



あたらしい 農業技術

No.659

食べられるレモン「レモネード」
の果汁中に含まれる香り成分

令和元年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) レモネードは、ニュージーランドから導入され、農林技術研究所における特性調査を経て伊豆地域で栽培が開始されているカンキツです。レモンの類縁種といわれていますが、強い酸味がなく、生果をそのまま食べることができる意外性から高い評価を得ています。
- (2) レモネードの果実特性の一つに、特有の豊かな香りをもっている点が挙げられます。そこで、レモネード果汁中に含まれる香り成分を調べたところ、類縁種であるレモン果汁とは異なる特性をもっていることが明らかになりました。

2 技術、情報の適用効果

レモン果汁との差別化が図れることから、果汁の香りを活用した加工品の開発につながります。

3 適用範囲

県内カンキツ産地

4 普及上の留意点

レモネード果汁はレモン果汁とは異なる香気をもっていることは明らかになりましたが、香りの強さについては明らかでないため、これを明らかにするには更なる検証が必要となります。

目次

はじめに	1
1 レモネードの果実特性	1
2 レモネード果汁の香気特性	2
(1) 揮発性成分組成	2
(2) 含有揮発性成分の香り描写と強度	4
(3) 香気特性の官能評価	5
おわりに	6
参考文献	7
用語解説	7

はじめに

レモネードは、昭和 47 年にニュージーランドから伊豆地域に導入されたカンキツです。果形や果皮色などの外観がレモンに似るため、レモンの類縁種といわれていますが、レモンのような強い酸味がなく、生果をそのまま食べることができます。また、手で皮を剥くことができ、種子は少なく、特有の豊かな香りを持っていることから有望です。露地栽培での収穫期は 2～3 月で、この時期になると酸含量は 1～2 % 程度となり、レモンに似た外観で食味がよいという意外性から人気が高まっています。

昭和 51 年以降で実施された当センターにおける特性調査を経て、現在では伊豆地域のカンキツ産地に導入され、温州みかんと収穫期が重ならず、作業労力の分散が図れる点からも注目されて産地化が進んでいます。産地では、生果の販売だけでなく、レモネードの豊かな香りを活かした加工品の開発が行われているため、レモネードに含まれる香りの特性や、レモンとの違いを明らかにすることで、香りを活かした更なる加工品の開発につながると考えられます。そこで、農林技術研究所伊豆農業研究センターにおいて、レモネードの果汁中に含まれる揮発性成分の組成とその香気特性について検証したので、その結果を紹介します。

1 レモネードの果実特性

収穫期である 2 月下旬にレモネードの果実を採取し、その果実特性について、類縁種といわれるレモン、飲料などへの果汁の利用が多いオレンジと比較しました（表 1）。レモネードの果実重は 100g 程度でレモンと同等であり、レモンが果頂部に突起があるのに対してレモネードにはみられないことから、果実の縦径がやや小さい点が外観の特徴です（図 1）。また、果皮の赤みの強さを表す果皮色（a*値）は、レモンより高くオレンジより低い値を示し、黄色の果皮をもつレモンと橙色のオレンジの中間の果皮色であるといえます。また、レモネードの果皮はレモンより薄く、果肉歩合はレモンに比べて大きいことがわかりました。果肉歩合が大きいと生果を食べるときに可食部が多くなるだけでなく、果汁を利用する場合にも搾汁量が多くなる可能性がありメリットがあります。糖度は 11.0Brix% で、レモンに比べて高くオレンジと同等、酸含量は 2.29% で、レモンに比べて顕著に低くオレンジよりもやや高いことが明らかになり、レモンに比べて酸含量が低いだけでなく、糖度が高い点も生果の食味が良好な要因であると考えられます。

表 1 レモネードの果実特性^z

品種・系統	平均果実重 (g)	縦径 (mm)	横径 (mm)	果肉歩合 (%)	糖度 (Brix%)	酸含量 (%)	果皮色 (a*値)
レモネード	103 b ^x	63 b	58 b	73 b	11.0 a	2.29 b	19.9 b
ユーレカレモン	115 b	74 a	58 b	68 c	9.2 b	7.22 a	8.5 c
トロピタオレンジ	174 a	65 b	72 a	77 a	11.0 a	1.54 c	32.8 a
有意性 ^x	**	**	**	**	**	**	**

^z 採取日：2 月 20 日、分析日：2 月 22 日

^y Tukey 法により、異符号間に 5 % 水準で有意差あり

^x 分散分析により、**は 1 % 水準で有意差あり

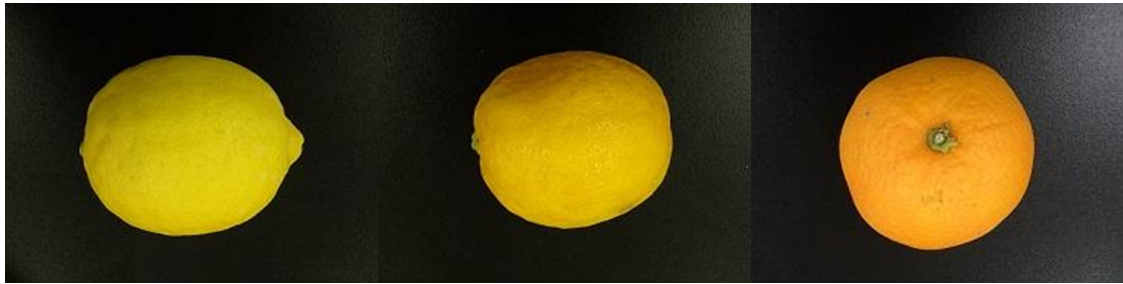


図1 供試品種・系統の果実（左：レモネード、中：ユーレカレモン、右：トロビタオレンジ）

2 レモネード果汁の香気特性

(1) 揮発性成分組成

収穫期に採取したレモネードの果実から果汁を絞り、果汁から揮発してきたガスをGC-MSという機器に注入して揮発性成分を測定しました。同様にレモンおよびオレンジについても揮発性成分を測定し、3種の比較を行いました。

結果として、3つの品種・系統を合わせて51の揮発性成分が特定されました（表2）。品種・系統別にみると、レモネードからは34、レモンからは24、オレンジからは32の成分が特定され、レモネード果汁中から最も多い成分数が得られました。更に、レモネード果汁中の34の揮発性成分のうち、レモンやオレンジからは特定されず、レモネード果汁中のみから得られたものは13成分あり、この中には α -Pinene（グリーンの甘い香り）やUndecanal（酸っぱい金属様の香り）などのヒトが香りとして感じる成分も含まれていました。これに加えて、揮発性成分の含有量を比較するための指標であるピーク面積を3つのカンキツ種で比較したところ、21成分のうち20成分で他の2品種に比べてレモネードのピーク面積が大きいことが明らかになりました。

これらのことから、レモネード果汁中には他の2品種に比べて揮発性成分の種類、量ともに多く含まれている可能性があると考えられました。このことは、レモネード果汁の香気は、少なくともレモンやオレンジとは異なる特性を持っている可能性が高いことを示しています。

表2 レモネード果汁中に含まれる揮発性成分とそのピーク面積

No.	保持時間	推定成分名	定量 イオン	有意性 ^z	ピーク面積			(A) / (B)	(A) / (C)
					レモネード (A)	レモン ‘ユーレカ’ (B)	オレンジ ‘トロピタ’ (C)		
1	1.54	Acetaldehyde	29	*	381 ^y a ^x	124 b	195 ab	3.1	2.0
2	1.84	Ethanol	31	n.s.	3,270	2,815	6,605	1.2	0.5
3	2.08	Acetone	43	**	377 a	103 b	80 b	3.6	4.7
4	2.70	1-Propanol	31	**	- ^w b	- b	41 a	-	-
5	3.44	Ethyl acetate	43	**	- b	- b	65 a	-	-
6	4.27	Butanol	56	**	- b	13 a	26 a	-	-
7	4.71	2-Pentanone	86	**	- b	12 a	12 a	-	-
8	4.94	Pentanal	44	**	- b	7 a	7 a	-	-
9	7.03	Hexanal	56	**	- c	13 b	18 a	-	-
10	7.74	Furfural	95	**	325 a	119 b	130 b	2.7	2.5
11	9.00	3-Heptanol	69	**	- b	- b	4 a	-	-
12	9.16	Heptanal	29	**	- b	- b	4 a	-	-
13	10.04	α -Pinene	93	**	3,677 a	- b	- b	-	-
14	10.17	α -Fenchene	79	**	415 a	43 b	- c	9.6	-
15	10.42	Camphene	121	**	5,085 a	673 b	- c	7.6	-
16	10.58	Benzaldehyde	105	**	- b	- b	85 a	-	-
17	10.92	β -Myrcene	93	**	16,402 a	179 b	594 b	91.5	27.6
18	10.99	p-Menth-3-ene	81	**	7,289 a	55 b	76 b	132.8	96.2
19	11.19	Octanal	41	**	- b	- b	147 a	-	-
20	11.44	α -Phellandrene	93	**	58,583 a	831 b	2,076 b	70.5	28.2
21	11.66	α -Terpinene	136	**	176,459 a	1,563 b	3,842 b	112.9	45.9
22	11.81	p-Cymene	119	**	- b	18,552 a	- b	-	-
23	11.94	Limonene	68	**	302,117 a	1,827 b	9,382 b	165.3	32.2
24	12.00	β -Phellandrene	93	**	- b	324 a	824 a	-	-
25	12.04	1,8-Cineole	139	**	- c	17 b	74 a	-	-
26	12.40	γ -Terpinene	136	**	162,956 a	806 b	1,171 b	202.1	139.2
27	12.95	Terpinolene	67	**	16,293 a	110 b	360 b	148.2	45.3
28	13.09	Nonanal	70	**	- b	- b	9 a	-	-
29	13.55	Alloocimene	121	**	289 a	- b	- b	-	-
30	13.71	Fenchol	80	**	1,058 a	- b	- b	-	-
31	13.88	1-Terpineol	81	**	181 a	- b	- b	-	-
32	14.13	cis- β -Terpineol	93	**	114 a	- b	- b	-	-
33	14.67	Borneol	139	**	745 a	9 b	- c	85.1	-
34	14.84	Octyl acetate	84	**	303 a	- b	- b	-	-
35	14.88	Decanal	41	**	696 a	- c	56 b	-	12.5
36	14.93	α -Terpineol	121	**	730 a	- c	32 b	-	22.8
37	15.06	Safranal	107	**	- b	26 a	- b	-	-
38	15.41	β -Cyclocitral	137	**	- b	22 a	- b	-	-
39	15.80	Cuminaldehyde	133	**	104 a	- c	35 b	-	3.0
40	16.03	Carvenone	95	**	465 a	- c	33 b	-	14.0
41	16.28	Thymol	135	**	387 a	- b	- b	-	-
42	16.37	Tridecane	57	**	295 a	- b	- b	-	-
43	16.46	Carvacrol	135	**	813 a	46 b	54 b	17.9	15.2
44	16.57	Undecanal	41	**	137 a	- b	- b	-	-
45	16.88	Terpinol	81	**	120 a	- c	12 b	-	9.7
46	17.12	Citronellyl acetate	43	**	2,032 a	- b	- b	-	-
47	17.90	Tetradecane	57	**	- b	- b	5 a	-	-
48	18.12	Dodecanal	41	**	542 a	- b	- b	-	-
49	19.60	cis- α -Bisabolene	109	**	362 a	- b	- b	-	-
50	20.01	δ -Cadinene	161	**	2,241 a	- c	6 b	-	359.4
51	20.46	α -Calacorene	157	**	1,555 a	- b	- b	-	-

^z分散分析により**は1%水準で、*は5%水準で有意差あり、n.s.は有意差なし

^y数値×10⁴

^xTukey検定により同一アルファベット間には5%水準で有意差なし

^w不検出

(2) 含有揮発性成分の香り描写と強度

レモネード果汁から揮発してきたガスをGC-MSに注入して成分ごとに分離し、これらをGC-MSに付属したにおい嗅ぎ装置を用いて嗅ぐことで、果汁中に含まれる揮発性成分の香り描写と強度を調べました。

果汁中に含まれている揮発性成分には、ヒトが感じられる香りをもつものと、そうでないものがあり、表3には、調査時に感じられた香気の描写とその強度を示しています。香りを感じられた成分の数は、レモン‘ユーレカ’が8、オレンジ‘トロビタ’が9であったのに対し、レモネードでは13と最も多く、強度2（はっきり香る）に該当した成分数もレモネードが最も多いという結果になりました。更に、レモネード果汁中には「甘い」、「花様の」など、好ましい香りを感じられる成分が多くみられました。

これらのことから、レモネード果汁とレモン果汁、オレンジ果汁では、含まれている揮発性成分の組成が異なるだけでなく、ヒトが感じることができるとも異なる香りにも差があることが示唆されました。

表3 レモネード果汁中に含まれる揮発性成分の香り描写と強度

品種	No.	保持時間	描写	強度 ^z	推定成分名
レモネード	1	10.92	香ばしい、熟した機械様の	2	β -Myrcene
	2	11.94	スツとする、ワックス様の	1	Limonene
	3	12.40	濁った、不快な	2	γ -Terpinene
	4	12.95	甘い	1	Terpinolene
	5	13.08	非常に甘い、花様の	2	unknown ^y
	6	13.28	濁った、不快な	2	unknown
	7	13.79	花様の	2	unknown
	8	14.72	甘い、パイン様の	2	unknown
	9	14.88	甘い	1	Decanal
	10	15.56	香ばしい	2	unknown
	11	16.03	スツとする	1	Carvenone
	12	16.59	甘酸っぱい	2	unknown
	13	17.36	甘い	1	unknown
レモン ‘ユーレカ’	1	11.19	甘い	1	unknown
	2	11.58	接着剤様の	1	unknown
	3	11.81	甘い	1	p-Cymene
	4	12.40	芋臭	1	γ -Terpinene
	5	12.95	甘い	1	Terpinolene
	6	13.03	香ばしい、コーヒー様の	1	unknown
	7	13.20	濁った、不快な	2	unknown
	8	14.74	墨汁様の	2	unknown
オレンジ ‘トロビタ’	1	11.19	甘い	2	octanal
	2	11.94	甘い	1	limonene
	3	12.40	ワックス様の、不快な	1	γ -Terpinene
	4	12.95	甘い	1	terpinolene
	5	16.60	甘酸っぱい、果実様の	1	unknown
	6	17.40	爽やかな、甘い	1	unknown
	7	18.72	花様の	1	unknown
	8	19.20	花様の、好ましい	1	unknown
	9	21.12	甘い、貯蔵臭	1	unknown

^z 1:微かに香る、2:はっきり香るの2段階で評価

^y 成分不明

(3) 香気特性の官能評価

GC-MS およびそれに付属したにおい嗅ぎ装置による分析の結果、レモネード果汁とレモン果汁の香気に差がある可能性が示されたため、その香気特性を明確にすることを目的として、専門のパネリストによるレモネード果汁の香気特性評価を実施しました。評価は、調理学を専門とする大学の教員、野菜ソムリエやワインソムリエ等の有資格者で構成された10名のパネリストにより行い、評価のための用語として、「酸っぱい（酸臭）」、「甘い」、「果実様（フルーティー）」、「青い（青臭い）」、「芳香性」、「さわやか」、「シャープ（刺激的、ツーンとくる）」の7項目を選定し、レモネードとレモンを比較しました。

結果として、7項目のうち「甘い」を除く6つの項目でレモネードの得点がレモンに比べて高い傾向がみられました（図2）。また、レモネード果汁の香気を嗅いだパネリストからは、レモネード果汁の香りはレモン果汁に比べて「刺激的で鋭い」などのコメントに加えて、「唾液が出る、広がりがある、新鮮な、健康的な」などの好意的にとらえられるコメントが複数得られました（表4）。その他にも、「レモン以外の柑橘系の匂いが感じられた」などのレモネード果汁がレモンとは異なる香気をもっていることを示すコメントもみられました。

以上の結果から、レモネード果汁の香りはレモンに比べてシャープな（刺激的な、ツーンとくる）香気であり、レモンとは異なる特徴的な香りを持っていることが明らかになりました。

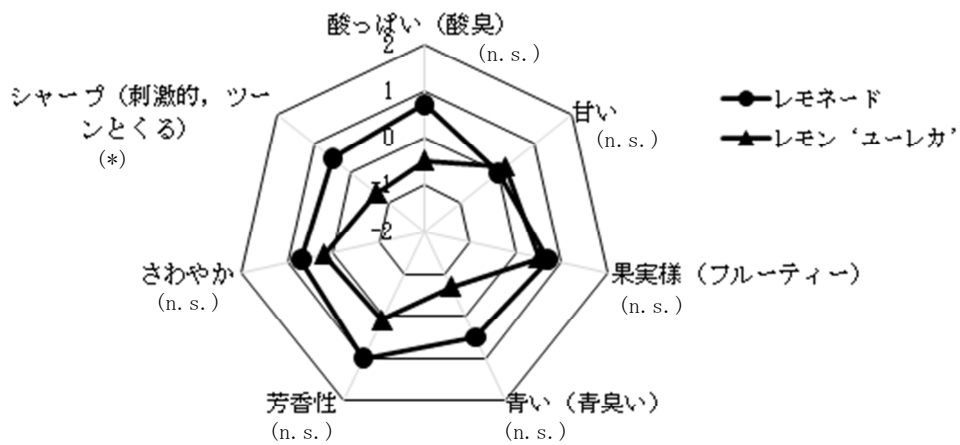


図2 レモネード果汁に含まれる香気官能評価

評価項目に付した括弧内は、符号検定により*は5%水準で有意差あり、n. s. は有意差なし

表4 レモネード果汁の香りを嗅いだパネリスト10名のコメント

レモネード	ユーレカ
レモンの香りの中に柚子のような香り 飲み物に入れるのではなく、焼き魚等に使用した方が良い	甘い香りが印象的 柑橘特有の好ましい果実香
芳香剂的な作られた香りっぽい 香りがきつい	苦いというよりは熟した感のある匂い フルーティーな印象が強い
全体的に香りが強い レモン特有のシャープさは少ない 芳香性（香りの広がり）が強く、使用の幅が広いように感じる フルーティーな香りは特に良い	レモンの香り（酸っぱい匂い）は少し弱い
刺激的で鋭い 唾液が出る ミネラル感がある 広がりがある 新鮮な 鼻の奥に残る 健康的な	イメージとしては柔らかい、おとなしい 塩っぽい レモン飴のような香り
苦味のある香り レモンというよりは八朔や小夏等の香りがする おいしそう	丸みのある ドレッシング、ジュース、料理などに使えそう 香りのインパクトに欠ける
レモンの皮の匂いに近い 刺さるような匂い	全体的に匂いが弱い まろやかな やさしい
さわやかで力強い	レモンらしい香りが弱い 香りが重い
ツーンとした酸っぱい匂いは弱い レモンというより柚子や橙に似ている匂い 苦い匂いもある マーマレードにすると苦味の効いたきりっとした出来になるように感じた	酸っぱくてシャープさが強い 青臭い、植物らしい匂い
凝縮された、果汁の濃い感じ 生き生きとした感じ 柑橘のフルーティーな甘味を感じる匂い フレッシュ感がある 色も濃くて良い	思ったより生臭い匂いがして尖った感じはあまりしなかった レモンとしては物足りない
果汁にしてはやや強い匂い レモン以外の柑橘系の匂いが感じられた	普通のレモン果汁に近い印象

おわりに

揮発性成分分析および官能評価の結果から、レモネード果汁がもつレモンとは異なる香気を新商品開発などに有効に活用していくことが可能であると考えられます。なお、ここでは紹介しませんが、カンキツ類は一般的に果汁中よりも果皮中に多くの香気成分が含まれています。レモネードの果皮中に含まれる香気成分がレモンの果皮中のそれとは異なることもわかっており、果皮の香りの利用も新商品開発につながる可能性があると考えられます。今後は、これらの豊かな香りを活かすことで、用途や需要が増加し、レモネードの更なる認知度向上とブランド化が図られることが期待されます。

最後になりましたが、本研究の実施にあたり、分析用果実の提供にご協力いただきました JA なんすん南部営農経済センターの皆様へ深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 浜部直哉・勝岡弘幸・馬場明子・種石始弘・久松 奨・池ヶ谷 篤・大場聖司・武藤浩志・稲葉善太郎・野田勝二, 2019. レモネード果汁中に含まれる揮発性成分とその香気特性評価. 園学研, 18 (1), 1-5.

用語解説

1) 果頂部

樹上で果実が枝に着生している側（へた）とは反対側の部分。

2) 果肉歩合

果実1個あたりの全果実重に占める果肉重の割合。

3) 官能評価

人の五感を使って製品の品質を評価する方法で食品や香料、工業製品に用いられる。

伊豆農業研究センター生育・加工技術科 主任研究員 浜部直哉