

# Das Metabolom und der Einfluss auf die Gesundheit

Orthomolekularer Nährstoffkomplex für den Darm und die Gesundheit



## Beschreibung

### Das Metabolom

Das Metabolom stellt einen noch relativ neuen Begriff dar. Unter einem Metabolom versteht man die Gesamtheit des Stoffwechsels bzw. der Stoffwechselprodukte, die durch einen bestimmten Zell- bzw. Gewebetyp zu einem bestimmten Zeitpunkt und bestimmten Bedingungen gebildet werden (1,2). Der Begriff leitet sich vom Metabolismus (Stoffwechsel) ab und wurde in Analogie zu den Begriffen Mikrobiom, Genom oder auch Proteom geprägt.

Die Erforschung des Metaboloms wird als Metabolomik (Metabolomics) bezeichnet. Sie beschäftigt sich mit dem Stoffwechsel von Zellen und Geweben und umfasst die Wechselwirkung der darin enthaltenen Metabolite (Stoffwechselprodukte) auf den Organismus (1,2).

### Metabolom und Mikrobiom

Es ist bekannt, dass die Ernährung einen Einfluss auf die Zusammensetzung des Mikrobioms hat. Eine ballaststoffarme Ernährung führt z.B. zu einer geringeren Diversität des Mikrobioms. Das liegt daran, dass es innerhalb des Mikrobioms metabolische Netzwerke und Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Bakterienarten gibt (1-4). Stoffwechselprodukte einer Art stellen das Substrat für eine andere Bakterienart dar. Findet die erste Art im Darm nicht genügend Nährstoffe, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit auch die zweite Art nicht überleben.

## Nährstoffempfehlung

Nährstoffe	Tagesdosis	%NRV*
Niacin	100,00 mg	625%
Vitamin C	500,00 mg	625%
Vitamin E	270,00 mg	2.250%
Selen	50,00 - 100,00 µg	90 - 182%
Zink	10,00 - 25,00 mg	100 - 250%
Phosphatidylcholin	1.000,00 mg	**
Coenzym Q10	50,00 – 100,00 mg	**
Curcuminoide	500,00 – 1.000,00 mg	**
Inulin	1.990,00 – 3.150,00 mg	**
L-Carnitin	500,00 – 1.000,00 mg	**
N-Acetyl-L-Cystein	200,00 – 400,00 mg	**
PQQ	5,00 mg	**
trans-Resveratrol	250,00 mg	**

\*Prozentsatz der Nährstoffbezugswerte gem. VO (EU) Nr. 1169/2011  
 \*\* Keine Nährstoffbezugswerte vorhanden

D.h. die Produkte unserer Darmbakterien spielen eine zentrale Rolle im Stoffwechsel und üben so einen Einfluss auf die gesamte Gesundheit aus. Dieser enge Zusammenhang zwischen dem Mikrobiom und dem Metabolom macht immer mehr deutlich, dass auch eine Korrelation zwischen Mikrobiomveränderungen und Erkrankungen bestehen muss (3). Veränderungen im Metabolom des Darms lassen sich aber gut durch Stuhluntersuchungen bestimmen und so gezielt therapieren.

### Metabolom Untersuchungen des Darms

Beim Metabolom des Darms wird basierend auf den Analysen des vorherrschenden Darmmikrobioms ein

Metabolitprofil erstellt. Anhand eines solchen Profils können etwa Entzündungen, Darmdurchlässigkeit, usw. des Darms untersucht werden. Bisher konnte man immer nur einige der zahlreichen Aspekte herausgreifen, um die Mechanismen einer Krankheit zu beschreiben und besser zu verstehen (3,4).

Doch mit der Untersuchung des Metaboloms des Darmmikrobioms können wesentlich mehr von jenen Substanzen analysiert werden, die die Darmbakterien produzieren und welchen Einfluss sie oder auch ihr Fehlen auf die Gesundheit und die Entstehung von Krankheiten ausüben.

- **Kurzkettige Fettsäuren** wie Acetat, Propionat und Butyrat sind Stoffwechselprodukte des Mikrobioms, die zusammen die Grundlage für die Gesundheit des Darms darstellen. Sie werden v.a. durch die Bakterien *Faecalibacterium prausnitzii*, *Eubacterium* spp (v.a. Butyrat) und Bifidobakterien (v.a. Acetat und Laktat) gebildet. Butyrat stellt dabei die notwendige Energie für die Darmenterozyten zu Verfügung, Acetat ist das Substrat für die butyratbildenden Bakterien. Gemeinsam sind sie für das Milieu im Darmlumen verantwortlich, welches die Peristaltik fördert, sie wirken antientzündlich und wehren Pathogene ab (1).

Diese Bakterien können durch eine ballaststoffreiche Ernährungsumstellung und die Gabe von Prä- und Probiotika (Bifidobakterien und Laktobazillen) gefördert werden.

- **Beta-Glucuronidase** ist ein bakterielles Protein, das beim Abbau von Toxinen und Medikamentenwirkstoffen eine wichtige Rolle spielt. Im Rahmen der Biotransformation werden die meist lipophilen Substanzen mit einem körpereigenen Stoff, z. B. mit der Glucuronsäure, verbunden, wodurch wasserlösliche Substanzen, die Glucuronide, entstehen. Diese werden dann entweder über den Stuhl und Harn eliminiert oder durch die von Darmbakterien produzierte  $\beta$ -Glucuronidase verstoffwechselt. Der Aktivitätsgrad der  $\beta$ -Glucuronidase variiert je nach Ernährungsweise und ist stark abhängig von der Bakterienzusammensetzung im Darm. Eine ideale Konzentration an  $\beta$ -Glucuronidase bildenden Bakterien ist daher wesentlich für die Gesundheit.

Ein Überprüfung der  $\beta$ -Glucuronidase-Konzentration im Stuhl wird z.B. bei Hormonmangel, -überschuss oder geplanter Hormontherapie mit Vitamin D, Schilddrüsenhormonen, Östrogenen, Phytoöstrogenen empfohlen, oder bei einem übermäßig hohem Blutspiegel an Toxinen und/oder kanzerogenen Substanzen.

## Metabolom und Reizdarmsyndrom (IBS)

Häufige Ursachen bei Reizdarm sind ein Tryptophan-Mangel oder auch ein Überschuss an Histamin. Auch Stress übt einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung eines Reizdarmsyndroms aus. Daher kann ein Überschuss des Neurotransmitters Serotonin eine Bestimmung der Neurotransmitter Serotonin und oder eine Mangel an GABA im Stuhl ebenfalls hilfreich in der Diagnose Reizdarm sein.

- **Tryptophan** steht eng im Zusammenhang mit dem Darm und dem Mikrobiom. Als Ausgangssubstanz für den wichtigen Neurotransmitter Serotonin ist es mitverantwortlich für die Peristaltik, Resorption, Schmerzlinderung, Immunabwehr und Reflexe des Magen-Darm-Traktes. Zudem ist Tryptophan wichtig für die Regeneration der Darmschleimhaut und ist Substrat für bestimmte *Lactobacillus*-Arten (und  $H_2O_2$  bildende Bakterien). Diese Arten tragen zur Diversität des Mikrobioms bei und reduzieren zugleich die Durchlässigkeit der Darmschleimhaut. Tryptophan greift aber auch in die Immunmodulation des Intestinaltraktes ein (durch Metabolite) und wirkt antientzündlich. Allerdings führen Stress oder Entzündungen auf Dauer zu einem Absinken des Tryptophanspiegels. Ein Mangel an Tryptophan gefährdet die schützenden, regenerierenden und schmerzlindernden Einflüsse der Darmschleimhaut.

Je nach Befund kann die Gabe von Tryptophan, eine gezielte Prä- und Probiotikaeinnahme, Co-Faktoren des Stoffwechsels (Vitamin B2, B6, Magnesium und Eisen) und antientzündlich wirkende sekundäre Pflanzenstoffe einen positiven Einfluss auf den Tryptophan-Stoffwechsel ausüben.

- **Histamin:** Eine Histaminose erklärt bekannte Symptome wie Bauchschmerzen, Diarrhö, Blähungen und Krämpfe. Allerdings führt auch ein Mangel an Histamin zu Problemen, da Histamin auch antientzündliche Eigenschaften ausübt. Daher kann eine histaminreduzierte Diät ohne genaue Analyse die vorliegenden Probleme verstärken. Sollte sich Histamin im Stuhl befinden wird eine histaminreduzierte Diät empfohlen. Zudem helfen antientzündliche Mikronährstoffe oder sekundäre Pflanzenstoffe und eine ausgewählte Probiotika Gabe.

- **Neurotransmitter:** Psychischer Stress ist ein wichtiger Faktor für die Entwicklung eines Reizdarmsyndroms. Stress kann nämlich deutliche Auswirkungen auf die Motilität, Sekretion und Permeabilität des Darms haben. Stressinduzierte Einflüsse wirken zudem auf die Darm-Hirn-Achse und verursachen oft eine Zunahme der Beschwerden. Stress

führt zu einer verstärkten Freisetzung von proinflammatorischen Zytokinen (v.a. IFN- $\gamma$ , IL-1 $\beta$  und IL-6), die über Enzymaktivierungen in Immunzellen eine erhebliche Beeinflussung des Tryptophanstoffwechsels hervorrufen. Aktiviert werden v. a. die Enzyme IDO (Indolamin-2,3-Dioxygenase) und KMO (Kynurenin-Monooxygenase). Chronischer Stress in Krisen führt somit dazu, dass das verfügbare Tryptophan über den Kynurenin-Pfad abgebaut wird und weniger Tryptophan ins Gehirn gelangt, wodurch die Serotonin-Synthese beeinträchtigt wird. Auch eine schwere Depression kann mit Verschiebungen im Tryptophan-Stoffwechsel assoziiert sein.

### Nährstoffempfehlung

Die genaue Auswahl und Konzentration der unten angegebenen Mikronährstoffe richtet sich natürlich nach der jeweiligen individuellen Diagnose. Allgemein werden Nährstoffe zur Stabilisierung der Darmschleimhaut und antientzündliche Mikro- und sekundäre Pflanzenstoffe empfohlen. Zudem sollte die antioxidative Kapazität der Zellen und der Mitochondrien gestärkt werden, um so die allgemeine Funktion des Nervensystems und des Stoffwechsels zu unterstützen. Zur Förderung der Diversität des Mikrobioms sind auch Präbiotika unerlässlich.

- **Niacin** spielt eine zentrale Rolle beim Energiestoffwechsel, bei der Verwertung von Kohlenhydraten sowie beim Abbau von Fetten. Zudem trägt es zur Erhaltung normaler Schleimhäute im Darm bei. Neueste Studien zeigen auch, dass Niacin dabei hilft, die mikrobielle Vielfalt im Darm aufrechtzuerhalten. Je mehr Niacin mit der täglichen Nahrung aufgenommen wird, desto mehr Bakterienarten fanden sich in ihrem Stuhl. Der Bakterienstamm der Bacteroidetes scheint von der Niacin-Aufnahme besonders zu profitieren (5). Bacteroidetes bauen komplexe Kohlenhydrate ab und stellen über 40% der gesamten intestinalen Mikrobiota dar. Sie dämpfen Entzündungen ein und schützen vor Darmschleimhautschädigung. Typischerweise finden sie sich in größerer Anzahl bei schlanken Menschen als bei Übergewichtigen.
- **Vitamin C** trägt zu einer normalen Funktion des Immunsystems bei, schützt die empfindlichen Zellen der Darmschleimhaut vor oxidativem Stress und trägt zum normalen Energiestoffwechsel der Zellen und der Darmschleimhaut bei. Es wirkt entgiftend und ist essentiell im Syntheseprozess von L-Carnitin (Energiebildung) sowie bei der Synthese von Neurotrans-

mitern. Viele Patienten mit chronischen Darmbeschwerden profitieren sehr von einer besseren Bildung von Neurotransmittern und einer allgemein besseren Energiebildung. Vitamin C fördert die Regeneration der Darmschleimhaut und beeinflusst so das Darmmilieu und den Wachstum der autochthonen, physiologischen Darmflora. Das Wachstum pathogener Mikroorganismen wird gehemmt. Die physiologische Darmflora kann sich wieder einstellen und stabilisieren.

- **Vitamin E** trägt dazu bei die Zellen vor oxidativem Stress zu schützen. Als lipophiles Antioxidans schützt Vitamin E mehrfach ungesättigte Fettsäuren in Membranlipiden oder Lipoproteinen vor einer oxidativen Zerstörung. Antioxidantien wie Vitamin E stärken außerdem auch die natürlichen Abwehrkräfte der Zelle und erhöhen das allgemeine antioxidative Potential. Gerade chronische Entzündungen im Darm steigern die Produktion freier Radikale, die oxidativen Stress verursachen. Diese freien Radikale zerstören wiederum weitere Zellen der Darmschleimhaut und begünstigen das Voranschreiten der Erkrankung. Antioxidantien (wie Vitamin E und Vitamin C) sind bei chronischen Entzündungen besonders wichtig. Durch die Regulierung und Normalisierung von Entzündungsprozessen beeinflusst Vitamin E die Freisetzung von Entzündungszellen und übt so einen entzündungshemmenden Effekt aus.
- **Selen** ist als essentielles Spurenelement und Co-Faktor selenabhängiger Enzyme und Protein für die Regulationsfähigkeit, Regenerationsfähigkeit sowie Redoxkapazität der Körperzellen verantwortlich. Es trägt als Katalysator im aktiven Zentrum der Glutathionperoxidase (GPx) dazu bei, die Zellen vor oxidativem Stress zu schützen. Dadurch ist Selen ein unentbehrlicher Bestandteil des antioxidativen Schutzsystems des Menschen. Selen ist damit ein wichtiger Schutzfaktor bei entzündlichen Erkrankungen, die mit oxidativem Stress assoziiert sind. Bei Selenmangel vermindert sich die Aktivität der Glutathionperoxidase im Serum (GPX 3). Erkrankungen im Magen-Darm-Trakt führen außerdem dazu, dass Selen nicht mehr in ausreichenden Mengen aufgenommen werden kann.
- **Zink** reguliert den Stoffwechsel von Kohlenhydraten, Fettsäuren, Makronährstoffen sowie den Säure-Basen-Haushalt und trägt als essentielles Spurenelement zu einer normalen Funktion des Immunsystems bei. Auch die Kollagensynthese und die Wundheilung bei der Regeneration einer gestörten Darmschleimhaut sind zinkabhängig. Zink ist dabei essentiell für die sich rasch teilenden Darmschleimhautzellen. Ent-

zündliche Reizungen der Schleimhaut klingen rascher ab, weil Zink als Regulans für den Prostaglandinstoffwechsel wirksam ist. Aufgrund seiner antioxidativen Eigenschaften schützt Zink gemeinsam mit SOD die Zellen der Mukosa vor oxidativem Stress im Rahmen der Verdauungsprozesse. Außerdem trägt es zur Resorptionsverbesserung der zellprotektiven Vitamine E und A bei.

- **Phosphatidylcholin** (Lecithin) ist ein wichtiger Bestandteil von Membranen und wichtig für die Gesundheit des Nervensystems. Es trägt auch zu einem normalen Fettstoffwechsel sowie zu einer normalen Leberfunktion bei. Zudem bindet es den Schleim an die Darmschleimhaut und fördert somit zur Entstehung der Schleimbarriere im Darm. Ein Mangel an Phosphatidylcholin führt zu einer verminderten „Fettschutzschicht“ und wässrige Bestandteile aus dem Darminhalt inklusive darin enthaltener Bakterien, Fremdkörper und Giftstoffe können so in direkten Kontakt zur Darmwand treten und Entzündungen (Colitis ulcerosa) auslösen. Empfohlen wird allerdings die zeitgleiche Einnahme mit Polyphenolen wie Resveratrol. Dies verhindert weitgehend die Bildung von TMAO, dessen Nachweis in hoher Korrelation mit kardiovaskulären Ereignissen steht.

- **Coenzym Q10** ist ein zentraler körpereigener Co-Faktor des mitochondrialen Energiestoffwechsels. Coenzym Q10 ist entscheidend für die Versorgung aller Zellen mit dem körpereigenen Energieträger ATP (Adenosintriphosphat) und damit für unsere körperliche und geistige Leistungsfähigkeit. Des Weiteren gilt es als Radikalfänger, da es schädliche Sauerstoffverbindungen abfängt und somit als Antioxidans im Körper fungiert. Zudem hat Coenzym Q10 eine membranstabilisierende Funktion. Es hält die Zellmembranen „fluide“ und funktionsfähig, indem es sich direkt in die Membranen einlagert.

- **Curcumin** ist der Hauptwirkstoff der in Südasien beheimateten Curcuma-Pflanze (*Curcuma longa*). Curcumin wirkt stark antioxidativ und auf die zentralen Stoffwechselwege, die für viele Regelkreise im Körper wichtig sind. Des Weiteren besitzt Curcumin entzündungshemmende Eigenschaften. Es moduliert die gesamte Kette von entzündungsfördernden Molekülen sowie wichtigen Entzündungsenzyme. Eine positive Wirkung bei Magen-Darm-Beschwerden ist erwiesen. Dabei wirkt Curcuma verdauungsfördernd und kann Beschwerden wie Blähungen und Völlegefühl lindern. Auch bei der Behandlung des chronischen Reizdarmsyndroms kann Curcuma effektiv eingesetzt werden. Zudem ist für Curcumin auch ein hemmender Effekt auf dieIDO-Aktivität dokumentiert (6).

- **Inulin** ist ein präbiotischer, löslicher Ballaststoff. Er gehört zur Gruppe der Fruktane und ist aus Ketten von Fruktosemolekülen aufgebaut. Inulin reguliert die Darmtätigkeit und führt zu einer selektiven Anreicherung von Bifido- und Laktobakterien im Darm. Des Weiteren fördert Inulin aber auch die Hemmung von Toxinbildnern (z.B. *Cl. histolyticum*). Damit wird nicht nur die natürliche Darmflora gestärkt, sondern es werden auch schädliche Keime an ihrer Ausbreitung gehindert. Einsatzgebiete von Inulin sind Schleimhautentzündungen und Defizite der Bakterien *Akkermansia* und/oder *Faecalibacterium*, *Bifidobacterium* und *Lactobazillen*. Diese Defizite liegen vor allem bei Störungen des mikrobiellen Gleichgewichtes (durch Antibiotika oder Durchfallerkrankungen) vor.

- **L-Carnitin** ist ein vitaminähnlicher Stoff der für die Energiegewinnung aus Fetten benötigt wird. Dabei ist L-Carnitin für den Transport und die Oxidation langkettiger Fettsäuren zuständig. Die Oxidation von Fettsäuren ist eine wichtige Quelle der Energieproduktion beim Menschen. Die Bestandteile des Nahrungsfetts, die Fettsäuren, können nur an L-Carnitin gebunden in die Mitochondrien transportiert werden. Diese werden für die Produktion der lebensnotwendigen Zellenergie in der Form von ATP (Adenosintriphosphat) benötigt. Gleichzeitig transportiert L-Carnitin bestimmte Stoffwechselprodukte aus den Mitochondrien, damit sie sich dort nicht anreichern und Schäden verursachen. L-Carnitin trägt somit auch zur Entgiftung bei. L-Carnitin ist aber auch an der Energiegewinnung aus anderen Stoffen beteiligt (verzweigt-kettigen Aminosäuren) und schützt als Antioxidans den Körper vor Schäden durch freie Radikale (oxidativer Stress).

- **N-Acetyl-L-Cystein (NAC)** ist eine acetylierte Vorstufe von L-Cystein und damit auch eine Vorstufe für das Antioxidans Glutathion. Als Baustein von Glutathion aktiviert Cystein indirekt die zelluläre Immunabwehr. Des Weiteren stellt die Aminosäure L-Cystein eine wichtige Schwefelquelle für den Körper dar. Sie ist für die Bildung vieler Proteine wichtig und kann deren Struktur durch den Aufbau von Schwefelbrücken stabilisieren. Die physiologischen Funktionen und therapeutischen Wirkungen von NAC sind weitgehend mit der Aufrechterhaltung der intrazellulären Konzentrationen von reduziertem Glutathion verbunden. Ergebnisse kürzlich durchgeführter Studien zeigen, dass NAC Entzündungen reduziert, oxidativen Stress lindert, den Energiestatus verbessert und Gewebeschäden im Darm deutlich verbessert (7).

- **PQQ** (Pyrrolochinolinchinon) ist ein wichtiger

Redox-Co-Faktor in Stoffwechselprozessen und an mehr als 20.000 katalytischen Prozessen im Körper beteiligt. Es übt einen Einfluss auf die Zelldifferenzierung, die Zellproliferation, die Apoptose, die Autophagie und den Energiestoffwechsel aus. Zudem ist er an der Mitogenese beteiligt und schützt die Zellen vor oxidativen Schäden (8,9). Dabei dient PQQ, ebenso wie NAD und FAD, als Coenzym für Reduktions-Oxidations-Reaktionen und wird als redoxaktiver Cofaktor auch von einer Reihe von bakteriellen Dehydrogenasen verwendet (8). Enzyme, die PQQ als Cofaktor enthalten, heißen Quinoproteine. Bei Bakterien wirkt PQQ neben seiner Rolle als Enzym-Cofaktor auch Wachstums- und Stoffwechselstimulierend. Auch die Darm-Bakterien verfügen über Quinoproteine, die sie aber z.T. selbst nicht synthetisieren können und sind somit auf eine ausreichende Versorgung über die Nahrung angewiesen.

- **Resveratrol** ist ein sekundärer Pflanzenstoff aus der Gruppe der Polyphenole. Es schützt die Zellen vor UV-Strahlung, freien Radikalen sowie Bakterien- und Pilzbefall. Das Polyphenol wirkt stark antioxidativ, antimikrobiell und entzündungshemmend. Da Resveratrol sowohl wasser- als auch fettlöslich ist, bietet es einen deutlich höheren antioxidativen Schutz als rein wasser- oder fettlösliche Antioxidantien. In Zusammenhang mit entzündlichen Darmerkrankungen spielen vor allem die antientzündlichen Eigenschaften eine wichtige Rolle. Resveratrol hemmt direkt sowohl die Cyclooxygenase 2 (COX-2) als auch die intrinsische Stickstoffmonoxid-Synthetase (iNOS), zwei Schlüsselenzyme der Entzündungsreaktion. Zudem übt Resveratrol einen positiven Einfluss auf die Mitochondrien aus und verbessert die Kapazität zur Oxidation von Fettsäuren. Es zeigt sich auch, dass das Polyphenol eine Schutzwirkung gegenüber Gewebeschäden entfalten kann. Gleich wie Curcumin ist auch Resveratrol dazu in der Lage das Enzym IDO zu hemmen.

### Praxishinweis

**Metabolom:** Metabolomuntersuchungen geben einen Einblick auf die vorhandenen bzw. fehlenden Stoffwechselprodukte im Darm. Darauf resultierend kann in Kombination mit den vorliegenden Beschwerden und dem klinischen Befund eine individuelle Therapie ausgearbeitet werden.

Bei Stuhluntersuchungen können Fettsäuren (Butyrat, Acetat und Propionat), Beta-Glucuronidase, Tryptophan und Histamin-Gehalt bestimmt werden.

Ebenso können Neurotransmitter, Parameter für Maldigestion oder Malabsorption analysiert bzw. eine genaue Mikrobiomanalyse durchgeführt werden.

- **Vitamin C** in der Form von Calcium-L-Ascorbat (Calciumsalz der Ascorbinsäure) ist insbesondere bei einem säureempfindlichen Magen als Alternative zu Ascorbinsäure zu empfehlen.
- **Natriumselenit:** Für die Behebung eines akuten Selen Mangels sowie zur Daueranwendung sind anorganische Selenverbindungen wie Natriumselenit sinnvoll. Natriumselenit sättigt bei akutem Selenmangel die Glutathionperoxidase schneller als Selenomethionin.
- Phosphatidylcholin wird aus pflanzlichen Quellen wie Sonnenblumen und Inulin aus Zichorie empfohlen.

### Anwendungsempfehlung

- Die empfohlene Tagesdosis (10 – 15 g) in 200 - 250 ml Wasser verrühren und morgens nach dem Frühstück trinken.
- Die Dauer der Anwendung richtet sich nach den Beschwerden, sollte aber zumindest über einen längeren Zeitraum erfolgen.

### Anwendungsbereich

Die genaue Anwendung richtet sich nach den individuellen Beschwerden, nach dem Labor- (Metabolom Analyse) und nach dem klinischen Befund. Allgemeine Indikationen sind:

1. Stärkung und Förderung der Diversität des Darm-Mikrobioms
2. Stressinduzierte Erkrankungen, Angst, unspezifischen psychischen Störungen, Depressionen, Schlafstörungen und Fatigue
3. Reizdarmsyndrom (IBS) – Stressinduziert, Tryptophan-Mangel oder durch Histaminüberschuss
4. Mitochondriale Dysfunktion ausgelöst durch NO-Stress, Stressinduziert oder oxidativen Stress
5. Entzündungen und daraus resultierende Stoffwechselerkrankungen
6. Chronische Belastungen
7. Begleitend zur Krebstherapie

## Sinnvolle Anwendungskombinationen

- Mikronährstoffe für die Darmgesundheit siehe auch Nährstofftipps 10019326, 10019103 und 10020064.
- Probiotische Darmbakterien fördern den Aufbau und die Stabilisierung einer gesunden Darmflora, siehe Nährstofftipp 10019191.
- Coenzym 1 NADH unterstützt den Energiestoffwechsel, siehe Nährstofftipps 10020545 und 10020696.
- Yucca und pflanzliche Bitterstoffe helfen bei der Sanierung des Darms und fördern dessen Gesundheit, siehe Nährstofftipps 10020351 und 10020132.

## Wechselwirkungen

Vorsicht bei Fructose Intoleranz, da die Fructoseverbindungen im Inulin Beschwerden auslösen können.

## Literatur

- 1) Schütz, B et al (2019). *Mikrobiom- und Metabolomanalysen als Basis einer individualisierten Therapie. OM & Ernährung 2019, SH12: 32-36.*
- 2) Stangl, W. (2021). *Stichwort: 'Metabolom'. Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik. <https://lexikon.stangl.eu/15318/metabolom/>*
- 3) Yin X, et al (2020). *A Comparative Evaluation of Tools to Predict Metabolite Profiles From Microbiome Sequencing Data. Front Microbiol. 2020 Dec 4;11:595910.*
- 4) Bao R, et al (2021). *Fecal microbiome and metabolome differ in healthy and food-allergic twins. J Clin Invest. 2021 Jan 19;131(2):141935.*
- 5) Fangmann D, et al (2018). *Targeted Microbiome Intervention by Microencapsulated Delayed-Release Niacin Beneficially Affects Insulin Sensitivity in Humans. Diabetes Care. 41(3):398-405.*
- 6) Jeong YI, et al (2009). *Curcumin suppresses the induction of IDO by blocking the Janus-activated kinase-protein kinase Cdelta-STAT1 signaling pathway in interferon-gamma-stimulated murine dendritic cells. J Biol Chem. 284(6):3700-8.*
- 7) Hou Y, et al (2015). *N-acetylcysteine and intestinal health: a focus on its mechanism of action. Front Biosci (Landmark Ed). 20:872-91.*
- 8) Akagawa M, et al (2016). *Recent progress in studies on the health benefits of pyrroloquinoline quinone. Biosci Biotechnol Biochem 80(1):13-22*
- 9) Nakano M, et al (2012). *Effects of oral supplementation with pyrroloquinoline quinone on stress, fatigue, and sleep. Funct Foods Health Dis 2:307-324*