

発酵青バナナ末「バナファイン[®]」の免疫力向上効果とインフルエンザ感染症に対する防御機能

ほり え けん じ¹⁾、やま だ たかし²⁾
堀江健二¹⁾、山田 敬²⁾

はじめに

バナナは最も多く食べられている食品のひとつで、全世界で年間1億200万トンが生産されている¹⁾。日本でもバナナはよく食べられており、2013年のバナナの輸入量は約97.5万トン(財務省貿易統計)で、輸入果物の約半分を占めている。また、1世帯あたり年間18kg(バナナ約200本分)を消費しており(総務省家計調査)、果物消費量ランキングでも2004年にみかんを抜いて以来、継続してバナナは1位となっている。

日本に輸入されるバナナはほとんどがフィリピンで栽培されており、未成熟な状態で日本に輸入され、日本国内の熟成室(むろ)で温度を管理し熟成させ、食べ頃になったのち店頭で販売される。

フィリピンで未成熟で硬いうちに収穫されるバナナ(図1)は、見た目や大きさの規格や基準に従い選別するため、中には廃棄される青バナナも存在する。今回、この未成熟のバナナ(青バナナ)に着目し、未利用資源の有効活用を目的に青バナナを用いた素材開発を行った。

バナナは上述のように老若男女や場所を選ばず、美と健康を意識して食べられる最も身近な食品のひとつである。バナナの機能性は昔から注目されており、整腸作

用、美肌効果、脂肪燃焼効果、抗酸化効果などさまざまな機能性があげられるが、科学的なエビデンスが乏しい状況である。

一方、研究報告としては、高地栽培バナナに関する血糖値の降下や血清LDLの過酸化抑制、または中性脂肪およびLDLコレステロールが顕著に低下することが報告されている²⁾。また前田ら³⁾、山崎ら⁴⁾は、バナナには白血球などの免疫系を活性化させる働きが強いことを報告し、がん予防に有効であることを報告している。

これらのさまざまに得られた情報や報告を基に、バナナには免疫力を高める機能が備わっていると考えられ、同様に今回着目する青バナナにも免疫力を高める効果が期待できることから、免疫賦活効果に着目し検討を行った。

1. 発酵青バナナ末「バナファイン[®]」

未成熟のバナナ(青バナナ)の粉末は、えぐみや苦み、渋みが強い食品である。また水に不溶であるため、飲料等さまざまな食品への応用は困難である。そこでわれわれは、マウスマクロファージ様細胞株(RAW264.7)からのTNF- α 分泌量を免疫の指標とし、青バナナ末の酵素分解と酵母による発酵を行った。その結果、淡黄色の発酵青バナナ末「バナファイン[®]」を作ることになった。

得られた発酵青バナナ末は水に可溶であり、また苦みや渋みがほとんどなく、逆にほのかな甘みとうまみがある粉末となった(図2)。

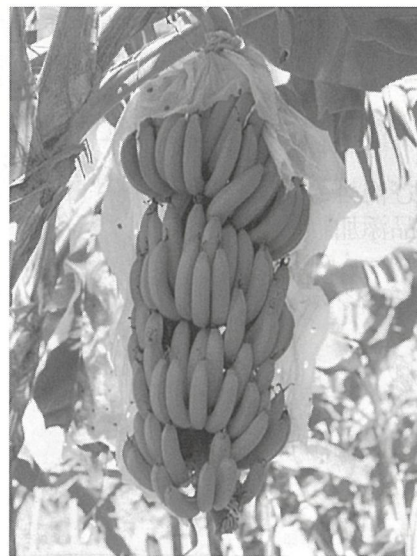


図1 未成熟のバナナ(青バナナ)

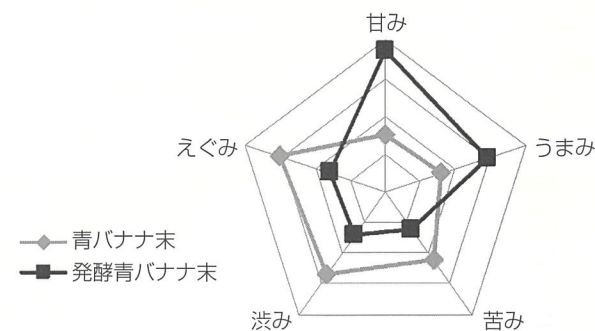


図2 青バナナ末と発酵青バナナ末による官能試験

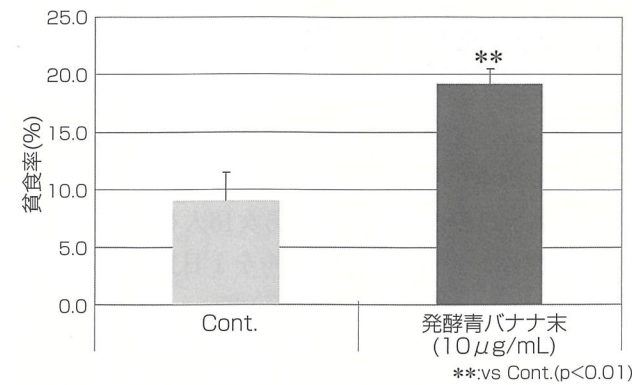


図3 マクロファージの貪食能

本発酵青バナナ末の免疫賦活効果を調べるために、貪食効果について検討を行った。マクロファージJ774.1細胞に発酵青バナナ末(1 mg/mL)を添加し、さらにポリエチレンビーズを加え、2時間後にマクロファージの貪食率(1個以上のビーズを取り込んだ細胞数/全体の細胞数)をカウントした。その結果、図3に示すように、バナファインの添加により貪食率が有意に増加することが確認された。

2. 発酵青バナナ末のマウス経口投与における感染防御の検討

2-1 インフルエンザウイルスに対する感染防御効果

発酵青バナナ末が免疫力を高めることでウイルスなどの感染症を防御できるかを確認するため、京都府立医科大学免疫学教室の協力を得て、マウスによるインフルエンザウイルスの感染試験を実施した。

8週齢雌マウス(BALB/c)を用い、発酵青バナナ末10mg/匹投与群(H群)、2mg/匹投与群(L群)、無投与群(コントロール:C群)の3群に分け、各群10匹ずつ10日間発酵青バナナ末の経口投与を行った。その後、A型インフルエンザウイルス(A/Puerto Rico/8/34(H1N1)(PR8株))をマウスの鼻腔から感染させ、生存率と体重の変化を測定した。感染後は感染前と同濃度の発酵青バナナ末を飲水に切り替え投与を行った。

その結果、感染後14日目の生存率は、C群では50%(10匹中5匹が死亡)に対し、L群では80%(10匹中2匹が死亡)、H群では90%(10匹中1匹が死亡)の生存率となった。発酵青バナナ末を食べさせなかったC群と高容量投与のH群の14日目の生存率を比較すると、致死率の有意な改善が認められた(図4)。

さらに個々の体重減少データを、減少率が15%未満を「軽症」、15%以上を「重症」としてまとめたグラフを図5で示す。結果、C群の軽症匹数が3匹であったのに

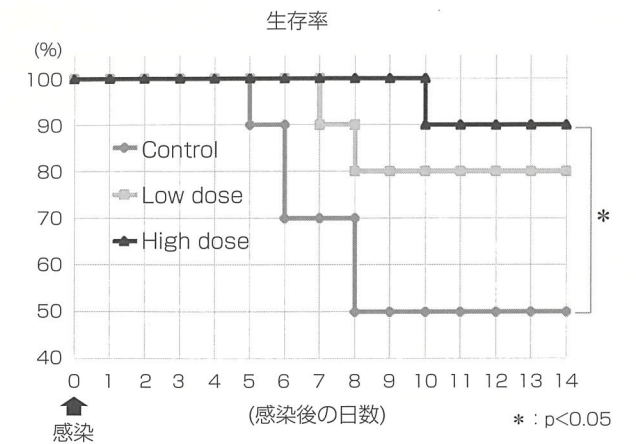


図4 発酵青バナナ末摂取によるインフルエンザウイルス感染時の生存率の比較

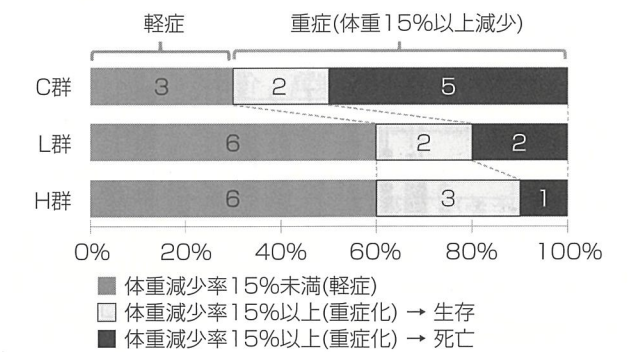


図5 発酵青バナナ末摂取によるインフルエンザウイルス感染時の重症度の比較

対し、L群、H群ともに6匹となっており、軽症の割合が増していることがわかった。さらに重症のうち、生存と死亡の匹数を比較すると、C群は、重症7匹中5匹が死亡(致死率71%)しているのに対し、L群では4匹中2匹が死亡(致死率50%)、H群に至っては4匹中1匹しか死亡(致死率20%)しておらず、発酵青バナナ末の摂取は、インフルエンザ感染症による重症化を抑えられるばかりではなく、重症化しても回復(蘇生)する力が備わっていることが示された。

今回得られた生存率改善は、発酵青バナナ末による自然免疫賦活効果に起因すると考えられるため、次に発酵青バナナ末摂取における免疫応答を検討した。

2-2 脾臓細胞における免疫細胞の応答

発酵青バナナ末の摂取による抗インフルエンザ効果のメカニズムの可能性を調べる目的で、免疫を司る脾臓中の細胞(リンパ球など)における免疫応答の変化を確認した。

前述と同様マウスを用い、発酵青バナナ末10mg/匹投与群(H群)、2mg/匹投与群(L群)、ならびに無投与(コ

1) (株) ファーマフーズ
2) (株) ドール

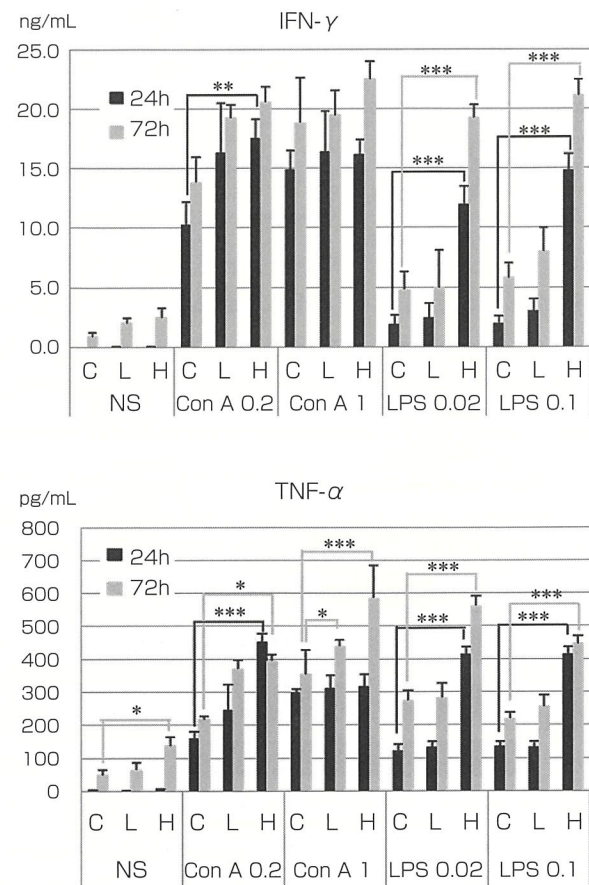


図6 発酵青バナナ末摂取マウス脾細胞におけるサイトカイン応答

コントロール：C群)に分け、各5匹ずつ10日間検体を経口投与した。10日後、マウスをと殺し、脾細胞を採取し、脾細胞から分泌される2種類のサイトカイン(TNF- α 、IFN- γ)の放出量をELISA法により調べた。またConA(0.2 μ g/mL or 1 μ g/mL)とLPS(0.02 μ g/mL or 0.1 μ g/mL)を加え、24および72時間後に放出されるサイトカイン量をELISA法で測定した。

結果、無刺激(NS)の場合は各群間におけるサイトカイン放出量の差はほとんどないが、ConAやLPSで刺激を加えた場合、TNF- α とIFN- γ の放出量がC群と比較し、L群とH群において極めて顕著に上昇することが確認された(図6)。発酵青バナナ末を摂取することで、通常の場合は免疫物質の過剰な反応はみられないが、外部からの刺激(異物)が入った場合には、速やかに免疫反応が高められることが示された。この免疫応答が、今回のインフルエンザウイルスの感染防御ならびに回復の力となった可能性も考えられる。

3. 発酵青バナナ末のヒト免疫能に及ぼす効果

発酵青バナナ末のヒト免疫能に及ぼす効果を調べるために、ヒトボランティア試験を実施した。

平均年齢34.8歳の健康な成人男女16人を対象に2群に分け、発酵青バナナ末のカプセルを1日100mgとプラセボ(デキストリン)カプセルを1日100mg、3週間摂取してもらった。3週間摂取した時点で、1週間非摂取期間を設け、その後被験食をクロスし、さらに3週間摂取した。本試験は二重盲検法により実施した。免疫の指標として、血中のNK細胞活性ならびにサイトカイン(TNF- α 、IFN- γ)を測定した。また検体摂取による体感を調べるために、POMS、VASの2種類のアンケート調査を実施した。

その結果、NK細胞活性は、プラセボ群が摂取前後で変化が見られないのに対し、発酵青バナナ末摂取群は摂取前と比較し有意に活性が上昇した(図7)。さらにIFN- γ において、発酵青バナナ末摂取群の摂取前後で有意な増加が確認された(図8)。体感アンケートである、POMSでは「抑うつ」「怒り」「活気」で改善傾向が確

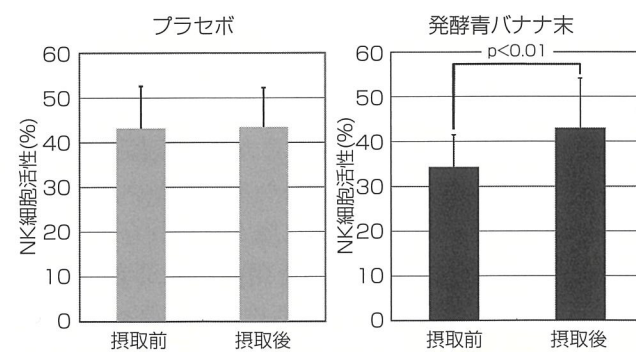


図7 ヒトボランティア試験におけるNK細胞活性への影響

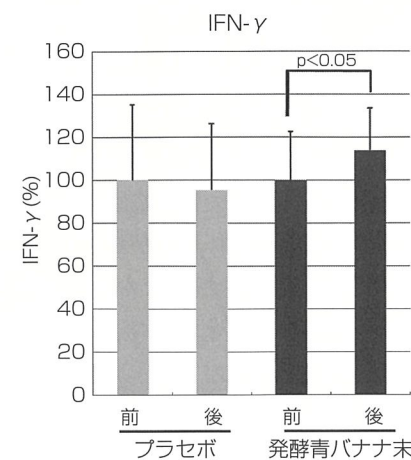


図8 ヒトボランティア試験におけるサイトカインへの影響

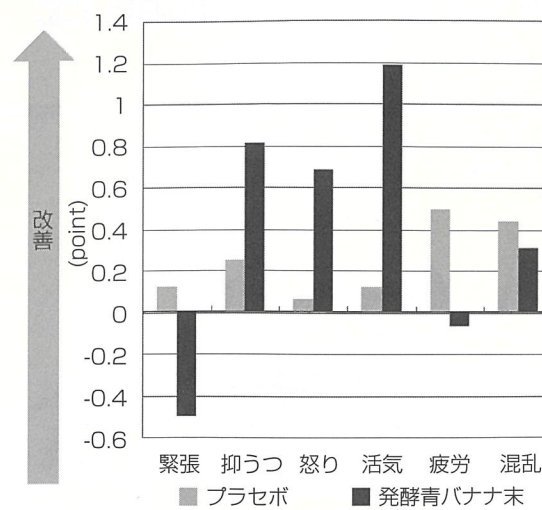


図9 発酵青バナナ末摂取における体感アンケート(POMS)

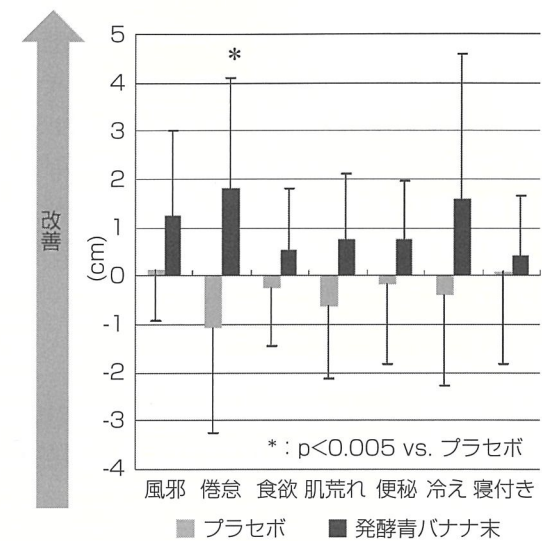


図10 発酵青バナナ末摂取における体感アンケート(VAS)

認され(図9)、またVASにおいても「倦怠感」の有意な改善効果のほか、「風邪のひきやすさ」や「肌荒れ」「冷え」「便秘」などに改善傾向が確認された(図10)。

おわりに

今回われわれは、世界で初めて未成熟のバナナ(青バナナ)に着目し、青バナナを発酵させた機能性食品素材である発酵青バナナ末「バナファイ[®]」の開発に成功した。

一般的に追熟されたバナナを摂取すると免疫力が高まることが報告されている⁵⁾。追熟したバナナは免疫力を高めるばかりでなく、甘みも増しおいしく食することができるが、一方では完熟の時期は短く腐敗へと進むことになるため、いつでもどこでもこの状態のまま食することは難しい。今回開発した発酵青バナナ末「バナファイ

ン[®]」は、免疫賦活の生理機能が備わっていることを見出したばかりでなく、応用面においても幅広い食品用途に使用しやすい素材となった。

一方、アフリカのタンザニアには、「Mbege(ンベゲ)」といわれる伝統的なバナナ酒がある。バナナを酵母発酵し、お酒にしたものであるが、現地では若者からお年寄りまで幅広く愛飲されている飲み物である。衛生環境が整っていない地方で、これまで感染症にも負けず元気で毎日生活できるのは、バナナの発酵物に秘められた先住人から受け継がれてきた“知恵”なのかもしれない。

《 《 《 《 参考文献 》 》 》 》 》

- 1) FAO統計データベース(FAOSTAT)
- 2) 水谷剛、渡辺陽介：高地栽培バナナ摂取による血中脂肪に及ぼす影響、第57回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集、p94、福岡(2003)
- 3) 前田雅民、上田浩司、山崎正利：バナナに見出された免疫増強作用、*Bio industry*, 14, 15-20(1997)
- 4) 山崎正利、上田浩司、前田雅民：バナナ(*Musa acuminata*)中の白血球活性化成分の検討、*日本癌学会総会記事*、58、459(1999)
- 5) Differences in Biological Response Modifier-like Activities According to the Strain and Maturity of Bananas, *Food Sci Technol Res*, 15(3), 275-282(2009)

ほりえ・けんじ / Kenji Horie
(株)ファーマフーズ

1993年 静岡県立大学生生活健康科学研究科修士課程修了、1993年 太陽化学(株)入社、2000年(株)ファーマフーズ入社、現在に至る

やまだ・たかし / Takashi Yamada
(株)ドール

2001年 京都大学大学院農学研究科修士課程修了、食品流通会社を経て、2013年(株)ドールへ入社、現在に至る