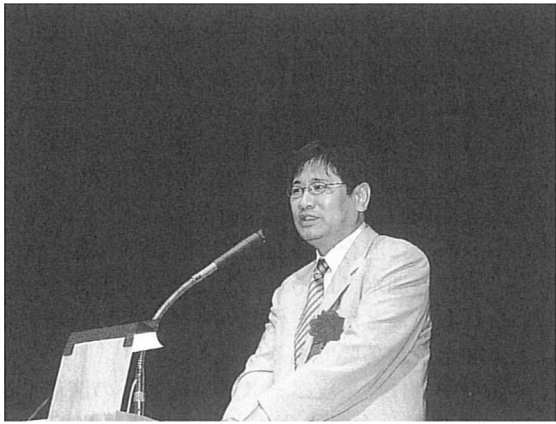


[研究成果発表]

5. 機能性成分オーラプテンに富む食品素材「甘夏ミカン果皮ペースト」の開発

工藤康文・福田興次¹・千々岩義樹¹・島崎奈緒子¹・菅野道廣²・白土英樹²
 (熊本県食品加工研究所・¹ (株)福田農場ワイナリー・² 熊本県立大学)



発表者・
工藤康文氏

熊本県は、全国一の甘夏ミカンの産地（19,000t, 平成12年産）であるが、消費者の嗜好の変化等により、年々生産量が減少している。しかし、熊本県の主産地である水俣・芦北地域では、甘夏ミカンの基幹作物としての地位は変化していない。

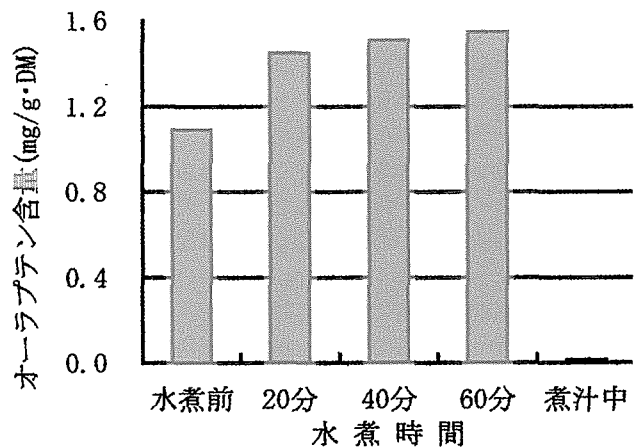
この水俣・芦北地域のある企業では、地域の特産である甘夏ミカン为原料に、ワイン、ジュース、マーマレード等各種加工品を生産している。この企業では、主力商品である甘夏ミカンのワイン、ジュースの製造のために、甘夏ミカン果汁を年間192t搾汁している。この際、果皮、じょうのう、種子等の搾汁滓が副生される。このうち、じょうのうはマーマレード製造時にペクチン抽出用として使用し、種子は量が少ないので問題はない。果皮についてはその2%程度をマーマレード原料として使用しているだけであり、残りの120t余りは市内の農家の堆肥材料として処理している。しかし、高水分で取扱いに多労を要すことから、近年その引取り先を探すことが困難になっている。

この果皮は、柑橘フレーバーや食物繊維、フラボノイド、カロチノイド、リモノイド等の各種機能性成分に富み機能性食品素材として利用価値が高い。しかも、温州ミカン等には含まれていない発ガン抑制作用を有するオーラプテンという機能性成分が多量に含まれていることが、最近明らかとなった。しかし、苦味が強いので食品としての有効な利用法は確立されていない。そのため、この果皮の苦味を除去して、マーマレードだけでなく他のいろいろな食品の素材として幅広く利用可能な形態に加工し、またその生理機能が明らかになれば、堆肥として廃棄している甘夏ミカン搾汁滓を水俣・芦北地域独自の食品素材として、有効に活用できると思われた。

そこで、本研究では水俣・芦北地域の特産柑橘である甘夏ミカンとその甘夏ミカンに特徴的に多く含まれている発ガン抑制作用を有するオーラプテンに着目して、甘夏ミカン搾汁時に副生する搾汁滓の有効利用法の開発を試みた。

1. 甘夏ミカン果皮中に含まれるオーラプテンの加工適性

通常、食品を加工する時には何らかの加熱工程が加えられる。この加熱工程において、ビタミンC等のような栄養成分は、分解や変化して、損失が生じる。そこで、甘夏ミカン果皮に存在するオーラプテンの加熱工程における消長を水煮およびドラムドライヤーによる加熱をおこなって調査した。



第1図 水煮時の甘夏ミカン果皮中のオーラプテン含量の推移

その結果、第1図のとおり甘夏ミカン果皮中のオーラプテンは、甘夏ミカン果皮を沸騰水中で60分間水煮しても、煮汁に溶出したり分解などで減少せず、果皮中に残存することがわかった。しかも、水煮中に水溶性物質が溶出し濃縮されるため、甘夏ミカン果皮中のオーラプテン含量は、水煮前(1.09mg/乾物g)に比べて水煮後(1.55mg/乾物g)の方が増加した。また、直接空気と触れるドラムドライヤーによる加熱(120℃)においても、約2割程度(0.87mg/乾物g)の減少にとどまった。

このように、甘夏ミカン果皮中に含まれるオーラプテンは、加熱工程による損失はほとんど認められず、加工適性が優れていることが明らかとなった。

2. 甘夏ミカン果皮からの苦味成分の除去

甘夏ミカン果皮の食材化のためには苦味の除去が必要であり、この苦味の除去のためには果皮の水煮・水さらしの工程が必須である。しかし、過度の水煮や水さらしはフレーバーや栄養成分・機能性成分の損失をもたらす恐れがある。そこで、発ガン抑制作用を有するオーラプテンや甘夏特有の香気成分を保持しつつ苦味成分であるナリンギン・リモニンを可能なかぎり低減するために、水煮・水さらしの工程に関する処理条件の検討を行い、最適な甘夏ミカン果皮の苦味除去法の確立を行った。

甘夏ミカン果皮のオーラプテンは水煮による損失は認められず、水煮により増加することが明らかとなった。

このことは、甘夏果皮中の水溶性成分の溶出による濃縮効果のためと推察されるが、いずれにしても水煮によるオーラプテンの損失はないことが明らかとなった。そこで、苦味成分であるナリンギン、リモニンの挙動を調査すると、ナリンギン、リモニンとも水煮によって大きく減少することがわかった。しかも、その効果は果皮をスライスすることによって、大きく増強されることがわかった。しかし、水煮時間が長くなって12分になるとナリンギン、リモニンとも増加する傾向があることから、水煮時間は苦味成分の消長から6分程度が限界であると思われる。

次に、水煮時の果皮と加水量の関係を調べると、本実験で供試した果皮と水の割合が1:2~1:4の範囲では加水量とオーラプテン含量、ナリンギン含量およびリモニン含量ともに大きな差異は認められなかった。従って、果皮と水の割合は1:2~1:4の範囲で加水量を任意に決定して良いと思われるが、作業効率の点からは1:2の加水量が妥当であると思われる。

また、水さらしの時間とオーラプテン、ナリンギンおよびリモニン含量との関係を調べたところ、オーラプテン含量には水さらしの影響はなく、水さらし20時間後でも水さらし前の含量が保持されたが、ナリンギン、リモニン含量とも水さらし時間が長くなるほど低減され、20時間後にはほとんどなくなった。したがって、水さらしの時間は20時間が適当であると思われる。このことは、甘夏果皮をカット、スライス、水煮した後、水さらしの工程に移って一日の作業を終了し、そのまま放置して一晩水さらしを行い、翌日引き続いて次の工程に移行すれば良いので、作業の配分にとって都合が良いと思われる。

香氣成分については、テルペン炭化水素類は水煮と共に濃度が減少し、スライスした方がその傾向が顕著であることが明らかとなった。これは、水煮によって揮散、あるいは煮汁中に移行したためであると考えられた。これに対し、含酸素テルペン類において水煮と共に減少した後、増加に転じたのは、水煮中にテルペン炭化水素類の酸化などによって新たに生成したためであり、熱が加わりやすいスライスしたほうでこの傾向が顕著であったと考えられた。以上のことから、甘夏果皮の香りを保持するためには、水煮時間が短いほうが望ましいと考えられた。しかし、柑橘の爽やかな香りに寄与していると考えられる含酸素テルペン類が最も減少したスライス有り、水煮時間6分においても水煮前の50%の含量を保持しており、スライスの有無並びに水煮時間は官能的にはほとんど影響しないと考えられた。

以上の結果から、甘夏ミカン果皮のオーラプテンおよびフレーバーを保持しつつ苦味成分を可能なかぎり除去するためには、果皮をスライスして6分間水煮を行った後、20時間水さらしを行えばよいことがわかった。

3. 甘夏果皮の食品素材化技術

上記2の工程により、苦味を除去した甘夏ミカン果皮は、他の作業との競合を避けるため脱水後ビニル袋で包装して冷凍庫に貯蔵される。そして、冷凍貯蔵された甘夏ミカン果皮は、汎用性のある食品素材とするために、磨砕機によりペースト化される。この工程において、ボーン・カッターで氷結した果皮を破碎する作業につい

ては、特に支障はなかったが、ボーン・チョッパーおよび磨砕機での処理時に原料果皮がそれぞれの機械内部で氷結して付着し滞留を起こした。この原料果皮の機械内での滞留は、作業効率を低下させるだけでなく、摩擦熱による品温上昇のため製品の品質が損なわれる恐れがある。そこで、この原料果皮の機械内部での滞留を防止するため、ボーン・カッター処理後の原料果皮に加水を行うこととした。そのため、加水量が作業効率と甘夏果皮ペーストの品質（オーラプテン、香氣成分、苦味成分）におよぼす影響の観点から、最適な加水量の検討を行った。

磨砕機の原料果皮の付着による作業効率の低下を改善するため、ボーン・カッター処理後の原料果皮に加水を行った。その結果、概ね加水量が増すほど作業効率は改善されたが、少量の加水量では原料果皮と水の均一な混合が難しく、均一に混合するためには煩雑な作業を要した。また、少量の加水ではそれほど大きな作業効率の改善は認められないことから、作業効率の改善のためには30%以上の加水量が必要であると思われる。

次に、加水量と甘夏果皮ペーストの品質との関係を検討するため各種成分含量を調査したところ、甘夏果皮ペーストの各種成分含量は加水量に応じて直線的に減少したので、成分含量の面からは加水量は少ない方が良かった。また、加水量が増すほど甘夏果皮ペーストは軟らかくなり、50%加水ではペーストが水っぽく取扱いにくくなったので、実際の取扱いの容易さから判断すると加水量は30%加水までが限界であると思われる。

また、香氣成分については、含酸素テルペン類は30%加水まで、いずれも80ppb前後の高濃度であったのに対し、50%加水では急激に減少する一方、テルペン炭化水素類は30%加水で急激に減少することが明らかとなった。柑橘の爽やかな香りに寄与する含酸素テルペン類は30%加水においても高濃度で保持されていたのに対し、柑橘の重い香りに寄与するテルペン炭化水素類は30%加水および50%加水において急激に減少していたが、これは含酸素化合物と炭化水素類の、水にたいする親和性の相違によるものと考えられた。テルペン炭化水素類は柑橘様の香りを呈するものの、リモネンに代表される重い香りを有しており、果汁製品等においてはむしろ好ましくない香りとしてされていることから、香氣特性から考えると30%加水が最も適していると考えられた。

以上のように、磨砕機内の原料果皮の付着による作業効率の低下を改善するためには、ボーン・チョッパー処理後の原料果皮に30%加水を行うことが適当であると思われる。このようにして、製造した甘夏果皮ペーストAW30（第2図）の成分含量を第1表に示した。この甘夏果皮ペーストAW30には9 mg/100g程度のオーラプテンが含まれている。なお、この甘夏果皮ペーストAW30は、パン等を製造する場合、加水していないペーストよりも小麦粉等他の原料との混合・均質化が容易かつ迅速にできるので、作業性も優れている。

4. 甘夏果皮ペーストを利用した食品パンの試作

このオーラプテンに富んだ甘夏果皮ペーストAW30を用いて食パンを製造するために、官能的に良好な食パンとなるよう甘夏果皮ペーストAW30の添加割合を検討した。さらに、オーラプテンが食パンに保持されるかどうか



第2図 開発された甘夏果皮ペースト

第1表 甘夏果皮ペースト AW-30および原料果皮の成分含量

成 分	AW30	原料果皮
水分 (g/100g)	92.1	78.0
タンパク質 (g/100g)	0.6	1.6
脂質 (g/100g)	0.2	0.1
灰分 (g/100g)	0.2	0.8
糖質 (g/100g)	0.3	9.0
食物繊維 (g/100g)	6.6	10.5
ナリンギン (mg/100g)	31.7	403.7
リモニン (mg/100g)	t*	18.6
オーラプテン (mg/100g)	8.7	22.7

注) * : t (検出限界以下)。

か確認するため、食パン製造過程のオーラプテンの消長を調査した。

強力粉に対して甘夏果皮ペースト AW30を10%、20%、40%添加して食パンを製造したところ、添加量が増すほど鮮やかな黄色の色調を示し、官能評価でも評価が高くなった。この甘夏果皮ペースト AW30は水分を除くと7割以上が食物繊維であるため、多量に添加すると食パンの膨化や組織に悪影響をおよぼすことが懸念されたが、40%添加でも食パンの製造に支障はなかった。その他の官能評価項目でも、添加量が増加するほど評価が高くなったが、40%添加で「まずい」と評価するパネルも極めて少数ではあったが現れた。したがって、官能評価から判断すると食パン製造のための最適な甘夏果皮ペースト AW30の添加量は小麦粉に対して20%~40%が適当であると判断された。

次に、この甘夏果皮ペースト AW30の最大の特徴であるオーラプテンの食パン中の含量は、甘夏果皮ペースト AW30の添加量が増加するほど増加した。そして、食パン生地中の含量と比較すると、苦味成分であるナリンギンが焙焼中に大きく減少することに対し、オーラプテンはほとんど減少しなかった。その結果、10%添加では食

パン100g中に0.56mg、20%添加では0.97mg、40%添加では1.86mgのオーラプテンを保持できた。

以上のように、この甘夏果皮ペースト AW30を使用すれば官能的に良好な食品を製造できるだけでなく、機能性成分であるオーラプテンを多量に含んだ食品を製造できることが明らかとなった。

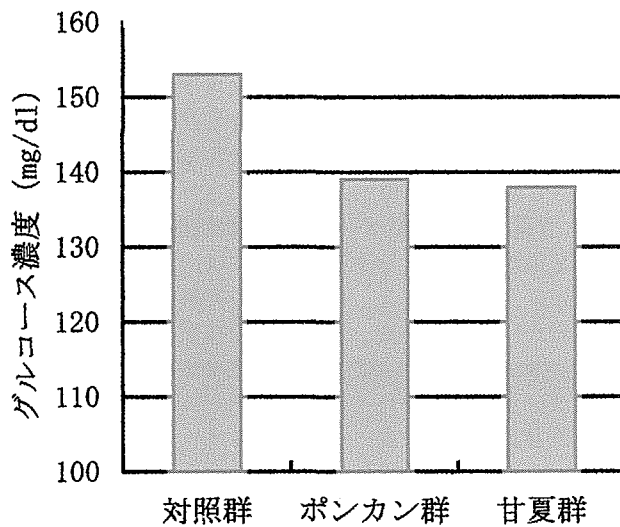
5. 甘夏ミカン果皮ペーストの生理機能の解明

甘夏果皮に含まれるオーラプテンは、動物実験により皮膚ガン、口腔内ガン、大腸ガンの抑制効果があることが明らかにされている。しかし、柑橘類の果皮には、フラボノイド、カロチノイド、リモノイドなど様々な生理活性成分が多く含まれている。したがって、本研究で開発した甘夏ミカン果皮ペーストにもオーラプテンだけでなく、このような機能性成分が多く含まれているものと思われる。そこで、この甘夏果皮ペーストがどのような生理効果を有するのか明らかにするため、ラットによる摂取試験を実施した。

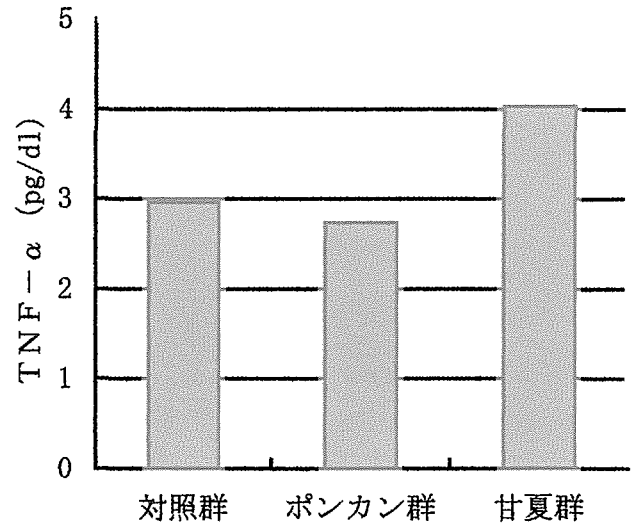
4週齢 Sea ; SD雄ラットを3日間予備飼育した後、対照群、ポンカン（オーラプテン=1 mg/乾物100g）群および甘夏（オーラプテン=165mg/乾物100g）群の3群（各群10匹）に群分けした。各群にはAIN-93Gタイプ飼料を自由に摂取させた。対照群のセルロースに代えて、ポンカン群にはポンカン果皮を、甘夏群には甘夏果皮をセルロースと同量（5%）配合した。28日間の終了後、エーテル麻酔下で腹部大動脈採血し、各臓器を摘出、秤量した。血液からは遠心分離により血清を分離した。

通常、柑橘類の果皮は、一部の柑橘を除いて、摂取されることなく廃棄される。そのため、果皮の長期間摂取の生体への影響についてはよく知られていない。本実験では甘夏群で腎臓がやや大きくなる傾向があったが、その程度は軽度であり、ポンカン群とは差がなかったこと以外、体重やその他の臓器や脂肪組織重量に差異は認められず、ラットは正常な成長を示した。従って、本実験のように5%という多量の柑橘果皮の混合割合でも、ラットの成長に好ましくない影響を与えることはないと思われる。

甘夏ミカン果皮には、オーラプテンだけでなくフラボノイド、カロチノイド、リモノイドなど様々な生理活性成分が含まれている。そのため、甘夏果皮ペーストを摂取させたラットの血液の諸指標を調査したが、第3図および第4図に示すとおり、有意な差異が認められたのは血中グルコース濃度とTNF- α の2指標だけであった。ただ、甘夏果皮に何らかの効果が確認されたとしても、その効果がオーラプテンに起因するものかどうか判断できない。そこで、本実験では、オーラプテンを含まないポンカン果皮ペーストも同時に摂取させた。その結果、血中グルコース濃度はポンカン区も甘夏区と同じように低下したので、この効果はオーラプテンの効果とは考えられなかった。一方、TNF- α に対する効果については甘夏区だけに認められたので、この効果はオーラプテン等のようにポンカン果皮には含まれず甘夏ミカン果皮に含まれる成分に起因するものと推定された。いずれにしても本実験で甘夏ミカン果皮ペーストを摂取することにより、血中グルコース濃度が低下する効果とTNF- α



第3図 ラットの血清グルコース濃度におよぼす飼料の効果



第4図 ラットの血清中のTNF-α濃度におよぼす飼料の効果

が高まる効果が確認された。ただし、TNF-αの濃度上昇の生理的意義の解明には、今後の研究が必要である。

本実験での甘夏果皮ペーストの混合割合は5%であり、この混合割合ではラットの摂食忌避や成長障害が認めら

れなかったことから、混合割合を増加することが可能であり、甘夏ミカン果皮の生理効果を更に明確にできるものと思われる。