

## **Wundermittel Manuka-Honig? Das sagt die Wissenschaft**

(Autorin: Dr. Christine Haselier)

Die Bekanntheit von Manuka-Honig wächst stetig. Sowohl als Hausmittel als auch als Medizinprodukt in Kliniken wird er zunehmend beliebter. Während sich die Verwendung des neuseeländischen Honigs in der Medizin hauptsächlich auf die Wundheilung beschränkt, kommt er als Hausmittel bei vielen Leiden zum Einsatz. Immer mehr wissenschaftliche Studien beschäftigen sich mit der Wirkung des Manuka-Honigs und suchen nach einem belegbaren Nutzen für verschiedene Anwendungsmöglichkeiten in der Medizin. Dieser Beitrag klärt auf, welche Studien es bereits gibt und wie wirkungsvoll Manuka-Honig tatsächlich sein könnte.

### **Das Besondere am neuseeländischen Manuka-Honig**

Manuka-Honig stammt aus Neuseeland. Honigbienen der Art *Apis mellifera* sammeln den Nektar der Südseemyrte (*Leptospermum scoparium*) und produzieren daraus den Honig. Manuka-Honig zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an Methylglyoxal sowie Leptosperin aus und unterscheidet sich dadurch von anderem Honig. Forscher sehen Methylglyoxal als hauptverantwortlich für die antibakterielle Wirkung von Manuka-Honig an.<sup>1</sup> Denn Manuka-Honig wirkt effektiv gegen verschiedenste Keime, wie mehrere Studien nachwiesen.<sup>2-4</sup> Manuka-Honig ist mit unterschiedlichem Gehalt an Methylglyoxal im Handel erhältlich. Auf den Produkten ist der sogenannte UMF-Wert (unique manuka factor) zu finden, der die antibakterielle Wirkung widerspiegelt und mit dem Gehalt an Methylglyoxal zusammenhängt.

### **Mögliche Anwendungsgebiete von Manuka-Honig**

In den letzten Jahrzehnten befassen sich mehr und mehr Wissenschaftler mit der Erforschung von Manuka-Honig. Sie versuchen, die Wirksamkeit bei unterschiedlichen Anwendungsgebieten nachzuweisen und die Wirkmechanismen zu entschlüsseln. Vor allem der Nutzen des Manuka-Honigs bei der Wundheilung und als antimikrobielles Mittel ist bereits von vielen Medizinern und Forschern weitestgehend anerkannt, solange die Behandlung lokal und mit sterilisiertem medizinischem Manuka-Honig erfolgt. Bei welchen Leiden Manuka-Honig zudem lokal angewendet helfen kann, ist ebenfalls weiterhin Gegenstand aktueller Studien. Zudem untersuchen Wissenschaftler, ob auch der Verzehr von Manuka-Honig einen Einfluss auf die Gesundheit hat oder Linderung bei bestimmten Beschwerden verschaffen kann. Zu einem endgültigen Urteil kommt die Forschung noch längst nicht, für manche Anwendungsgebiete zeichnen sich aber schon recht hoffnungsvolle Ergebnisse ab. Mögliche zukünftige Anwendungsgebiete von Manuka-Honig sind:

- schlecht heilende Wunden
- Infektionskrankheiten
- Stärkung des Immunsystems
- Hautkrankheiten
- Mundhygiene
- Magen-Darm-Erkrankungen
- Krebstherapie

### **Manuka-Honig bei schlecht heilenden Wunden**

Ein großes Problem von schlecht heilenden Wunden ist oftmals eine Infektion, die sich nicht in den Griff bekommen lässt. Selbst Antibiotika stoßen dabei manchmal an ihre Grenzen, beispielsweise weil die Bakterien eine Resistenz entwickelt haben. Daher setzen immer mehr Mediziner Wundverbände mit medizinischem Manuka-Honig zur Behandlung von schlecht heilenden Wunden ein. Medizinischer Honig ist mittels Gamma-Strahlung sterilisiert, standardisiert und als Medizinprodukt zugelassen. Laut Studien wirkt Manuka-Honig antibakteriell und insbesondere gegen multiresistente Keime.<sup>5, 6</sup> In einer anderen Studie konnte Manuka-Honig sogar die Resistenz von Bakterien gegenüber dem Antibiotikum Oxacillin rückgängig machen.<sup>7</sup> Es besteht allerdings das Risiko, dass Bakterien auch gegenüber Manuka-Honig resistent werden.<sup>8</sup>

Dennoch stellt Manuka-Honig ein weiteres effektives Mittel dar, das in Kombination oder als Alternative zu Antibiotika den Kampf gegen Keime und somit die Wundheilung unterstützen kann. So beschreiben Mediziner in klinischen Fallberichten, dass manche Wunden erst durch die Behandlung mit Manuka-Honig vollständig verheilt sind.<sup>9, 10</sup> Ebenso berichten etwas umfangreichere Studien, dass Wunden durch Manuka-Honig schneller, besser und teilweise schmerzfreier heilten.<sup>11-13</sup> In Tierversuchen fanden Wissenschaftler darüber hinaus noch Anzeichen dafür, dass Manuka-Honig den Wundheilungsprozess auch direkt beeinflusst. In diesen Versuchen verbesserte Manuka-Honig den Kollagenaufbau, förderte die Ausbildung von Bindegewebe, regte die Bildung von Blutgefäßen an und verminderte Entzündungsprozesse.<sup>14-16</sup> Obwohl Manuka-Honig antibakteriell wirkt, können allerdings bestimmte Keime wie das Bakterium *Clostridium botulinum* als Sporen in unbehandeltem Manuka-Honig überleben. Da sich durch diese ein gefährlicher Wundbotulismus entwickeln könnte, ist als Nahrungsmittel verkaufter Manuka-Honig zur Behandlung von offenen Wunden ungeeignet.

### **Manuka-Honig als antimikrobielles Mittel bei Infektionskrankheiten**

Manuka-Honig ist noch nicht ausreichend als wirksames Mittel bei Infektionskrankheiten wie Atemwegsinfekten erforscht. Eine Wirksamkeit ist dabei durchaus denkbar, schließlich schreiben Forscher Manuka-Honig antibakterielle und entzündungsregulierende Eigenschaften zu.<sup>4</sup> Ebenso könnte Manuka-Honig antiviral wirken, wie manche Studien andeuten.<sup>17-19</sup> Beispielsweise konnte Manuka-Honig in Zellkulturversuchen die Vermehrung eines Grippevirus und des Herpes-Simplex-Virus 1 hemmen, das Lippenherpes auslöst.<sup>17, 19</sup>

### **Manuka-Honig zur Stärkung des Immunsystems**

Weitere Studien weisen auf einen Einfluss des Manuka-Honigs auf das Immunsystem hin.<sup>14, 16, 20, 21</sup> Forscher vermuten, dass Manuka-Honig das Immunsystem in die richtigen Bahnen lenkt, indem es an bestimmten Stellen entzündungshemmend und an anderen Stellen entzündungsfördernd wirkt.<sup>22-24</sup> Schließlich ist eine Entzündung eine natürliche und sinnvolle Reaktion des Immunsystems, wenn sie kontrolliert und im angemessenen Maß verläuft. Allerdings beschränken sich die Studien auch hierbei meist auf eine lokale Anwendung des Honigs. Immerhin lassen ein paar Studien hoffen, dass der Verzehr von Manuka-Honig bei der Heilung von Magengeschwüren, der Behandlung von chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen und der Bekämpfung des Magenkeims *Helicobacter pylori* möglicherweise helfen könnte.<sup>20, 21, 25-27</sup> Weitere und umfangreichere Studien stehen zur

eindeutigen Klärung der Wirksamkeit aber noch aus. Ob der Verzehr von Honig das Immunsystem außerhalb des Magen-Darm-Trakts positiv beeinflussen kann, ist noch ungewisser.

### **Manuka-Honig zur Linderung bei Hautkrankheiten**

Eine kürzlich veröffentlichte Übersichtsstudie kommt zu dem Schluss, dass Manuka-Honig bei Neurodermitis Linderung verschaffen kann. Für eine allgemeine Empfehlung zur Neurodermitisbehandlung mit Manuka-Honig empfinden die Forscher die aktuelle Studienlage jedoch als noch nicht ganz ausreichend. Andere Studien berichten von einer möglichen Anwendung des Manuka-Honigs bei Akne, Schuppenflechte und weiteren Hautkrankheiten.<sup>22, 24, 27</sup> Um diesbezüglich eine gesicherte Aussage treffen zu können, müssen Wissenschaftler zunächst noch deutlich mehr Studien durchführen.

### **Manuka-Honig für die Mundhygiene**

Obwohl Manuka-Honig sehr viel Zucker enthält, kann er Studien zufolge durchaus zur Förderung der Mundhygiene dienen. Denn die kariesfördernde Wirkung des Zuckers soll schwächer sein als die antibakterielle Wirkung des Manuka-Honigs, wenn der Gehalt an Methylglyoxal hoch genug ist.<sup>28-32</sup> In diesen Studien bewirkte die regelmäßige Anwendung von Manuka-Honig eine Reduktion von kariesfördernden Bakterien, Zahnbelag und Zahnfleischbluten. Die Art der Anwendung von Manuka-Honig war dabei unterschiedlich. Eine Studie erzielte den Effekt mit einer aus Manuka-Honig hergestellten Mundspülung.<sup>32</sup> Eine andere Studie nutze dazu eine Art Kaugummi aus Manuka-Honig.<sup>29</sup> In einer weiteren Studie brachte eine assistierende Person zweimal täglich den Manuka-Honig auf den Zähnen und der Zunge der Probanden aus. Die Probanden behielten den Honig anschließend für eine Minute im Mund.<sup>31</sup> Deutlich komplizierter war die Anwendung in einer Studie mit Zahnmedizinstudenten als Probanden, die die Prozedur gut beherrschten. Sie trugen zweimal täglich nach den Mahlzeiten den Manuka-Honig dreimal hintereinander zwischen Zahnhals und Zahnfleisch aller Zähne auf.<sup>30</sup> Für den alltäglichen Gebrauch wäre diese Art der Anwendung zwar zu umständlich, das Ergebnis konnte sich aber sehen lassen: Manuka-Honig war ähnlich wirksam wie eine von der Kontrollgruppe genutzte Chlorhexidin-Mundspülung, die als hochwirksames Antiseptikum gilt.

### **Manuka-Honig in der Krebstherapie**

Manuka-Honig kann bei einigen Patienten die Nebenwirkungen ihrer Krebstherapie lindern, die zu einer beeinträchtigten Wundheilung oder zu Entzündungen führt.<sup>33</sup> Allerdings zeigen nicht alle Studien diesbezüglich einen Erfolg, was von der jeweiligen Art der Nebenwirkung abhängig zu sein scheint.<sup>34-36</sup> In Tierversuchen konnte Manuka-Honig das Wachstum von verschiedenen Krebszellen hemmen.<sup>37, 38</sup> Unerwünschte Nebenwirkungen stellten die Forscher dabei nicht fest. Bis Manuka-Honig aber tatsächlich zur Bekämpfung von Krebs in die Praxis kommt, ist es noch ein sehr weiter Weg. Ob Manuka-Honig dann je nach Art der Verabreichung weiterhin so unschädlich bleibt, ist ebenfalls fraglich. Sicher ist jedoch, dass Manuka-Honig nicht als Hausmittel eine Krebstherapie ersetzen kann.

### **Nebenwirkungen von Manuka-Honig**

Wie bei jeder wirksamen Substanz hängt es auch bei Manuka-Honig von der Dosis und der Art der Anwendung ab, ob schädliche Nebenwirkungen auftreten. Beispielsweise vermuten

Forscher, dass das im Manuka-Honig enthaltene Methylglyoxal Mutationen verursachen kann und womöglich im Zusammenhang zu Diabetes und neurodegenerativen Erkrankungen steht.<sup>39</sup> Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass Manuka-Honig als Nahrungsmittel oder in Form von medizinischem Honig derart schädlich ist.<sup>40</sup> Einige Wissenschaftler schätzen den Nutzen von Methylglyoxal für die Gesundheit sogar ausdrücklich deutlich höher ein als eventuelle Risiken.<sup>40, 41</sup> Eine weitere Studie bewertet den Verzehr von Manuka-Honig bis zu einem UMF-Wert von 20+ als sicher.<sup>42</sup>

### **Fazit**

Eine Vielzahl von Studien beschäftigt sich mit Manuka-Honig. Am besten erforscht sind die Auswirkungen von Manuka-Honig bei der Wundheilung und als antibakterielles Mittel zur lokalen Anwendung. Zu vielen anderen Anwendungsgebieten sind ebenfalls Studien zu finden. Allerdings sind diese oft nicht umfangreich genug oder stehen in ihrem Gebiet noch recht alleine da. Sie dienen aber als Anhaltspunkt dafür, wie hilfreich Manuka-Honig in der Medizin sein könnte. Vor allem die Unterschiede bei den Inhaltsstoffen erschweren es den Wissenschaftlern, Wirkungen zweifelsfrei nachzuweisen. Wichtig wären hier Studien zu jedem Anwendungsbereich, die Manuka-Honig mit einer möglichst gleichen Zusammensetzung verwenden. Außerdem wäre es noch interessant zu wissen, welcher Inhaltsstoff für welche Wirkung verantwortlich ist und wie die Zusammensetzung sein sollte, um effektiv und dennoch sicher zu sein.

Den Wissenschaftlern steht also noch einiges an Arbeit bevor, ehe Manuka-Honig für vielfältige Anwendungsgebiete wissenschaftlich eindeutig belegt und in der Schulmedizin anerkannt ist. Als Hausmittel könnte Manuka-Honig aber schon jetzt dem einen oder anderen Linderung verschaffen, beispielsweise bei Halsschmerzen oder gelegentlich auftretenden Zahnfleischentzündungen. Auch bei Hauterkrankungen wie Neurodermitis könnte es in Absprache mit dem behandelnden Arzt einen Versuch wert sein, Manuka-Honig auszuprobieren.

**Dieser Artikel ist eine Recherche von [Bienen.info](http://www.bienen.info), einer Seiten mit vielen Informationen aus der Welt der Bienen.**

### **Quellen**

1. Mavric, et al.(2008) Identification and quantification of methylglyoxal as the dominant antibacterial constituent of Manuka (*Leptospermum scoparium*) honeys from New Zealand. *Mol Nutr Food Res.*52(4):483-9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18210383>  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mnfr.200700282>
2. Allen, et al.(1991) A survey of the antibacterial activity of some New Zealand honeys. *J Pharm Pharmacol.*43(12):817-22. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1687577>  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.2042-7158.1991.tb03186.x?sid=nlm%3Apubmed&>
3. Willix, et al.(1992) A comparison of the sensitivity of wound-infecting species of bacteria to the antibacterial activity of manuka honey and other honey. *J Appl Bacteriol.*73(5):388-94. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1447054>
4. Carter, et al.(2016) Therapeutic Manuka Honey: No Longer So Alternative. *Front Microbiol.*7:569. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27148246>
5. Cooper, et al.(2002) The sensitivity to honey of Gram-positive cocci of clinical significance

- isolated from wounds. *Journal of Applied Microbiology*.93(5):857-63.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2672.2002.01761.x>
6. George, et al.(2007) Antibacterial Honey (Medihoney): in-vitro Activity Against Clinical Isolates of MRSA, VRE, and Other Multiresistant Gram-negative Organisms Including *Pseudomonas aeruginosa*. *Wounds*.19(9):231-6.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25942744>
  7. Jenkins, et al.(2012) Synergy between oxacillin and manuka honey sensitizes methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* to oxacillin. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*.67(6):1405-7. <http://dx.doi.org/10.1093/jac/dks071>
  8. Camplin, et al.(2014) Manuka honey treatment of biofilms of *Pseudomonas aeruginosa* results in the emergence of isolates with increased honey resistance. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*.13(1):19. <https://doi.org/10.1186/1476-0711-13-19>
  9. Regulski.(2008) A Novel Wound Care Dressing for Chronic Venous Leg Ulcerations. *PodiatryManag*.27:235-46. [www.podiatrym.com](http://www.podiatrym.com)
  10. Smith, et al.(2009) Topical *Leptospermum* honey (Medihoney) in recalcitrant venous leg wounds: a preliminary case series. *Adv Skin Wound Care*.22(2):68-71.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19155709>
  11. Biglari, et al.(2013) Multicentre prospective observational study on professional wound care using honey (Medihoney). *Int Wound J*.10(3):252-9.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22494449>
  12. Kamaratos, et al.(2014) Manuka honey-impregnated dressings in the treatment of neuropathic diabetic foot ulcers. *Int Wound J*.11(3):259-63.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22985336>
  13. Tsang, et al.(2017) A Pilot Randomized, Controlled Study of Nanocrystalline Silver, Manuka Honey, and Conventional Dressing in Healing Diabetic Foot Ulcer. *Evid Based Complement Alternat Med*.2017:5294890. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28239398>
  14. Bischofberger, et al.(2016) Effect of Manuka honey gel on the transforming growth factor beta1 and beta3 concentrations, bacterial counts and histomorphology of contaminated full-thickness skin wounds in equine distal limbs. *Aust Vet J*.94(1-2):27-34.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26814159>
  15. Bischofberger, et al.(2013) The effect of short- and long-term treatment with manuka honey on second intention healing of contaminated and noncontaminated wounds on the distal aspect of the forelimbs in horses. *Vet Surg*.42(2):154-60.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23216146>
  16. Nisbet, et al.(2010) Effects of three types of honey on cutaneous wound healing. *Wounds*.22(11):275-83. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25901517>
  17. Watanabe, et al.(2014) Anti-influenza viral effects of honey in vitro: potent high activity of manuka honey. *Arch Med Res*.45(5):359-65.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24880005>
  18. Shahzad, et al.(2012) In vitro antiviral activity of honey against varicella zoster virus (VZV): A translational medicine study for potential remedy for shingles. *Transl Biomed*.3(2)  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22822475>
  19. Hashemipour, et al.(2014) Antiviral Activities of Honey, Royal Jelly, and Acyclovir Against HSV-1. *Wounds*.26(2):47-54. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25860226>
  20. Medhi, et al.(2008) Effect of Manuka honey and sulfasalazine in combination to promote antioxidant defense system in experimentally induced ulcerative colitis model in rats. *Indian J Exp Biol*.46(8):583-90. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18814487>

21. Prakash, et al.(2008) Effect of different doses of Manuka honey in experimentally induced inflammatory bowel disease in rats. *Phytother Res.*22(11):1511-9.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18688794>
22. McLoone, et al.(2016) Honey: A Therapeutic Agent for Disorders of the Skin. *Cent Asian J Glob Health.*5(1):241. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29138732>
23. Old.(2013) The Medicine of the Manuka: an investigation of the usages and methods for utilization of honey derived from the pollen of *Leptospermum scoparium* in holistic nursing practice. *J Holist Nurs.*31(3):200-3. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23535120>
24. Patel, et al.(2013) Manuka honey: an emerging natural food with medicinal use. *Natural Products and Bioprospecting.*3(4):121-8. <https://doi.org/10.1007/s13659-013-0018-7>
25. al Somal, et al.(1994) Susceptibility of *Helicobacter pylori* to the antibacterial activity of manuka honey. *J R Soc Med.*87(1):9-12. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8308841>
26. Almasaudi, et al.(2017) Manuka Honey Exerts Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities That Promote Healing of Acetic Acid-Induced Gastric Ulcer in Rats. *Evid Based Complement Alternat Med.*2017:5413917. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28250794>
27. Alvarez-Suarez, et al.(2014) The Composition and Biological Activity of Honey: A Focus on Manuka Honey. *Foods.*3(3):420-32. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28234328>
28. Badet, et al.(2011) The in vitro effect of manuka honeys on growth and adherence of oral bacteria. *Anaerobe.*17(1):19-22. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21195787>  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1075996410001897?via%3Dihub>
29. English, et al.(2004) The effects of manuka honey on plaque and gingivitis: a pilot study. *J Int Acad Periodontol.*6(2):63-7. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15125017>
30. Nayak, et al.(2010) Effect of Manuka honey, chlorhexidine gluconate and xylitol on the clinical levels of dental plaque. *Contemp Clin Dent.*1(4):214-7.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22114423>
31. Rupesh, et al.(2014) Evaluation of the effects of manuka honey on salivary levels of mutans streptococci in children: a pilot study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.*32(3):212-9.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25001440>
32. Singhal, et al.(2018) Effectiveness of three mouthwashes - Manuka honey, Raw honey, and Chlorhexidine on plaque and gingival scores of 12-15-year-old school children: A randomized controlled field trial. *J Indian Soc Periodontol.*22(1):34-9.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29568170>
33. Naidoo, et al.(2011) 5124 POSTER A Phase II Randomized Controlled Trial of Manuka Honey as Prophylaxis Against Radiation-induced Dermatitis in Breast Cancer Patients. *European Journal of Cancer.*47:S367. [https://doi.org/10.1016/S0959-8049\(11\)71566-0](https://doi.org/10.1016/S0959-8049(11)71566-0)
34. Bardy, et al.(2012) A double-blind, placebo-controlled, randomised trial of active manuka honey and standard oral care for radiation-induced oral mucositis. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.*50(3):221-6. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2011.03.005>
35. Fogh, et al.(2017) A Randomized Phase 2 Trial of Prophylactic Manuka Honey for the Reduction of Chemoradiation Therapy - Induced Esophagitis During the Treatment of Lung Cancer: Results of NRG Oncology RTOG 1012. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics.*97(4):786-96. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2016.11.022>
36. Hawley, et al.(2014) A randomized placebo-controlled trial of manuka honey for radiation-induced oral mucositis. *Supportive Care in Cancer.*22(3):751-61.  
<https://doi.org/10.1007/s00520-013-2031-0>
37. Ahmed, et al.(2017) Oral Administration of Tualang and Manuka Honeys Modulates Breast Cancer Progression in Sprague-Dawley Rats Model. *Evid Based Complement Alternat*

Med.2017:5904361. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28479926>

38. Fernandez-Cabezudo, et al.(2013) Intravenous Administration of Manuka Honey Inhibits Tumor Growth and Improves Host Survival When Used in Combination with Chemotherapy in a Melanoma Mouse Model. PLOS ONE.8(2):e55993.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055993>

39. Murata-Kamiya, et al.(2001) Methylglyoxal, an endogenous aldehyde, crosslinks DNA polymerase and the substrate DNA. Nucleic Acids Res.29(16):3433-8.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11504881>

40. Talukdar, et al.(2009) Critical evaluation of toxic versus beneficial effects of methylglyoxal. Biochemistry (Mosc).74(10):1059-69.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19916918>

41. Daglia, et al.(2013) Influence of in Vitro Simulated Gastroduodenal Digestion on Methylglyoxal Concentration of Manuka (*Lectospermum scoparium*) Honey. Journal of Agricultural and Food Chemistry.61(9):2140-5. <https://doi.org/10.1021/jf304299d>

42. Wallace, et al.(2010) Demonstrating the safety of manuka honey UMF 20+in a human clinical trial with healthy individuals. Br J Nutr.103(7):1023-8.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20064284>

43. Majtan.(2011) Methylglyoxal-a potential risk factor of manuka honey in healing of diabetic ulcers. Evid Based Complement Alternat Med.2011:295494.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21776290>