



PD Dr. med. Dr. sc. nat.
Antonio Cozzio
St. Gallen



Prof. Dr. med.
Peter Schmid-
Grendelmeier
Zürich



Prof. Dr. med.
Brunello Wüthrich
Zollikerberg

Nahrungsmittelallergie

Molekulare IgE-Diagnostik



Prof. em. Dr. med.
Brunello Wüthrich
Zollikerberg

Kommerzielle Extrakte von Nahrungsmitteln für die Hauttest- und in-Vitro-Diagnostik zur Bestimmung zirkulierender IgE-Antikörper enthalten einerseits auch klinisch nicht relevante Proteinbestandteile und andererseits können allergene Proteine während des Extraktionsprozesses denaturiert werden. Dies führt zu sowohl «falsch» negativen als auch zu «falsch» positiven Ergebnissen. Die spezifische IgE-Bestimmung (RAST/CAP-Methode) auf einzelne, gut charakterisierte nahrungsmittelspezifische Marker-Proteine trägt zur verbesserten Diagnostik von relevanten Sensibilisierungen bei und erlaubt auch eine Abschätzung der Schwere der Symptomatik nach Einnahme des betreffenden Nahrungsmittels.

Wie auch für andere IgE-vermittelte allergische Krankheiten basiert die Diagnostik nach einer subtilen Anamnese auf der Durchführung von Prick-Haut-Testen mit kommerziellen Nahrungsmittel-Gesamtextrakten mit nativen Nahrungsmitteln und auf der Bestimmung von Serum-IgE-Antikörpern auf die betreffenden Nahrungsmittel (1). Bekanntlich kommen bei diesem Vorgehen sowohl positive Ergebnisse ohne klinische Relevanz als auch falsch negative Resultate vor, sodass - wegen der fehlenden relevanten Allergen-Komponente (Epitop) in den Extrakten - ein negativer Hauttest oder ein fehlender Nachweis von Serum-IgE-Antikörpern ein Nahrungsmittel als Verursacher einer allergischen Symptomatik nicht von vornherein ausschliesst. Eine nicht

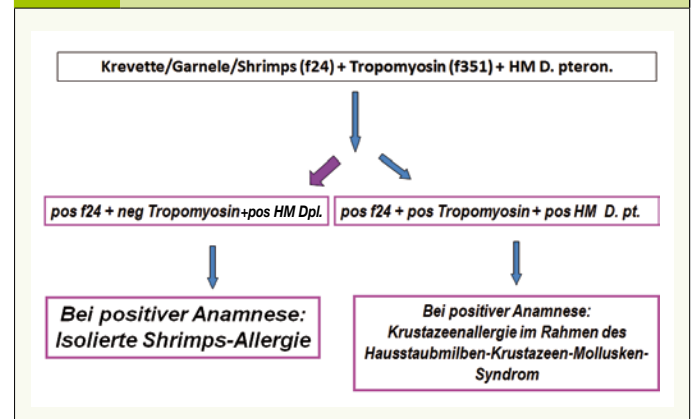
relevante Kreuzreaktivität bedeutet, dass ähnliche Molekülstrukturen in Inhalationsallergenen (Pollen, Hausstaubmilben, Latex, usw.), die primär die Sensibilisierung bzw. die allergische Reaktion an den Respirationsschleimhäuten ausgelöst haben, auch in Nahrungsmitteln vorkommen können, was zu multiplen positiven Ergebnissen im Haut- und im IgE-Test infolge kreuzreagierender IgE-Antikörper führt, öfters aber ohne klinische Relevanz. Nur durch Provokationstests (Abb. 1) (am besten durch eine doppelblinde, plazebo-kontrollierte Nahrungsmittelprovokation [DBPCFC]) können die klinische Relevanz eines Ergebnisses nachgeprüft werden und somit Testextrakte in Bezug auf ihre Sensitivität und Spezifität validiert werden (2). Obwohl die DBPCFC für klinische Studien den goldenen Standard darstellt, ist dieses aufwendige Verfahren in der Routine-Diagnostik der Nahrungsmittelallergie nur gezielt in Allergiezentren einsetzbar. Einen viel versprechenden Ansatz, Kreuzallergien von genuinen Ko-Sensibilisierungen mit möglichen therapeutischen Konsequenzen zu unterscheiden, stellen die «rekombinanten» Allergene dar, die für das ImmunoCAP-System (Phadia) verfügbar sind und eine grosse Hilfe bei der Indikation einer Hyposensibilisierung bei Pollenallergien sind (3). Ebenfalls hat sich die allergologische Forschung in den letzten Jahren bemüht, «Marker»-Allergene zu identifizieren, die für gewisse Krankheitsbilder, wie z.B. die weizenabhängige, anstrengungsinduzierte Anaphylaxie pathognomonisch oder für schwere allergische Reaktionen, z.B. auf Erdnuss, verantwortlich sind.

ABB. 1 Positive Prick-zu-Prick-Tests



Native Gemüsesorten und Früchte ohne klinische Bedeutung bei dieser Patientin mit Birken- und Beifusspollen-Allergie.

ABB. 2 Abklärung auf Krustaceenallergie



Nomenklatur der Allergene

Mit Hilfe von gentechnologischen Methoden können allergene Proteine aus Inhalationsallergenen und Nahrungsmitteln, u. a. in *E. coli*, rekombinant hergestellt werden. Für Allergene, die exakt analysiert wurden, d.h. deren Aminosäuresequenz vollständig oder weitgehend bekannt ist, hat das WHO/IUIS-Nomenklatur-Subkomitee eine spezielle Nomenklatur vorgeschrieben. Die Bezeichnung eines solchen Allergens besteht aus den ersten drei Buchstaben des Genus, dem ersten Buchstaben der Spezies und einer Nummerierung mit arabischen Ziffern in der Reihenfolge ihrer Charakterisierung, z.B. für Birke Bet v 1 (von *Betula verrucosa*) oder für Sellerie Api g 1 (von *Apium graveolens*). Die arabische Zahl der Allergene bedeutet aber nicht, dass dies auch das Hauptallergen der betreffenden Gattung ist. Zufälligerweise sind aber zum Beispiel Bet v 1 und Cor a 1 auch die Hauptallergene der Birken- bzw. der Haselpollen. Wurde das betreffende Allergen gentechnisch hergestellt, erhält es das Präfix r (für rekombinant), ein natürliches Allergen das Präfix n (für nativ). Allergene Epitope sind verantwortlich für Kreuzreaktionen innerhalb Inhalations- (z.B. Birkengewächse, Fagales), oder Nahrungsmittelallergenen (z.B. Hülsenfrüchte, Leguminosae), aber auch für Kreuzreaktionen zwischen Inhalationsallergenen und gewissen Nahrungsmitteln. In einer grossen Studie bei Kirschenallergikern wurden z. B. die häufigsten Kirschenallergene rekombinant hergestellt und in der Hauttestung und in der serologischen IgE-Bestimmung eingesetzt. 96 % der Kirschenallergiker zeigten eine positive Hauttestung mit den rekombinanten Allergenen, gegenüber 25 % mit einem üblichen kommerziellen Extrakt. Es zeigte sich ferner, dass ein positiver IgE-Nachweis gegen ein bestimmtes Allergen, z.B. in Erdnuss, Weizen, Krustazoen oder Fleischeiweissen, mit schwereren systemischen Reaktionen einherging und somit nicht nur diagnostisch relevant, sondern auch prognostisch von Bedeutung ist (siehe unten).

Proteinfamilien

Es wurden Proteinfamilien über deren Hauptvertreter definiert, welche sich in der Folge in verschiedenen Allergenquellen nachweisen liessen. Nachfolgend werden die wichtigsten Proteinfamilien in Pflanzen und Tieren beschrieben, welche für allergische Reaktionen und für die Kreuzreaktivität bei Inhalationsallergenen und Nahrungsmitteln verantwortlich sind.

Pathogenesis related Proteine (PR-P)

Darunter versteht man Proteine, die in der Regel nach einem Virus-, Bakterien-, oder Pilzbefall, aber auch bei kritischen Umweltbedingungen (Hitze, Trockenheit, Kälte, Umweltverschmutzung, etc.) in Wirtspflanzen induziert werden. PR-10 Proteine (16 – 18 kDa) gelten als «Abwehrenzime», «Stress-» bzw. «Abwehrproteine», welche u. a. nach Lyse der Pilzzellwände durch β -1,3-Glucanasen und Chitinasen das Pilzwachstum hemmen. Ein Beispiel ist das PR-10 Protein von Birkenpollen, Bet v 1. Sojabohnen enthalten z.B. auch ein zur Gruppe PR-10 gehörendes Stressprotein Gly m 4, dessen Struktur dem Birkenpollenallergen Bet v 1 ähnelt (50 %ige Sequenzhomologie) und somit für eine klinische Kreuzreaktion bei einem Birkenpollenallergiker verantwortlich ist

Profiline

Kleine Proteine, die zentrale Aufgaben bei der Signalübertragung innerhalb der Pflanzenzelle ausüben. Ihre wichtige biologische

Funktion bringt es mit sich, dass sich ihre Aminosäuresequenz und Struktur im Laufe der Evolution nur wenig verändert hat.

Profiline (12 u. 16 kDa) sind hoch kreuzreaktive Allergene und kommen in vielen, miteinander nicht verwandten Pflanzen vor. Profilin-sensibilisierte Patienten können mit verschiedensten Allergenquellen (Birke, Gräser, Kräuter, diverse Nahrungsmittel) positiv reagieren. (Beispiel Bet v 2; Phl p 12). Bei einer Profilin-Sensibilisierung ist das Auftreten von klinischen Symptomen selten, kann aber bei einer kleinen Minderheit von Patienten nachweisbare, d.h. meist OAS, oder sogar schwere Reaktionen verursachen.

CCD (Cross-reacting Carbohydrate Determinants)

CCD-Epitope sind in Pflanzen und Invertebraten (Wirbellose) weitverbreitet. Allergene sind zu 90-95% Glykoproteine, d.h. Proteine mit einem Kohlenhydrat-(Zucker) Anteil. Glykoproteine enthalten eine oder mehrere komplexe Oligosaccharidketten, die an die Peptidstruktur der Proteine gebunden sind. Da die Glykoepitope eine signifikante strukturelle Homologie über die Grenzen von Proteinfamilien zeigen können, sind diese Strukturen für eine weit reichende Kreuzreaktivität verantwortlich. Daraus leitet sich der Name «Cross-reactive Carbohydrate Determinants» oder «CCD» ab.

Lipid Transfer Proteine (LTP)

Die nicht-spezifischen Lipid-Transfer Proteine (LTP) der PR-Familie 14 (9 u.10 kDa) befinden sich in den äusseren Strukturen der Pflanzenorgane und ermöglichen den Transport von Lipiden über die Membranen und tragen in einigen Pflanzen zur Abwehr von Pilz- und Bakterienbefall bei. Es sind thermo- und magensaft-stabile Allergene, die für systemische Reaktionen, auch auf Nahrungsmittel (Obst und Gemüse) vorwiegend in den Mittelmeerländern verantwortlich sind. In vielen Pflanzen wurden nicht spezifische LTP mit allergener Aktivität nachgewiesen: Pollen von Beifuss und beifussblättrigem Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*), Olivenbaum, Haselnuss (*Corylus avellana*), usw.

Calzium-bindende Proteine (CaBP)

Diese Allergene (auch Calmomodulin genannt) werden nur in Pollen, aber nicht in anderen Bestandteilen der Pflanzen (z.B. Blätter, Samen) produziert. Entsprechend wird ein Patient, der exklusiv gegen ein Ca-bindendes Protein sensibilisiert ist, in der Diagnostik mit Allergenextrakten positive Resultate mit verschiedenen Pollen von Gräsern, Bäumen und Kräutern zeigen. (Beispiel rBet v 4, Phl p 7 aus Lieschgras).

Speicherproteine

In Samen vorkommende Proteine, die als Ausgangsmaterial für das Wachstum einer neuen Pflanze dienen. Es sind oft stabile und hitzebeständige Proteine, die selbst nach dem Kochen noch Reaktionen verursachen können und deshalb häufig für systemische Reaktionen verantwortlich sind.

Allergene tierischen Ursprunges

Tropomyosin

In Muskelfasern vorkommendes Aktin-bindendes Protein und Marker für die Kreuzreaktivität zwischen Krustentieren, Milben

und Küchenschaben (Krustazeen-Hausstaubmilben-Syndrom) (Abb. 2).

Parvalbumin

Parvalbumin, ein calciumbindender Eiweissstoff, ist das Hauptallergen in Fisch und ein Marker für die Kreuzreaktivität zwischen verschiedenen Fischarten und Amphibien. Es ist ein hitzestabiles und gegen Verdauung resistentes Protein, wodurch auch Reaktionen auf gekochte Nahrungsmittel induziert werden. Das rGad c 1 (f426) ist das Parvalbumin von Dorsch (Gadus morhua), welches mit vielen Fischarten kreuzreagiert.

Serumalbumin

Ein weit verbreitetes Protein, das in verschiedenen biologischen Flüssigkeiten und Geweben vorkommt, z. B. in Kuhmilch, Eiern, Rind- und Hühnerfleisch. Kreuzreaktionen zwischen Albuminen verschiedener Tierarten sind bekannt, beispielsweise zwischen den Albuminen von Katze und Hund oder Katze und Schwein.

Molekulare Allergie-Diagnostik bei einzelnen Nahrungsmitteln

Kürzlich haben die Deutsche Gesellschaft für Allergologie und klinische Immunologie (DGAKI), der Ärzteverband Deutscher Allergologen (ÄDA), die Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin (GPA), die Österreichischen Gesellschaft für Allergologie und Immunologie (ÖGAI) und die Schweizerische Gesellschaft für Allergologie und Immunologie (SGAI) eine Leitlinie zur In-vitro-Diagnostik und zu den molekularen Grundlagen von IgE-vermittelten Nahrungsmittelallergien publiziert (4). Die folgenden Ausführungen stellen die wichtigsten Markerallergene zur Abklärung allergischer Reaktionen auf ausgewählte Nahrungsmittel dar (5).

Abklärung auf Weizenallergie

Bei einer starken Graspollenallergie ist auf Grund der Kreuzreaktivität innerhalb der Poaceae (Gräser- und Getreidepollen) oft Weizenmehl (f4) positiv, ohne dass eine ingestive Mehlallergie vorliegt. Ein positives Ergebnis auf rTri α19 Omega-5 Gliadin (f416) ist – bei entsprechender Anamnese - ein pathognomonischer Hinweis auf eine «wheat-dependent, exercise-induced anaphylaxis» und/oder einer echten ingestiven Weizenallergie, z.B. bei Kindern.

Abklärung auf Krustazeenallergie

Bei Verdacht auf eine Krustazeenallergie erlaubt die IgE-Bestimmung auf Krevette/Garnele/Shrimps (f24) und auf Tropomyosin (f351) die Frage abzuklären, ob eine solche isoliert auftritt (ingestive Krustazeenallergie) oder im Rahmen eines «Hausstaubmilben-

Krustazeen-Syndroms. Im letzten Fall ist das mit Hausstaubmilben kreuzreaktive Tropomyosin positiv. Zur Ergänzung der Diagnostik eines «Hausstaubmilben-Krustazeen-Mollusken-Syndroms» können noch sIgE auf die Hausstaubmilbe Dermatophagoides pteronyssinus (d1) und auf rDer p 10 (d205), dem Tropomyosin aus der Hausstaubmilbe bestimmt werden (Abb. 2).

Abklärung auf Fleischallergie

Das Kohlenhydrat Galactose-1,3-alpha-Galactose (kurz α-Gal) wurde als neues (Nahrungsmittel-) Allergen, verantwortlich für IgE-vermittelte verzögerte Soforttyp-Reaktionen nach dem Verzehr von rotem Fleisch identifiziert (Übersicht in Ref. 6).

Abklärung auf Allergie auf Hühnereweiss

Das Ovomuroid (f233) und das Ovalbumin (f232) sind die beiden wichtigsten Moleküle im Hühnereweiss (f1), das Eigelb enthält weniger allergenes Potential. Ovomuroid ist hitze- und säurestabil, ausserdem widerstandsfähig gegen Eiweiss spaltende Enzyme (Proteasen). Reaktionen auf gekochtes Hühnereweiss stehen in enger Beziehung zu hohen spez. IgE-Werten auf Ovomuroid, im Vergleich zu Patienten, die gekochtes Hühnereweiss tolerieren. Bei stark positiven Ergebnissen sowohl auf Hühnereweiss als auch auf Ovomuroid ist ferner mit einer Persistenz der Ei-Allergie zu rechnen.

Abklärung auf Erdnussallergie

Bei Erdnuss sind mehrere allergene Epitope bekannt (Tab.1). Zur Abklärung auf eine Erdnussallergie sollten nebst Erdnuss (f13) die Komponenten rAra h 2 (f423), Ara h 6 (f447) und Ara 8 (f352) bestimmt werden. Bei Ara h 6 handelt es sich um ein Speicherprotein. Reaktionen gegen Speicherproteine können mit sehr schweren Symptomen inklusive Anaphylaxie vergesellschaftet sein. Obwohl die Epitope von Ara h 6 und Ara h 2 gewisse Homologien aufweisen, kommen Monosensibilisierungen gegen Ara h 6 bei bis zu 4% der Erdnuss-Allergiker vor. Ist neben f13 auch das Erdnuss-Conglutin rAra h 2 (Speicherprotein) positiv, ist die Gefahr einer schweren systemischen Reaktion auf Erdnüsse gegeben. Ist rAra h 2 jedoch negativ, rAra h 8, als Bet v 1 homologes Protein, positiv, könnte es sich um eine Kreuzreaktivität bei gleichzeitiger Birkenpollenallergie handeln, was häufig mit lokalen Reaktionen, wie dem OAS (Orales Allergie-Syndrom) assoziiert ist. Bei Verdacht einer Erdnuss-Allergie wird empfohlen, sowohl gegen das Extrakt sowie gegen alle Komponenten zu testen, da die Schwere der Reaktion auch mit der Anzahl der Allergene, gegen die ein Patient spezifisches IgE gebildet hat, korreliert.

Abklärung auf Haselnussallergie

Schwere Reaktionen sind mit einem positiven IgE-Test auf rCor a 8 (f425), dem LTP von Haselnuss, assoziiert, während ein positiver IgE-Befund auf rCor a 1 (f428), als rBet v 1-Homolog, Hinweis auf eine Birkenpollensensibilisierung bzw. auf ein OAS nach Haselnussgenuss ist. Gelegentlich können jedoch auch bei einer rCora 1-Sensibilisierung schwerere Reaktionen, wie Glottisödem, Rhinitis oder Asthma, auftreten.

Abklärung auf Obstallergie (Apfel, Pfirsich, Kirsche, usw.)

Das LTP-Allergen rPrup3 (f420) von Pfirsich (Prunus persica) ist kreuzreaktiv mit den LTP anderer Früchte. Ist dieser Test positiv, dann besteht das Risiko einer schweren allergischen Reaktion nach Genuss von diesen Früchten. Bei «polyvalenten» Sensibilisierungen kann die

TAB. 1 Allergene im Erdnuss-Extrakt		
Produkt	fx	Proteinfamilie
Erdnuss-Extrakt	f13	n/a
Ara h 1	f422	Vicilin (ein Speicherprotein)
Ara h 2	f423	2S Albumin (ein Speicherprotein)
Ara h 3	f424	Glycinin (ein Speicherprotein)
Ara h 6	f447	2S Albumin (ein) Speicherprotein
Ara h 8	f352	PR-10
Ara h 9	f427	LTP

Bestimmung von rBet v 1, rBet v 2 und von CCD (z.B. Ro214), eventuell ergänzt mit dem rBet v 1-homologen Allergen der bestimmten Frucht (z.B. rPrup 1, f419) Klarheit schaffen, inwieweit irrelevante Kreuzsensibilisierungen vorliegen. Klinisch ist in diesem Falle, wenn überhaupt, nur mit milden Symptomen (OAS) zu rechnen.

Abklärung auf Sojaallergie

Es wird empfohlen, eine IgE-Bestimmung auf Sojabohne (f14) und auf rGly m 4 (f353), dem Birkenpollen-assoziierten Sojaallergen, durchzuführen. Bei einer Sensibilisierung auf rGly m 4 können auch schwerere Reaktionen, und nicht nur ein OAS, auftreten. Soja-sensibilisierungen bei negativem rGly m 4 weisen auf eine ingestive Sensibilisierung, z.B. bei Kindern, hin.

Abklärung auf Latexallergie bzw. auf «Latex-Frucht-Syndrom»

Auch bei Latex (*Hevea brasiliensis*) sind mindestens elf Allergenepitope bekannt, deren acht z. Z. zur IgE-Bestimmung erhältlich sind. Während rHev b 1, rHev b 3, rHev b 5, rHev b 6.01 und rHev b 6.02 mit einer Latexallergie bei *Spina bifida* (und Atopie) bzw. mit einer inhalativen Latexallergie bei HCW (= Health Care Worker) assoziiert sind, entspricht rHev b 8 dem Profilin Panallergen. rHev b 11 hingegen ist das mit Früchten kreuzreaktive Allergen («Latex-Frucht-Syndrom»).

Neue Ära in der Allergiediagnostik: ISAC-In-vitro-Test

Heute steht ein umfangreiches Allergenrepertoire für eine molekulare Diagnostik der Nahrungsmittelallergie zur Verfügung. Diese «Komponenten-basierende Diagnostik» leistet auch einen Beitrag zur Prognose bezüglich Schwere der Symptomatik und des Verlaufes. Mit dem ISAC (Immuno Solid-phase Allergen Chip) steht für den Allergiespezialisten ein auf dem Gebiet der in-vitro Diagnostik

zukunftsweisendes Testsystem zur Verfügung: während der CAP-Test nur die Bestimmung eines einzelnen Nahrungsmittels oder ein Mischextrakt eine begrenzte Anzahl von Allergenen ohne jedoch dieselbe zu identifizieren (z.B. Nahrungsmittel-Mix fx5) ermöglicht, erlaubt der ImmunoCAP®ISAC (Thermo Fisher Scientific) die simultane Messung von 112 Allergenkomponenten aus 51 verschiedenen Allergenquellen und somit die Bestimmung eines umfassenden spezifischen IgE-Antikörperprofils. Da der ISAC darüber hinaus Allergenkomponenten anstelle nativer Extrakte verwendet, bieten die Ergebnisse einen präzisen Einblick in Primärsensibilisierungen und Kreuzreaktionen und unterstützen somit die Risikoeinschätzung von klinischen Reaktionen (7). Wegen der Fülle der Resultate und der relativ hohen Kosten sollte die Indikation einer ISAC-Bestimmung nur durch den Allergologen oder einen Arzt mit besonderen Kenntnissen auf diesem Gebiet erfolgen. Gerade bei ungeklärten Anaphylaxien kann die ISAC-Diagnostik dazu beitragen, das auslösende Allergen zu identifizieren (8).

Prof. em. Dr. med. Brunello Wüthrich

Facharzt FMH für Allergologie und Immunologie, Dermatologie
Im Ahorn 18, 8125 Zollikerberg
bs.wuethrich@bluewin.ch

+ **Interessenskonflikte:** Der Autor hat in Zusammenhang mit diesem Beitrag keine Interessenskonflikte deklariert.

Literatur:

1. Ballmer-Weber BK, Wüthrich B. Diagnostik. In: Jäger L, Wüthrich B., Ballmer-Weber BK, Vieths S. (Hrsg.). Nahrungsmittelallergien und -intoleranzen. Immunologie – Diagnostik – Therapie – Prophylaxe. 3. Auflage. Elsevier GmbH, München, Urban & Fischer 2008, S. 95-110
2. Ballmer-Weber B, Vieths S, Lüttkopf D, Heuschmann P, Wüthrich B. Celery allergy confirmed by double-blind, placebo-controlled food challenge: A clinical study of 32 subjects with a history of adverse reactions to celery root. *J Allergy Clin Immunol* 2000;106:373-8
3. Wüthrich B. Allergenspezifische Immuntherapie der Pollenallergie. Kausale Therapie nach Diagnostik mit rekombinanten Allergenen. *der informierte arzt* 2018;1:30-3
4. Kleine-Tebbe J et al. Leitlinie: Zur In-vitro-Diagnostik und zu den molekularen Grundlagen von IgE-vermittelten Nahrungsmittelallergien. *Allergol J* 2009;18:132-46
5. Wüthrich B. Rekombinante Allergene zur Abklärung von Nahrungsmittelallergien. *Dermatologie Praxis* 2010;2: 4-7
6. Bircher A et al. Die Entdeckung eines neuen Allergens: die Galactose-1,3-alpha-Galactose. *Schweiz Med Forum* 2013;13:19-21
7. Valenta R et al. The recombinant allergen-based concept of component-resolved diagnostics and immuno-therapy (CRD and CRIT). *Clin Exp Allergy* 1999: 29:896-904
8. Carter S et al. Identification of clinically relevant allergens using the Phadia ISAC microarray in patients with idiopathic anaphylaxis. *Clin Exp Allergy* 2012;42: 1829-30

Take-Home Message

- ◆ Die «rekombinanten» Allergene stellen einen vielversprechenden Ansatz, Kreuzallergien von genuinen Ko-Sensibilisierungen mit möglichen therapeutischen Konsequenzen zu unterscheiden
- ◆ Mit dem ISAC steht für den Allergiespezialisten ein auf dem Gebiet der in-vitro Diagnostik zukunftsweisendes Testsystem zur Verfügung
- ◆ Während der CAP-Test nur die Bestimmung eines einzelnen Nahrungsmittels oder ein Mischextrakt eine begrenzte Anzahl von Allergenen ohne jedoch dieselbe zu identifizieren, erlaubt der ISAC die simultane Messung von 112 Allergenkomponenten aus 51 verschiedenen Allergenquellen und somit die Bestimmung eines umfassenden spezifischen IgE-Antikörperprofils.
- ◆ Insbesondere bei ungeklärten Anaphylaxien kann die ISAC-Diagnostik dazu beitragen, das auslösende Antigen zu identifizieren