

7. Zusammenfassung

Untersuchungen zur Verwertung und zur Wirkung von grünen Mikroalgen *Chlorella vulgaris* bei Ratten und Mäusen.

Grüne Mikroalgen werden in Asien seit Jahrhunderten als Nahrungsmittel oder Nahrungsergänzung genutzt. Das Interesse am Einsatz grüner Mikroalgen in der Human- und Tierernährung wurde in den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts geweckt. Seitdem untersuchten Forscher diverse Mikroalgen, die unter den verschiedensten Bedingungen kultiviert wurden. Es wurden positive immun-modulatorische Eigenschaften der grünen Mikroalgen (vor allem von *Chlorella vulgaris*) entdeckt und ein möglicher Einsatz in der Humanmedizin abgeleitet.

In dieser Dissertation werden fünf Experimente beschrieben, in denen sowohl der Nährwert des Mikroalgenproteins als auch die Gewährleistung der Tiergesundheit bei der Verfütterung von Mikroalgen untersucht wurden. Des Weiteren wurde untersucht, ob die Reproduktion und das Wachstum von Labortieren durch die Verfütterung von Mikroalgen beeinflusst werden.

Um die Inhaltsstoffe der Mikroalgen im Verdauungstrakt zugänglich zu machen, muss deren Zellwand zerstört werden. Verschiedene Verfahren, die zu diesem Zweck entwickelt wurden, waren bisher nicht effizient und unökonomisch. Neue, effiziente und billige Zellaufschlussverfahren werden jedoch benötigt, um die Mikroalgen zu einem neuen, leicht verfügbaren, natürlichen und modernen Futtermittel zu machen. Daher wurden Behandlungsverfahren im elektrischen Feld (Elektroporation) oder mittels Ultraschall entwickelt. Ziel unserer Untersuchungen war, zu prüfen, ob diese neuen Methoden positiv zu bewerten sind. Der Versuch war Teil des Projektes „Entwicklung und Produktionseinführung von speziellem Kraftfutter mit Zusatz von aufgewerteten Mikroalgen“ der Frankfurter Forschungsgesellschaft mbH. Es wurden drei behandelte Produkte der Grünalge *Chlorella vulgaris* (C1) untersucht – nur sprühgetrocknet; elektroporiert und sprühgetrocknet; Ultraschall-behandelt und sprühgetrocknet. Dazu wurde ein N-Bilanz-Versuch mit männlichen Wistar-Ratten mit einem mittleren Gewicht von 135-145 g durchgeführt. Diese wurden einzeln in Stoffwechselkäfigen gehalten und erhielten die drei Algenprodukte als alleinige Proteinquelle in Höhe von 150 mg N je 100 g Körpergewicht. Eine interne Kontrollgruppe erhielt Kasein in gleicher Dosierung. Die scheinbare Verdaulichkeit der sprühgetrockneten *Chlorella vulgaris* betrug $46.9 \pm 12.7 \%$ (Mittelwert \pm SD), die der elektroporierten *Chlorella vulgaris* $44.3 \pm 7.5 \%$ und die der Ultraschall-behandelten

Zusammenfassung

Mikroalge $56.7 \pm 13.7 \%$. Die „Protein efficiency ratio“ (PER) betrug jeweils 1.4 ± 0.3 ; 1.0 ± 0.5 und 2.1 ± 0.3 . Die N-Bilanz betrug $41.86 \pm 32.8 \text{ mg}$; $31.3 \pm 17.3 \text{ mg}$ und $66.7 \pm 30.1 \text{ mg}$ und die biologische Wertigkeit jeweils $93 \pm 9.5 \%$; $93.6 \pm 10 \%$ und $101 \pm 5 \%$. Die Unterschiede zwischen den Parametern waren mit Ausnahme der biologischen Wertigkeit für elektroporierte und Ultraschall-behandelte *Chlorella vulgaris* statistisch signifikant ($p < 0.05$; HSD-Tukey-Test). Die Verdaulichkeit und die biologische Wertigkeit von *Chlorella vulgaris* wurden durch die Ultraschallbehandlung erhöht und durch die Elektroporation verringert, was zeigt, dass die Ultraschallbehandlung ein hilfreicher technologischer Prozess in der praktischen Verarbeitung von grünen Mikroalgen in der Nahrungsmittelindustrie sein könnte.

Mikroalgen haben einen hohen Gehalt an Nukleinsäuren, deren Purinbasen nach ihrer Absorption in Harnsäure (beim Menschen) und Allantoin (bei den meisten Tieren) umgewandelt werden. Dies kann zu einer erhöhten Harnsäurebildung und somit zu einem erhöhten Risiko von Krankheiten führen, die mit diesem Stoffwechselprodukt assoziiert sind (beispielsweise Gicht, Nierensteine). Um diese und die allgemeine Wirkung von Algen auf Tiere zu prüfen, wurden wachsende und ausgewachsene Ratten über einen Zeitraum von drei Monaten mit Rationen gefüttert, die 20 % Mikroalgen als alleinige oder zusätzliche Proteinquelle enthielten. Im Serum und Harn wurden regelmäßig Harnsäure und Allantoin bestimmt. Auch die Harnmenge wurde erfasst. Es wurde das biochemische Profil vom Serum und das Blutbild erstellt. Die inneren Organe wurden gewogen und histologische Untersuchungen des Darmes, der Leber und der Nieren vorgenommen. Es konnte kein negativer Effekt der Verfütterung von Mikroalgen festgestellt werden. Der Harnsäuregehalt änderte sich durch die Verfütterung der Algen nicht. Die Allantoinausscheidung erhöhte sich in den ersten zwei Wochen nach Beginn der Algenfütterung und erreichte danach wieder den Ausgangswert. Das biochemische Profil und das Blutbild zeigten lediglich eine Senkung der ALP-Aktivität in der Algengruppe, während die anderen erfassten Parameter unbeeinflusst blieben. Der Darm war schwerer und länger bei Ratten, die die Mikroalgen erhielten. In den Zellen der untersuchten Organe wurden keine histologischen Abnormalitäten festgestellt. Die Fütterung von Ratten mit 20 % Mikroalgen in der Ration führte zu keinen nachteiligen Effekten und kann daher – auch in dieser Höhe - als unbedenklich angesehen werden.

Es wurde der Einfluss einer Gabe von 1 % sprühgetrocknetem Pulver der Grünalge *Chlorella vulgaris* auf die Reproduktion und das Wachstum von Mäusen untersucht. Die Studie wurde an Mäusen der Linie Fzt:DU über drei Generationen vorgenommen. Die weiblichen Tiere der F₀-Generation erhielten ab dem 21. Lebenstag (Absetztag) entweder eine Kontrollration oder eine Algenration. Sie wurden am 63. Lebenstag angepaart und alle Tiere

wurden tragend. Die Würfe wurden gewogen, gezählt und standardisiert (4 männliche und 5 weibliche je Wurf). Die Jungen wurden am 10. und 21. Lebenstag gezählt und gewogen. Nach dem Absetzen verblieben je Wurf 2 männliche und 2 weibliche Tiere (F₁) für weitere Untersuchungen. Die weiblichen Nachkommen wurden erneut am 63. Tag angepaart. Am 18. Tag der Trächtigkeit wurden 57 und 59 Tiere (Kontroll- und Algengruppe) getötet, wobei die lebenden, toten und absorbierten Föten sowie die *corpora lutei* gezählt wurden. Auch wurden die lebenden Föten gewogen. Die von den verbliebenen angepaarten weiblichen Nachkommen (51 bzw. 53 Muttertiere) geborenen Jungen wurden gezählt und gewogen und blieben bei der Mutter, ohne dass eine Standardisierung der Würfe vorgenommen wurde. Sie wurden erneut am 10. und 21. Lebenstag gewogen und gezählt. Je 2 männliche und 2 weibliche Tiere (F₂) wurden abgesetzt und verblieben für weitere Untersuchungen, die nach dem bereits beschriebenen Schema wiederholt wurden. Es konnten keine Unterschiede in der Zahl der Föten, *corpora lutei* und geborenen Jungtieren zwischen den Gruppen oder den Generationen festgestellt werden. Die Würfe der Algengruppe waren am Absetztag etwas schwerer und entwickelten sich nach dem Absetzen etwas besser als die der Kontrollgruppe. Dieser Effekt wurde über alle Generationen beobachtet.

Der technologische Prozess der Ultraschallbehandlung kann effektiv in der Praxis eingesetzt werden, wobei Möglichkeiten gefunden werden müssen, um die Kosten der Herstellung von Mikroalgen zu verringern. Es sind weitere experimentelle Untersuchungen nötig, um die Algenmenge in Rationen zu ermitteln, die positive Effekte bei landwirtschaftlichen Nutztieren bewirkt, ohne die Produktionskosten in den Betrieben zusätzlich zu erhöhen.