、安定した経営につながる。鶏において、飼料中の成分の違いにより卵中の成分が変動することはよく知られており、機能性物質を飼料や飲水中から卵中へ移行させることは容易であるが、成分によりその移行の難易は異なる。よって本試験では、ビタミンA、D及びEの移行の難易と可能量を検討した。

2 研究成果

(1) 研究方法

市販成鶏用飼料の給与区を対照区とし、これに市販複合ビタミン剤（A、D、E含有）を0.1、0.5、1.0及び2.0%添加し、卵黄中のビタミンA、D、E濃度の変化を12週間観察した。

(2) 成果

試験開始後12週目の対照区とビタミン剤2.0%添加区の卵黄100g中の各ビタミン濃度は、Aの対照区が1630IUだったのに対し2.0%添加区では5300IU、ビタミンDの対照区が150IUだったのに対し2.0%添加区では2450IU、ビタミンEの対照区が3.0mgだったのに対し2.0%添加区では2.1mgであった。卵黄中のビタミンA濃度は、飼料へのビタミン剤添加量に正比例して増加し、試験開始後2週目より高濃度で安定した。また、ビタミン剤を飼料に過剰に添加しても産卵成績には影響無かった。

3 研究成果の意義と利用方法

本試験で使用した、市販複合ビタミン剤を飼料に2.0%添加することにより、通常よりビタミンAが約3倍、ビタミンDが約16倍多くなることがわかった。したがって、飼料に本試験で使用した複合ビタミン剤を添加することで容易にビタミンA、D強化卵を生産できる。

4 今後の展望と課題

ビタミンAとEの移行については、両者の間に拮抗作用があることが知られている。今後、この両者の移行への理想的なバランスを検討し、ビタミンA、E強化卵の生産方法を確立すると共に、鉄やその他の物質についても移行の難易を検討し、効果的な移行方法を確立する。

第4 課題 機能性食品の調理・加工に関する研究

(1) ルバーブの加工・調理の開発

横山公通・川口弘子・大谷康子（栄養短期大学）、成松次郎（農業総合研究所）

1 研究目的

ルバーブの形状を残したままの加熱方法を知り、palatableなルバーブ料理を開発するために、料理書に基づく文献研究と加熱にともなうルバーブの物性変化を検討した。

2 研究結果

(1) 研究方法

文献研究は1955年～90年に英・米で出版された料理書の中から20冊を無作為抽出し、どのようにルバーブが活用されているかを把握した。また、加熱にともなう物性変化については調理用計測セットおよびレオロメータを用いて測定した。

(2) 結果

料理書で紹介されていたルバーブ料理では、ソースパンを用いて煮る方法が全体の54.8%を占めていた。ルバーブを溶かさないように加熱するには、オーブンで平均190℃、30分、ソースパンでは9分、また電子レンジでは10分であった。ルバーブはパイやジャムなどの菓子材料として扱われており、必ず砂糖が用いられていた。ジャム以外の料理に使われていた砂糖の添加量は、ルバーブに対して平均10～16%の範囲であった。

加熱条件にともなう物性変化の成績では、室温の水にルバーブを入れ、弱火（ガス流量1.081/min、熱量11.88Kcal）で100℃に達するまで加熱した場合には、10分間加熱しても形状を損なわなかった。しかし、中火や強火の加熱では急激な軟化が起り、また沸騰した湯の中での加熱や内部加熱でも、短時間に急激な軟化が生じた。一方、ルバーブに熱湯を注ぎ放置する方法では緩慢な軟化が起った。

3 研究成果の意義と利用方法

ルバーブ料理には、食味の点から調味料として砂糖を使用する必要があること。また、ルバーブの形状を損なわずに加熱する方法が示唆された。実際にルバーブを料理のなかで活用する場合には、強い酸味や夾雑する不味成分の除去を目的として、一旦「下茹で」した後に再び加熱することが想定される。「下茹で操作」には、ルバーブに熱湯を注ぎ放置する方法が最適である。この操作を行うことによって、ルバーブの活用範囲が拡大できると思われる。

4 今後の展望と課題

基礎研究に基づき、具体的なルバーブ料理のrecipe作成を行いたいと考えている。

(2) 桑葉粉末を添加した生麺の嗜好性と保存性

河原芳和（栄養短大），有賀 勲・鈴木 誠・高橋恭一（蚕業センター）

1 研究目的

桑葉の食品への利用はわずかに桑茶として抽出液の飲用が知られているが、機能性成分が抽出液以外の画分に見い出される場合すなわち桑葉そのものを摂取しなければならない場合を想定してさらに桑葉そのものの食品への利用を目的としてまず桑葉を添加した生麺を試作し、その嗜好性と保存性にあたえる影響を調べた。続いていくつかの小麦粉加工品への添加を試みた。

2 研究成果

桑葉を麺に添加する場合、グルテン形成の面からその限度は3%程度であった。桑葉を3%添加した麺は目かくしテストで有意に対照の無添加区と識別され、全体として受容できる品質であったが、対照の無添加品と比較するとテクスチャーや色が好まれなかった。また生麺への添加によってかびに対する保存性への影響は観察されなかった。

桑葉をクッキーに添加した場合は1種類の生地に対して添加の限度はやはり3%程度であったが、添加しない生地と組み合わせた製品が良好な品質をもち、全体の添加量は1%程度が適当であった。小麦粉を原料とする揚げスナック菓子に添加する場合は3%より多い添加量でも良好な品質の製品が得られた。

3 研究成果の意義と利用方法

桑葉は抽出液を飲用するよりもそのまま飲用とした方が繊維やカテキン類などの機能性成分を摂取する上で有利である。緑茶についても一部にそのまま食用とすることが提唱されているほどである。特に桑葉を添加することに違和感のない食品としてまた添加可能な量としても麺と揚げスナック菓子は有望と思われる。

4 今後の展望と課題

揚げスナック菓子は麺以上に桑葉を添加することが可能であり、揚げ油として高度不飽和油脂を使用し、カルシウムなどを添加すれば現在の日本人の食生活改善に効果をもちうる機能性食品として意義のあるものとなる可能性を有している。その嗜好性とさらには桑葉の酸化防止効果について調査したい。

(3) ルバーブの加工処理法の検討

廣部 誠*・吉田 誠（農業総合研究所）

1 研究目的

県内で生産され、また新たに地域特産物となる可能性を有する野菜のうち、生体調節機能を有する可能性の高いルバーブを対象に、一般成分や機能性の解明、評価を行うとともに、この野菜を素材として機能性、嗜好性を高めるための加工技術の開発を行う。

2 研究成果

(1) 研究方法

平成2年に農業総合研究所葉根菜科で栽培された“マイアッツ・ビクトリア”を供試し、加工前処理として、塩水処理とブランチング処理を行い、その物性の変化を調べた。物性はレオロメーター（飯尾電機社製）による剪断強度の最大応力を測定することにより、ルバーブの硬度として表した。

(2) 成果

ルバーブ生鮮物の葉柄の硬度は表皮は上部で硬く、茎肉部は基部が硬い。また、硬度の変動係数からみるとルバーブ生鮮物の葉柄は個体差が大きいと考えられる。

塩水処理による垂直方向の硬度変化は、塩水処理9日後までに急速に低下し、以後の低下は少なかった。塩水濃度間では、濃度が高い区ほど軟化が早い傾向にあった。27日間の処理で0.48kgまで低下した。水平方向の硬度変化は、塩水処理3日後までに低下し以後の変化は少なかった。塩水の濃度間でも差は少なく、また皮付き区、剥皮区間の差も小さかった。

ブランチング処理により、ルバーブ葉柄の表皮は60秒以上の処理で崩壊、剝離が起こることがわかった。また、茎肉部は10～90秒の間で硬度の変化が少ないことからルバーブのブランチング処理時間は30秒程度と考えられる。

3 研究成果の意義と利用方法

新食品素材として期待されるルバーブの加工処理法を検討する上で、通常加工前処理として行われる塩水処理、ブランチング処理について知見を得ることは意義がある。

4 今後の展望と課題

他の加工処理によるルバーブの形状、成分等の変化について検討し、加工処理方法を検討する。

*現 園試根府川分場