

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	HO HSIN HSUAN
論文題目	Fruit powders as a natural emulsifying agent: The importance of powder-added phase (果実由来の粉末乳化剤：添加相の影響)		
(論文内容の要旨)			
<p>FAOの公式データによれば、日本を含む先進国では、最近、農産物、特に果実の摂取量が減少している。果実の消費拡大の一つの方法は、果実から新しいタイプの食品素材を創出することを通して、摂取スタイルをより多様なものにすることである。果実粉末は、サスペンション (具体的食品の例としてスムージー) 、小麦粉焼成品 (ケーキ) 、泡沫 (メレンゲ) 、そしてエマルションなどの、様々な形態の食品に利用することが可能である。その中では、エマルションへの利用は、果実粉末のコロイド特性や乳化特性に関する基礎的な知見が不足しているため、ほとんど試みられていない。そこで、本研究では、果実粉末が乳化作用をもつ素材として利用できる可能性があるのか明らかにすることを目的とした。また、果実粉末には、親水性成分を多く含む親水性粉末と、油脂成分を多く含む親油性の粉末が存在する。これら2つのタイプの粉末を、水相あるいは油相のどちらかに添加することで乳化挙動に違いが生じるのか検討することを通して、粉末の乳化作用を支配する要因について理解を深めることを、もう一つの目的とした。</p> <p>第1章では、親水性果実粉末サンプルとして梅粉末を、親油性果実粉末サンプルとしてアボカド粉末を取り上げ、その乳化特性を検討した。それぞれの粉末を、脱イオン水に添加し分散後、大豆油と混合し均質化処理により調製したエマルションを、powder-in-water (p/w) エマルションとした。一方、粉末を大豆油に分散後、脱イオン水と混合し均質化処理により調製したエマルションをpowder-in-oil (p/o) エマルションとした。両粉末とも添加相によらずエマルションを調製できたことから、これら果実粉末は乳化剤として機能することが明らかとなった。同じ粉末量、大豆油量で乳化能 (どれだけ微細な乳化粒子を形成できるか) を比較した場合、アボカド粉末は梅粉末に比べて、より高い乳化能を示した。添加相の効果については、梅は水相に、アボカドは油相に添加した場合の方が、もう一方の相に添加した場合と比べて、高い乳化能を示し、また生成したエマルションも、より長期間に渡って安定した分散状態を示した。</p> <p>第2章では、前章で乳化素材として有望であることが示されたアボカド粉末について、通常の食品で想定されるpH (4.0、5.5、7.0) 、塩化ナトリウム濃度 (1%) でエマルションを調製し、その乳化特性を検討した。前章と同様の方法でp/wおよびp/oエマルションを調製した。p/wエマルションの場合、pHの調整および塩化ナトリウム添加によって、乳化直後から急激に凝集が生じたことから、p/wエマルション中の油滴の分散には静電的相互作用が重要な役割を果たしていることが明らかとなった。一方、p/oエマルションの場合には、酸性pHあるいは塩化ナトリウム添加条件で油滴の凝集は生じなかった。乳化前に油相に添加されたアボカド粉末は、その一部が乳化操作の際に油水界面に吸着していると予想されるものの、十分に水和し荷電を帯びることがなく、pH変化や塩添加の影響を受けにくかったと考えられた。長期間の貯蔵試験の結果、p/oエマルションはp/wエマルションよりも、凝集や</p>			

合一が起こりにくいことが示された。

前章までで、アボカド粉末は、予め油相に添加し乳化すると、優れた乳化特性を示すことが示されたが、その理由については不明であった。アボカド粒子は水相、油相に分散させた時、その一部の成分が、それぞれの相に溶出すると考えられる。第3章では、その溶出成分と非溶出成分がアボカド粒子の界面特性や乳化特性にどのように寄与しているのか明らかにしようとした。まず、アボカド粉末を、そのまま水相、油相に添加し、油水界面における界面張力を測定したところ、油相添加の場合の方が、界面張力をより速く、より低い値にまで低下させた。次に、粉末を添加した水相あるいは油相を遠心分離し、それぞれの相に溶出している成分と、溶出されない（粒子として沈降する）成分を分離した。それぞれの相における溶出成分の界面張力低下能を調べたところ、水相溶出成分の方が油相溶出成分に比べて、より高い界面活性を示した。この結果より、油相に添加したアボカド粉末の高い界面活性は、非溶出成分からなる粒子によってもたらされていることが明らかとなった。そこで、油相溶出成分、非溶出成分をそれぞれ含む油を、水相と混合し均質化したところ、溶出成分の場合は、安定したエマルションを調製できなかったのに対し、非溶出成分の場合は、微細な油滴が生成された。以上の結果は、油相にアボカド粉末を添加し乳化を行う場合、油相溶出成分ではなく、非溶出成分からなる粒子が界面に吸着しエマルションを形成すること、すなわちPickering安定化効果が乳化に寄与していることを示している。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

日本を含む先進国では、最近、果実の摂取量が減少しており、その消費拡大の一つの方策として果実粉末の利用が考えられる。果実粉末は、様々な形態の食品への利用が可能であるが、食品用乳化剤の適性については、ほとんど調べられていない。そこで、本研究では、果実粉末が乳化作用をもつ素材として利用できるのか明らかにすることを目的とした。また、親水性成分を多く含む親水性粉末と、油脂成分を多く含む親油性の粉末について、水相あるいは油相のどちらかに添加することで乳化挙動に違いが生じるのか検討を加えた。評価される点は以下の通りである。

1. 親水性果実粉末として梅粉末を、親油性粉末としてアボカド粉末を選択し、その乳化特性を検討した。両粉末とも乳化剤として機能し得ることが示されたが、アボカド粉末の方が高い乳化性を示した。梅粉末は乳化前に水相に分散した方が、アボカド粉末は油相に分散した方が高い乳化能を示し、添加相の重要性が示唆された。
2. 実際の食品製造で用いられるpH、塩化ナトリウム添加条件下においてアボカド粉末の乳化性を調べた。その結果、粉末を油相に添加した場合の方が、水相添加の場合と比べて、pHや塩添加の影響を受けにくいことが示された。また、油相添加で調製されたエマルションは凝集、合一に対して、より高い安定性を示した。
3. アボカド粉末を油相添加した場合に、水相添加に比べて優れた乳化特性を示す理由を検討した。その結果、油相中のアボカド粉末より溶出した成分の寄与は小さく、非溶出成分からなる粒子がPickering安定化機構によって乳化能を発現していることが明らかとなった。

以上のように、本論文は、梅やアボカドの果実粉末が天然の乳化剤として機能すること、また、その乳化特性は添加相によって大きく影響を受けること、さらには、油相に添加されたアボカド粉末はPickering安定化効果によって乳化粒子を形成していることを明らかにしたものであり、品質評価学、食品加工学、農産物利用学、コロイド科学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和3年2月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）