

琉球大学学術リポジトリ

[報文]シークワサー果皮入りヨーグルトの開発

メタデータ	言語: 出版者: 南方資源利用技術研究会 公開日: 2013-02-21 キーワード (Ja): シークワサー, 搾汁残渣, ヨーグルト キーワード (En): Shiikwasha, peel, yogurt 作成者: 新垣, 江利子, 宮城, 一菜, 比嘉, 整, 小那覇, 安輝, 照屋, 亮, 広瀬, 直人, ARAKAKI, Eriko, MIYAGI, Kazuna, HIGA, Hitoshi, ONAHA, Yasuki, TERUYA, Ryo, HIROSE, Naoto メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002016318

シークワーサー果皮入りヨーグルトの開発

新垣江利子*・宮城一菜*・比嘉 整*・小那覇安輝*・照屋 亮**・広瀬直人**

*沖縄総合農産加工株式会社・**沖縄県農業研究センター

Study on the development of yogurt containing shiikwasha peel

Eriko ARAKAKI*, Kazuna MIYAGI*, Hitoshi HIGA*, Yasuki ONAHA*,
Ryo TERUYA** and Naoto HIROSE**

* Okinawa Sogo Nosan Kako K.K., ** Okinawa Prefectural Agricultural Research Center

キーワード：シークワーサー、搾汁残渣、ヨーグルト
Keywords: Shiikwasha, peel, yogurt

諸言

シークワーサー（カンキツ用語集名：シークワシャー、学名：*Citrus depressa* Hayata）は古くから沖縄に自生している20～25g程度の小型在来柑橘で、「シー」は「酸っぱい」、「クワーサー」は「漬ける、食べさせる」の方言より由来するとされている。沖縄県では本島北部の大宜味村、名護市西部の屋部、勝山で商業的に生産されている。8～9月に

収穫される青切り果は香りと酸味を生かした香酸柑橘として料理用に、果皮の黄化が始まり、酸が減少して甘味が加わる10月以降の果実は加工用、さらに酸が減少する1～2月には生食用に利用されるという、ユニークな利用形態を持っている。

近年、シークワーサーにポリメトキシフラボン類（PMF）が多く含有されていることが見出されたことや¹⁾、健康志向や沖縄ブームの相乗効果で高値取引されたことを背景に、シークワーサーの生産量は平成15年の1,670 tから、平成21年には3,139 tまで急増している²⁾（図1）。

シークワーサーは生産量の約8割が加工用途（ジュース用）に利用されるが、大量に排出される副産物（搾汁残渣、搾汁率は約50%）の処理が問題となりつつある。しかし、搾汁残渣にはPMFや精油成分などの有用成分が多く含有されていることや³⁾、精油成分にガン細胞の増殖抑制効果が見いだされている⁴⁾ことから、搾汁残渣の用途開発は喫緊の課題である。竹中らは搾汁工程の改善によってPMFを高含有する食品素材の製造方法について報告しており³⁾、我々の研究グループでも有用成分の食酢による抽出に成功するなど⁵⁾、シークワーサー

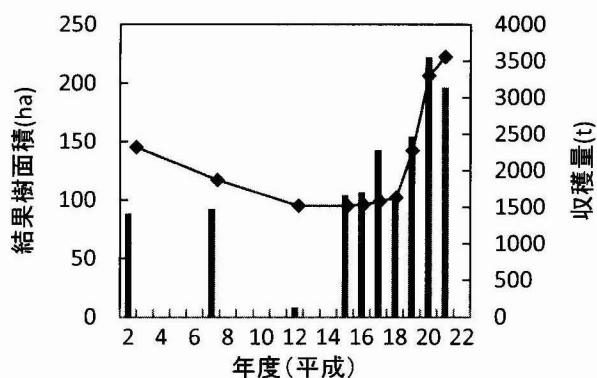


図1 シークワーサーの生産量推移
沖縄県農林水産部資料²⁾より引用

*沖縄県国頭郡東村字平良459-1

**沖縄県糸満市真壁820番地

搾汁残渣は機能性食品や食品香料素材として有望であると考えられる。

一方で、シークワサーの搾汁残渣は強い苦味を有することから、直接食用のためには風味を改善する加工技術が求められる。ヨーグルトは乳タンパクや乳脂肪によるマスキング効果に加え、乳酸の爽やかな風味を有することから、シークワサー搾汁残渣の直接食用に適した加工技術であると考えられる。そこで、シークワサー搾汁残渣を原料に用いたヨーグルトの製造方法について検討した。

実験材料および方法

(1) シークワサー果皮

シークワサー搾汁残渣は、図2に示す方法で粉末処理したものを供試した。すなわち、2009年12月下旬に沖縄本島北部地域で収穫された果実を自社工場にて遠心搾汁し、得られた残渣を原料とした。シークワサー搾汁残渣をマスコロイダー（スーパーマスコロイダーα10、増幸産業社製）にて湿式粉碎処理（回転数：2,000rpm、クリアランスは段階的に狭くしながら0mmになるまで繰り返し処理）し、ペースト化した。ペーストを凍結乾燥処理（FDU-2100、東京理化工機社製）し、更にミルミキサー（TML160、テスコム社製）にて粉碎した後にメッシュパス（目開き500μm）し、シークワサー搾汁残渣粉末（シークワサー果皮）を得た。得られたシークワサー果皮は冷凍保存し、適宜常温に戻してから試験に供した。

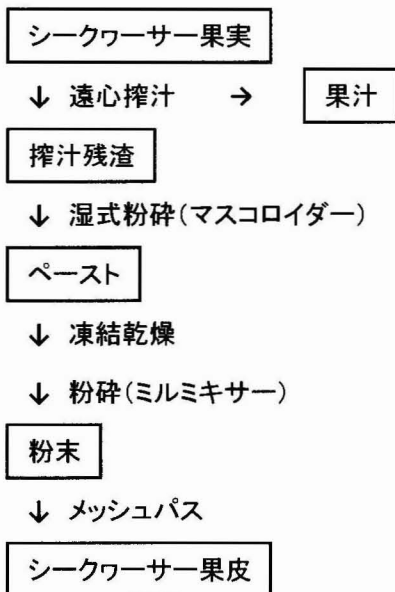


図2 シークワサー搾汁残渣の処理工程

(2) 乳酸発酵条件の検討

ヨーグルトの製造には、10%脱脂乳に終濃度として2%ショ糖および2%シークワサー果皮を添加し、基本培地として用いた。標準的なヨーグルトの製造条件を図3に示す。すなわち、105℃で15分間の加熱殺菌を行った培地に0.4%の乳酸菌スターターを無菌的に接種し、35℃で18時間静置培養してヨーグルトを製造した。

基本培地
(10%脱脂乳、2%ショ糖
2%シークワサー果皮)

- ↓200ml容のコニカルビーカーに150ml培地を入れる
- ↓105℃で15分間の加熱殺菌
- ↓0.4%の乳酸菌スターターを添加
- ↓35℃で18時間・静置培養

ヨーグルト

図3 ヨーグルトの標準的製造条件

乳酸発酵の終了は培地の酸度が0.8%に達した時点を目安とした。これはヨーグルトの食べ頃とされている酸度0.9~1.0%⁶⁾より低い値であるが、製品製造後の低温流通段階において微弱に継続する乳酸発酵による酸度の上昇を想定したためである。

培地組成の検討では、ショ糖添加量を0~4%、シークワサー果皮添加量を0.4~5%として、乳酸発酵を行った。また、培地乳濃度の検討では、市販の牛乳（成分無調整牛乳で無脂乳固形分8.3%以上、商品名「明治酪農牛乳」）に脱脂乳を0~5%添加して乳酸発酵を行った。その他、安定剤として一般的に利用されている寒天（ナカライテスク社製）とゼラチン（野洲化学工業社製）の比較を行った。

発酵条件の検討では、クリスチャン・ハンセン社の推奨乳酸発酵条件⁷⁾を参考に、発酵温度を35~43℃、発酵時間を4~8時間（35℃では18時間）として乳酸発酵を行った。

(3) 乳酸菌株

乳酸菌はYC180（凍結乾燥スターター、クリスチャン・ハンセン社製）を標準菌種として用いた。試験用スターターの調製は、ハンセン社指定の方法⁷⁾によった。すなわち、121℃で15分間のオートクレーブ滅菌した10%脱脂乳1Lに50Uの凍結乾燥菌種（250Lのヨーグルト製造用）を溶解して試験

用スターターとした。スターターは0.4 mlずつ滅菌チューブに分注して-80℃で凍結保存し、使用時に常温水中にて溶解した後に、100 mlの培地に対して0.4 mlを無菌的に接種した。

乳酸菌種の検討では、保存や取り扱いの容易さを考慮して、ヨーグルト製造用凍結乾燥乳酸菌種のYC180、YC380、YC381、YCX16およびCH-1（いずれもクリスチャン・ハンセン社製で*Streptococcus thermophilus*と*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*の混合菌種、YC180のみ*Lb. delbrueckii subsp. lactis*を含む）を用いた。

(4) 評価方法

カードの形成状態は目視評価によった。また、150 mlの培地を200 ml容のコニカルビーカーに入れて乳酸発酵させ、発酵終了時にカード上面に遊離する水分を離水量とした。

酸度は電位差滴定法により測定した。すなわち、1 mlの試料を100 mlの蒸留水で希釈して測定溶液とし、pH 8.2になるまで0.1 Nの水酸化ナトリウム水溶液を滴下した。中和に要した水酸化ナトリウム水溶液量に乳酸の係数を乗じ、酸度を算出した⁸⁾。

ヨーグルトは酸度を指標とした発酵管理が一般的であるが、発酵乳のpHを追跡することで発酵状態を推測することが可能である⁹⁾。乳酸菌の乳酸生成によりpHが低下すると、pH 5.3程度（酸度0.7～0.75%に相当する）で凝固が始まり、カゼインの等電点であるpH 4.6程度（酸度0.8%）までpHが低下すると乳の凝固は終了する。そこで、本試験では培地のpHを測定し、発酵状態の簡易指標として用いた。

実験結果および考察

(1) 培地組成の検討

10%脱脂乳と2%シークワサー果皮を基本培地として、ショ糖の添加量を検討した。その結果、無添加ではヨーグルトの酸味が弱く、シークワサー果皮の風味とマッチしなかった。ショ糖添加量が1%および2%では乳酸発酵が良好に促進され、乳酸の酸味によってシークワサー果皮の苦味が軽減されるようであったが、4%では十分に資化されなかったためか、甘味を強く感じた（表1）。

次に、シークワサー果皮の添加量を0.4、0.6、0.8、1、2、3および5%としてヨーグルトを試

表1 基本培地におけるショ糖添加量の検討

ショ糖 (%)	pH	酸度 (%)	風味
0	3.6	1.3	不良
1.0	3.7	1.5	酸味強い
2.0	3.7	1.4	良好
4.0	3.7	1.3	酸味弱い、甘味あり

10%脱脂乳と2%シークワサー果皮からなる基本培地を用い、35℃で18時間発酵させてヨーグルトを試作した。

作した。その結果、0.4%の添加ではシークワサーの風味が弱かったが、0.6%では果皮の風味が程良く感じられ、ヨーグルトとのバランスが良好であった。0.8%になるとシークワサー果皮由来の苦味が強く感じられたが、ショ糖を添加すると甘味が増え、食味が向上した。1%以上の添加ではシークワサー果皮の苦味が強くでてしまい、食用に適さない味となった。

これらのことから、ショ糖の添加量は2%、シークワサー果皮の添加量は0.6%とした。

(2) 発酵温度および時間の検討

乳酸発酵の温度を35℃、41℃および43℃として乳酸発酵を行い、最適な発酵温度および時間を検討した（表2）。

表2 発酵温度および時間の検討

温度 (℃)	時間 (hr)	pH	酸度 (%)	離水量 (ml)	カード形成	風味
35	18	3.7	1.4	4.4	堅い	良好
41	5	4.4	—	5.8	柔らかい	不良
41	6	4.3	—	9.2	柔らかい	酸味弱い
41	7	4.2	—	7.3	堅い	酸味弱い
41	8	4.0	—	8.3	堅い	良好
43	5	4.4	0.96	5.6	柔らかい	不良
43	6	4.2	0.98	6.6	堅い	良好
43	7	4.0	1.2	6.5	堅い	良好

10%脱脂乳と2%ショ糖および0.6%シークワサー果皮を添加した基本培地を用いてヨーグルトを試作した。(—)は未測定。

35℃で18時間の乳酸発酵を行うと、しっかりとカードのヨーグルトが得られた。酸度は1.4%、pH 3.7となり、ヨーグルトとして好ましい酸度とされる0.8% (pH 4.6) と異なる値となったが、強い酸味がシークワサー果皮の風味と合うようであった。

41℃では発酵6時間 (pH 4.3) まではカード形成が緩く、7時間 (pH 4.2) でヨーグルトの酸味が少し感じられ、8時間 (pH 4.0) になると、カードが形成されヨーグルトとして完成した状態となった。離水量は6時間で9.2 ml、7時間では7.3 ml、8時間では8.3 mlと発酵時間に関係なく、ある程度の離水量が確認された。

43℃では、発酵5時間まではカード形成が緩く、酸味も弱かったが、6時間ではカードが形成され、酸度0.98% (pH 4.2) と、やや酸味が強いヨーグルトとなった。発酵7時間では酸度1.2% (pH 4.0) と、わずかに発酵が進むようであったが、カード形成や食味に発酵6時間のものと大きな差異は見られなかった。離水量も同様に、発酵5時間で5.6 mlであったが、6時間は6.6 ml、7時間は6.5 mlとなった。

これらの結果から、乳酸発酵は43℃で6時間が適するものと考えられた。発酵時間を6時間とすることで、工場レベルでの取り扱いが容易になることが期待できる。この発酵条件で得られたヨーグルトの酸度は0.98% (pH 4.2) と、酸味が強いものの、シークワーサー果皮の風味と良くマッチするようであった。

(3) 培地乳濃度の検討

培地の乳濃度はヨーグルトの風味に大きく影響するほか、乳タンパクや乳脂肪によるマスキング効果の影響も大きくなることが推定される。そこで、基本培地組成の10%脱脂乳に換えて、市販牛乳(無脂乳固形分8.3%以上)に脱脂乳を2.5%および5%添加してヨーグルトを試作した。その結果、牛乳のみではヨーグルトの風味や酸味が弱く、シークワーサー果皮の風味も弱かった。2.5%添加ではヨーグルトの酸味とシークワーサー果皮との風味がバランス良く、食味良好であった。5%添加では乳の味が濃厚になり過ぎ、シークワーサー果皮の風味が抑えられてしまった(表3)。従って、培地の乳濃度は

表3 基本培地における乳濃度の検討

脱脂乳 (%)	pH	酸度 (%)	離水量 (ml)	カード形成	風味
0	4.1	0.82	2.2	堅い	酸味・風味弱い
2.5	4.3	0.93	1.1	堅い	良好
5.0	4.6	0.78	0.3	堅い	乳の風味濃厚

牛乳に2%ショ糖と0.6%シークワーサー果皮を添加した基本培地を用い、43℃で6時間発酵させてヨーグルトを試作した。

牛乳に2.5%の脱脂乳添加とした。

(4) 乳酸菌種の検討

ヨーグルト製造用乳酸菌種は数多くあり、求める製品の特性によって使い分ける(図4)。

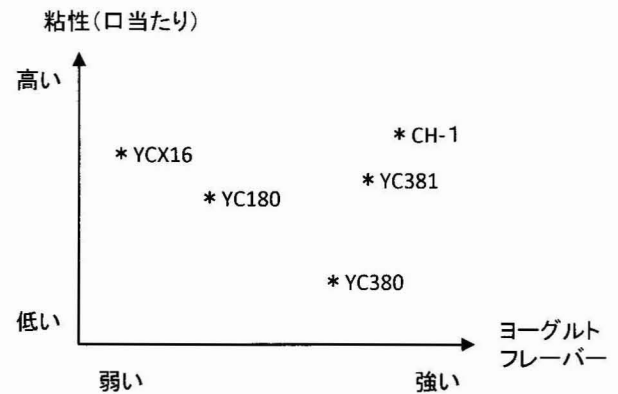


図4 ヨーグルト製造用乳酸菌種の特性
2%脱脂乳を添加した牛乳にスターターを0.02%接種し、43℃でpH 4.5に達するまで乳酸発酵させた。
※Chr. Hansen社資料⁷⁾より改変

培地組成および発酵条件の検討に用いた菌種YC180は粘性(口当たり)、ヨーグルトフレーバー共に中性的な性質を有するが、シークワーサー果皮は強い風味を持ち、酸味が強いヨーグルトと相性が良い傾向が伺えた。そこで、性質の異なるいくつかの乳酸菌種を用いてヨーグルトを試作し、性質を比較した。その結果、使用した乳酸菌種によってヨーグルトのフレーバーやカード形成には大きな差異は見られなかったが、メーカーの性質プロファイルと異なり、YCX16とCH1ではヨーグルトの粘性が低くなるように感じられた。酸度はYC380、YC381およびCH1が1.1%と高く、YCX16が0.89%と低くなった(表4)。

表4 シークワーサー果皮入りヨーグルト製造に適する乳酸菌種の検討

乳酸菌種	pH	酸度 (%)	離水量 (ml)	カード形成	風味
YC180	4.2	0.96	0.44	堅い	良好
YC380	3.8	1.1	1.40	堅い	酸味強い
YC381	3.9	1.1	0.30	堅い	酸味強い
YCX16	4.5	0.89	0.42	柔らかい	粘性低い・酸味弱い
CH1	4.0	1.1	0.31	柔らかい	粘性低い・酸味強い

牛乳に2.5%脱脂乳と2%ショ糖および0.6%シークワーサー果皮を添加した培地を用い、43℃で6時間発酵させてヨーグルトを試作した。

シークワサー果皮の風味はYC381とYC380およびCH1で強く、YCX16では弱くなった。YC180はヨーグルトの酸味とシークワサー果皮との風味がバランス良く、食味も良好であったことから、シークワサー果皮入りヨーグルトの製造に適していると考えられた。

(5) 安定剤添加量の検討

市販されている果汁や果肉入りヨーグルトでは、果汁成分の添加による乳凝固の不足を補うため、あるいは果肉成分の均一な分散を目的として、寒天やゼラチン等の安定剤が広く利用されている。シークワサー果皮を添加したヨーグルトでは、発酵中に果皮が沈殿するため、飲食直前に攪拌する必要があった。そこで、シークワサー果皮の均一な分散を目的として、安定剤の添加を検討した。

基本培地（牛乳に2.5%の脱脂乳と2%のショ糖および0.6%シークワサー果皮を添加）に寒天を0.1、0.2、0.3、0.4および0.5%添加して試験用培地とした。105℃で15分間加熱殺菌した培地を43℃のインキュベーター中で一夜保温し、培地温度を安定させた。乳酸菌スターターの接種量は0.4%とし、43℃で6時間乳酸発酵させてヨーグルトを試作した。

その結果、寒天濃度が0.1%および0.2%ではシークワサー果皮が沈殿したが、0.3%および0.4%では果皮の分散が見られ、得られたヨーグルトの食感も良好であった。さらに、乳酸菌スターターを接種した培地を、スターラーを用いて5分間緩やかに攪拌した後に乳酸発酵させることで、シークワサー果皮をヨーグルト中に均一に分散させることが可能となった（写真）。寒天濃度を0.5%にすると培地の調



写真 シークワサー果皮入りヨーグルト
0.3%寒天の添加により、果皮が均質に分散されている

製中にゲル化が生じ、取り扱いが困難であった。また、ゼラチンの添加では乳酸発酵中に果皮の沈殿が生じ、分散化には不向きであった。

以上の結果を踏まえ、シークワサー果皮入りヨーグルトの製造条件を、図5のように決定した。

培地
(牛乳、2.5%脱脂乳、2%ショ糖
0.6%シークワサー果皮、0.3%寒天)

↓200ml容のコニカルビーカーに150ml培地を入れる
↓105℃で15分間の加熱殺菌
↓43℃で一夜保温し、培地温度を安定化
↓0.4%の乳酸菌(YC180)スターターを接種
↓スターラーで5分間、ゆるやかに攪拌
↓43℃で6時間・静置培養
↓乳酸発酵終了後に冷蔵

シークワサー果皮入りヨーグルト

図5 シークワサー果皮入りヨーグルトの製造条件

本成果によって、これまで有効に利用されてこなかったシークワサー搾汁残渣を利用して、シークワサーの風味を有した新しい食品の製造が可能になった。また、シークワサー果汁を原料としたフルーツソースを添付することで、さらに風味を向上させることが可能となった。緒言で述べたように、シークワサー果皮（搾汁残渣）にはPMFや精油成分等の有用成分が多く含まれていることから、これら成分による食品機能性の付与も大いに期待できるものと考えている。

本試験で用いたシークワサー搾汁残渣など、著量の有用成分（ポリフェノール類、フラボノイド類など）を含むものの、強い苦味などにより直接食用には不向きな素材は数多くある。ヨーグルトや漬物など乳酸発酵の利用は、これら風味の改善に有効な技術であり、今後、他の素材に対する利用の検討も進めていきたい。

要約

シークワサー果皮を添加したヨーグルトの開発を行った。牛乳に2.5%脱脂乳、2%ショ糖、0.6%シークワサー果皮および0.3%寒天を加えて培地とした。培地の殺菌は105℃で15分間の加熱殺菌とし、殺菌後は培地の温度を43℃に調節した。培地に0.4%の乳酸菌スターターを接種し、5分間攪拌した後に43℃で6時間乳酸発酵させることで、シー

クワサー果皮が均一に分散されたヨーグルトの製造が可能であった。乳酸菌株はYC180が最も適していた。

本研究の一部は、県産農産加工品開発事業（沖縄県農林水産部園芸振興課、H21～23年度）において実施した。関係者の皆様に、深く感謝致します。

Abstract

We developed the yogurt which added shekwasha peel. Milk containing 2.5% nonfat milk, 2% sucrose, 0.6% shekwasha peel and 0.3% agar was used for the nutrient medium. The sterilization of the medium performed at 105 °C for 15 minutes. After sterilization, the medium was kept at 43 °C. Inoculation percentage of yogurt starter was 0.4%, and fermented it at 43 °C for 6 hours to making yogurt. Gentle agitation for 5 minutes before fermentation, shekwasha peel was dispersed successfully into yogurt. YC180 (lactic acid bacterium starter) was most suitable for the making this yogurt.

参考文献

- 1) Kawaii, S., Tomono, Y., Katase, E., Ogawa, K. and Yano, M. : Quantification of flavonoid constituents in Citrus fruit, *J. Agric. Food Chem.*, 47, 3565 ~ 3571 (1999).
- 2) 沖縄県農林水産部：沖縄の農林水産業, p23 (2011).
- 3) Takenaka, M., Nanayama, K., Isobe, S., Ozaki, K., Miyagi, K., Sumi, H., Toume, Y., Morine, S. and Ohta, H. : Effect of extraction method on yield and quality of *Citrus depressa* juice, *Food Sci. Technol. Res.*, 13 (4), 281-285 (2007).
- 4) Iwase, Y., Takemura, Y., Ju-ichi, M., Yano, M., Ito, C., Furukawa, H., Mukainaka, T., Kuchide, M., Tokuda, H. and Nishino, H. : Cancer chemopreventive activity of 3,5,6,7,8,3',4'-heptamethoxyflavone from the peel of *Citrus* plants, *Cancer Letters*, 163 (1), 7-9 (2001).
- 5) 宮城一菜、新垣江利子、比嘉整、小那覇安輝、照屋亮、和田浩二、太田英明、広瀬直人：シークワシャー搾汁残渣を利用した食品素材（酢抽出物）の開発・ポリメトキシフラボン類、シネフリン等に注目して、沖縄農業研究会第50回大会要旨集, p63-64 (2011).
- 6) 社団法人日本酪農乳業協会（発行）：牛乳・乳製品の基礎知識, p65-68 (2006).
- 7) Chr. Hansen A/S, ed., Yo-Flex, Yoghurt and drinking yoghurt (2011).
- 8) ビール酒造組合（編）：改訂BCOJビール分析法, 日本醸造協会, 8.6.2 (1998).
- 9) 牛越静子、小木曾加奈：市販乳酸菌による牛乳および豆乳類のヨーグルトの性状, 長野県短期大学紀要, 61, 87-92 (2006).