

Projektarbeit

Jugend forscht 2018
- Schüler experimentieren -

von Flora Maria Stock und Ana Seliokaite

Projekt-ID #71995

Fachgebiet: Chemie

„Frühstücksbrot und Alufolie...

Eine gute Idee?“

SCHÜLER
FORSCHUNGS
ZENTRUM
JENA

Kurzfassung

Wir haben uns die Frage gestellt, ob etwas mit der Alufolie oder Lebensmitteln passiert, wenn man Lebensmittel in Alufolie wickelt. Vor allem haben wir uns hierbei auf verschiedene Obst- und Gemüsesorten beschränkt, da sie Fruchtsäuren enthalten und Aluminium mit Säuren zu Aluminiumionen reagiert.

Als erstes haben wir geschaut, welche Säuren in welchen Lebensmitteln vorkommen, und wie hoch sie jeweils in verschiedenen Früchten oder Gemüse vorhanden sind. Die Früchte mit dem höchsten Säuregehalt der Säuren Essigsäure, Zitronensäure, Oxalsäure und Apfelsäure wurden ausgewählt und für die weiteren Experimente genutzt.

Anschließend wurden die verschiedenen reinen Säuren und auch die verschiedenen Fruchtquetsche in Reagenzgläser gefüllt. Aluminiumstreifen wurden in die Reagenzgläser gegeben. Wir haben sie einen Tag bzw. sieben Tage darin belassen und danach geguckt, ob man Änderungen an den Aluminiumstreifen erkennen kann. Diese Änderungen haben wir auch unter dem Mikroskop angeguckt.

Weiterhin wurden Aluminium-Quadrate ausgeschnitten und in die Säuren gelegt. Diese wurden einen Tag, vier Tage und sieben Tage in den Proben belassen. Anschließend wurden die Aluminiumquadrate rausgenommen und die Flüssigkeiten zur Analytik Jena zur Aluminiumgehalt-Messung gebracht. Dort wurden die Proben mittels optischer Emissionsspektrometrie untersucht.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	2
Einleitung.....	4
Methoden.....	5
Auswahl der verschiedenen Lebensmittel und Herstellen der Säurelösungen	5
Herstellen der Säfte.....	6
pH-Wert-Messung	6
Mikroskopie.....	6
Optische Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppelten Plasmas (ICP-OES)	7
Ergebnisse	8
pH-Wert-Messung	8
Mikroskopie.....	9
Optische Emissionsspektrometrie.....	12

Einleitung

Ganz oft werden Lebensmittel, Frühstücksbrote/Frühstücksobst usw. oder Reste z.B. bei einem Grillfest, in Aluminiumfolie gepackt, um sie zu transportieren. Die Aluminiumfolie ist eben praktisch, da sie reißfest und stabil ist. Doch haben wir uns die Frage gestellt, ob Alufolie eine schädliche Wirkung aufweist, wenn sie in Kontakt mit Lebensmitteln kommt. Beispielsweise wird diskutiert, dass auch das Aluminium in Deos über die Haut aufgenommen wird und schädlich für den Menschen ist. So wird vermutet, dass durch die Aufnahme von Aluminium zum Beispiel Brustkrebs (und schwere Demenzerkrankungen) entstehen. Dies gründet sich auf der Beobachtung, dass Tumoren der Brust etwas häufiger außen sitzen, also in die Richtung der Achselhöhle gewandt (<https://www.spektrum.de/wissen/wie-gefaehrlich-ist-aluminium-5-fakten/1300812>, 16.01.2019, 14:42 Uhr).

Es ist bekannt, dass Säuren nötig sind, um Aluminium-Ionen auszulösen.



Im Quarks-Film (<https://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/quarks-und-co/video-aluminium-in-der-kueche-100.html>) wird untersucht, wieviel Aluminium von Getränkeflaschen in eingefüllte Getränke (in diesem Fall Apfelsaft und Früchtetee) übergehen. Dabei wurden beschichtete und unbeschichtete Aluminiumflaschen untersucht, und die Getränke 24 h in den Flaschen aufbewahrt. Nach dieser Zeit findet sich bis zu 15 mg/L Aluminium in den Getränken der unbeschichteten Flaschen.

Für unsere Arbeit unter der Betreuung des Schülerforschungszentrums Jena (durch Dr. Christina Walther) haben wir nun zuerst vier Lebensmittel herausgesucht, welche einen hohen Säureanteil haben. Dabei So haben wir uns vier die verschiedenen Lebensmittel Zitrone, Apfel, Rhabarber und die saure Gurke mit jeweils vier verschiedenen Säuren entschieden.

Im ersten Teil unserer Experimente untersuchten wir die Fruchtsäfte, die wir aus den Früchten gewonnen haben. Dieser Saft wurde jeweils auf zwei Reagenzgläser verteilt. Wir legten nun Alufolie in die Säfte ein, um zu schauen, welche Säuren/Lebensmittel man nicht in Aluminiumfolie lagern sollte und was man dabei für Veränderungen an der Folie erkennen kann. Nach einem Tag (Reagenzglas 1) und nach einer Woche (Reagenzglas 2) nahmen wir diese Streifen aus der Flüssigkeit und haben sie anschließend mikroskopiert.

Da die Fruchtsäfte nicht so lange haltbar waren und uns verschimmelten, haben wir dann im zweiten Teil mit den verdünnten Säuren aus dem Labor gearbeitet. Dabei haben wir wiederum Aluminiumfolie in Streifen geschnitten, sie in die verdünnten Säuren gelegt und mikroskopisch untersucht. Dann haben wir zusätzlich Aluminiumfolie in Quadrate geschnitten und diese in eine bestimmte Menge an Säure in Falcons (Zentrifugenröhrchen) gegeben. Hierbei nutzten wir vier Falcons pro Säure, wobei ein Falcon nur Säure und keine Folie enthielt. Die Folie wurde ein Tag, vier und sieben Tage darin belassen und anschließend rausgenommen. Mit den Flüssigkeiten sind wir nun zu Analytik Jena gefahren, um mit Unterstützung von Herrn Andreas Becker die Menge des Aluminiums in den einzelnen Proben zu bestimmen. Im Vergleich zu unseren Messungen liegt der Trinkwassergrenzwert bei Aluminium bei 0,2 mg pro Liter

(<https://www.dvgw.de/themen/wasser/trinkwasserverordnung/anlage-3/>, 16.01.

2019,14:56 Uhr).

Methoden

Auswahl der verschiedenen Lebensmittel und Herstellen der Säurelösungen

Zu Beginn haben wir überlegt, welche Lebensmittel wir untersuchen wollen. Wir entschieden uns für Zitronen (bei 100g Frucht, 4920mg, Saure Gurken, Rhabarber und Äpfel (bei 100g Frucht, 550mg Apfelsäure), da diese vier Früchte jeweils hohe Gehalte verschiedener Säuren hatten. Für folgende Früchte mit Säuregehalten.

	Äpfelsäure	Zitronensäure	Oxalsäure	Essigsäure
Zitrone(100g)	0 mg	4920 mg	0 mg	k.A.
Apfel(100g)	550 mg	16 mg	0,5 mg	k.A.
Saure Gurke(100g)	k.A.	k.A.	k.A.	860 mg
Rhabarber(100g)	k.A.	k.A.	460 mg	k.A.

Herstellen der Säfte

Ca 50 g des jeweiligen Lebensmittels wurden in einem Mörser gequetscht und der entstehende Saft in Reagenzgläsern gesammelt. Bei Rhabarber nutzen wir einen fertigen Saft.

pH-Wert-Messung

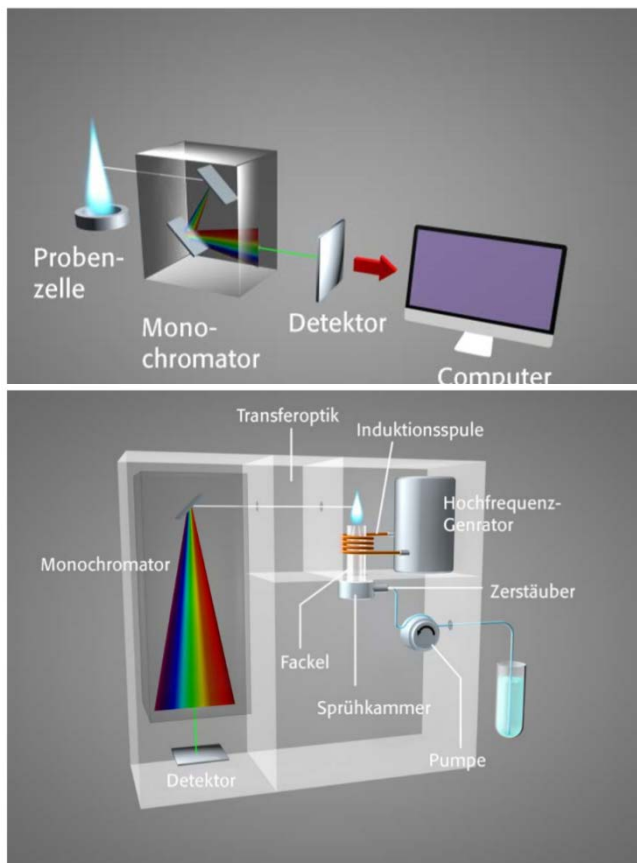
Die pH-Messung haben wir zum einen mit pH-Papier gemacht und zum anderen mit einem pH-Messgerät. Das pH-Papier ist mit einem oder mehreren Indikatoren imprägniert. Diese ändern die Farbe, wenn sie mit verschiedenen pH-Werten/Bedingungen in Berührung kommen (, 13.01.19, 11:00 Uhr). Das pH-Messgerät ist ein „Messgerät zur Anzeige des pH-Wertes einer Lösung“ (, 13.01.19, 11:18 Uhr). Wir haben einen PH-Sensor Vernier verwendet. Hierbei wird er pH-Wert nicht über Säure-Base-Induktoren, sondern auf elektrochemischem Wege bestimmt. Am häufigsten nutzt man hierzu das Potential einer Glaselektrode, welche auch als pH-Elektrode bezeichnet wird. „Eine Halbzellenreaktion an der Glasmembran bildet dort ein elektrisches Potenzial aus, welches in direkter Abhängigkeit zur H⁺-Ionen-Konzentration steht. Aus der Potenzialdifferenz zur Bezugselektrode entsteht eine Spannung, die weitgehend linear den pH-Wert abbildet. Als Bezugselektrode dient in den meisten Fällen eine Silber-Silberchlorid-Halbzelle, die mit der Glaselektrode zu einer sog. Einstab-Messkette zusammengebaut ist.“ (, 13.01.19, 11:18 Uhr)

Mikroskopie

Da für das menschliche Auge manches zu klein ist, um es genau zu erkennen, kann man die Mikroskopie nutzen, um kleine Strukturen und Details darzustellen (, 26.12.18, 17:13 Uhr). Dazu wurden Aluminiumstreifen in den Säften einwirken gelassen, um sich den Effekt der Säuren nach einem und nach sieben Tagen unter dem Mikroskop anzugucken. Die Auflichtmikroskopie wurde mittels eines Stereomikroskops (Zeiss STEMI 305 mit einer AxioCam MR 5-Kamera) und 40-facher Vergrößerung durchgeführt. Hierbei wird das Licht von oben kommend am Objekt reflektiert.

Optische Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppelten Plasmas (ICP-OES)

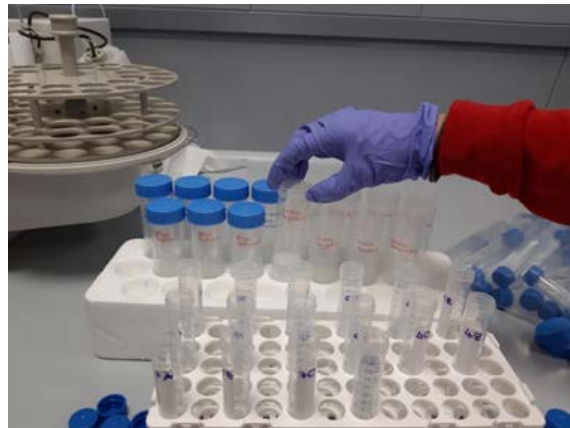
Aluminiumquadrate wurden ausgeschnitten, um sie in den Säuren einwirken zu lassen. Hierbei wurden sie einen Tag, vier und sieben Tage in den Säuren gelassen. Die Quadrate waren ca. 3 cm² groß. Anschließend wurden diese Quadrate wieder entnommen, und die Flüssigkeiten wurden von Herrn Becker, Mitarbeiter bei Analytik Jena, auf den Aluminiumgehalt untersucht. Dazu wurde die optische Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppelten Plasmas (ICP-OES) verwendet. Hierbei steht ICP-OES für „inductively coupled plasma optical emission spectrometry“, also „optische Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppelten Plasmas. Die Methode des induktiv gekoppelten Plasmas beruht auf der Verwendung eines sehr heißen (ca. 10.000 K) Argon-Plasmas zur Anregung der optischen Emission der zu analysierenden Elemente.“ (, 31.12.18, 9:42 Uhr)



Die wichtigsten Teile eines ICP-Spektrometers sind Hochfrequenzgenerator (27 MHz oder 40 MHz), Plasmafackel, Probenzerstäuber und das eigentliche Spektrometer [1].

Durch das Plasma werden die Atome des Aluminiums angeregt und dessen Elektronen auf eine höhere Elektronenschale geschoben. Nach kurzer Dauer kehren die Elektronen in ihren Grundzustand zurück. „Die dabei frei werdende Energiedifferenz wird in alle Raumrichtungen in Form von elektromagnetischer Strahlung“ abgegeben. Diese Strahlung wird vom Emissionsspektrometer gemessen [1].

Das Gerät, welches wir für unsere Untersuchungen genutzt haben, ist ein PlasmaQuant PQ9000 Elite.



Ergebnisse

pH-Wert-Messung

Bei dem Messen der PH-Werte der Früchte und Säuren sind wir auf folgende Ergebnisse gekommen:

	pH-Wert mit pH-Papier	pH-Wert it pH-Messgerät
Apfel	3	3,5
Äpfelsäure	3	2,3
Zitrone	4	2,1
Zitronensäure	2	1,5
Saure Gurke	5-6	4

Essigsäure	3	2,3
Rhabarber	4	3,5
Oxalsäure	1	1,6

An den Messergebnissen ist gut zu erkennen, dass reine Fruchtsäuren saurer sind als die Früchte. Leider stimmen die Werte des pH-Papiers nicht mit den Werten des pH-Messgeräts überein, was daran liegen könnte, dass Schwierigkeiten bei dem Kalibrieren des Messgeräts aufkamen.

Mikroskopie

Bei der Mikroskopie konnten kaum Veränderungen bei der maximalen 40fachen Vergrößerung erkannt werden. Vor allem bei der Oxalsäure war am besten zu erkennen, dass sich die Oberfläche verändert hat. Bei der Oxalsäure waren bereits mit bloßem Auge Veränderungen der Oberfläche zu erkennen.

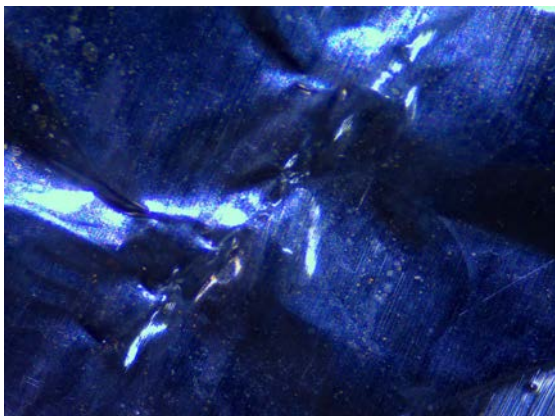


Abbildung 1 – Apfel (Frucht) 1 Tag

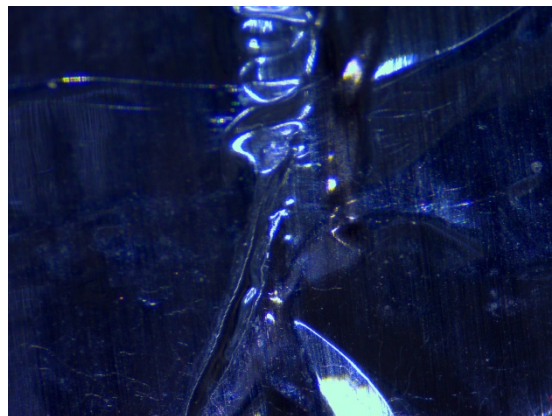


Abbildung 2 – Apfel (Frucht) 1 Woche



Abbildung 3 – Apfelsäure 1 Tag



Abbildung 4 – Apfelsäure 1 Woche

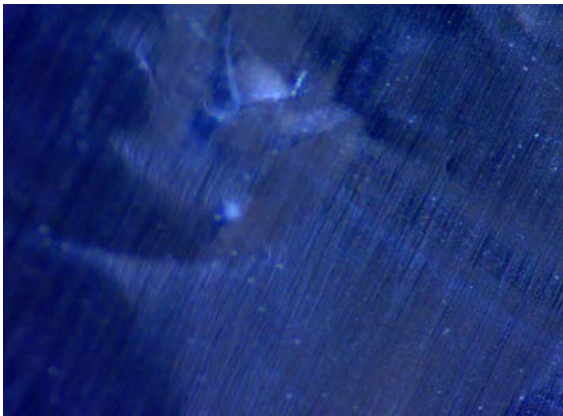


Abbildung 5 – Essigsäure 1 Tag

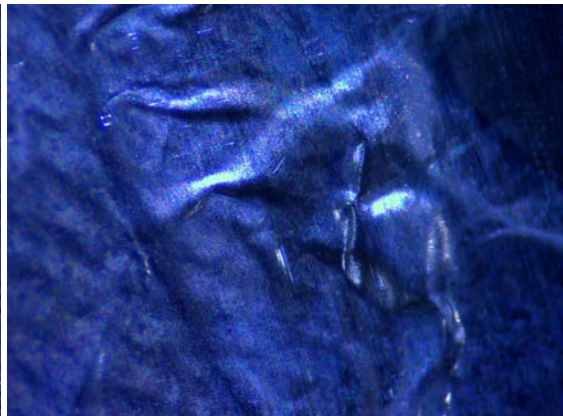


Abbildung 6 – Essigsäure 1 Woche

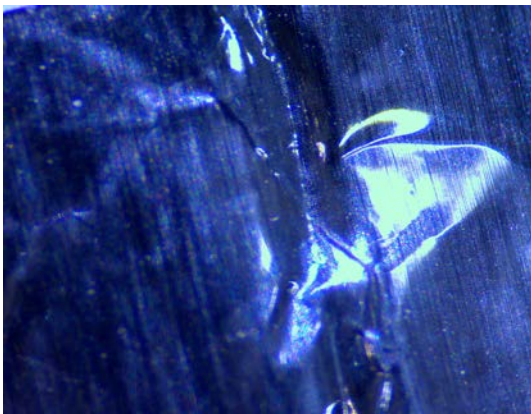


Abbildung 7 – Gurke (Frucht) 1 Tag



Abbildung 8 – Gurke (Frucht) 1 Woche

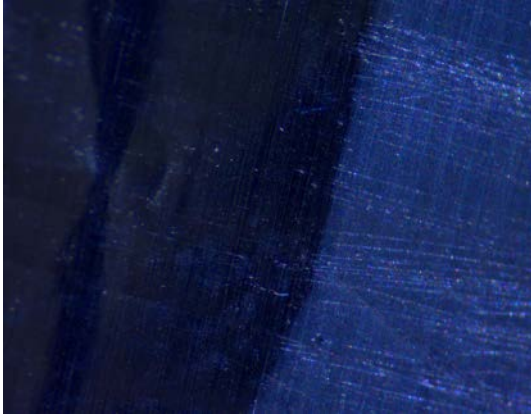


Abbildung 9 – Oxalsäure 1 Tag

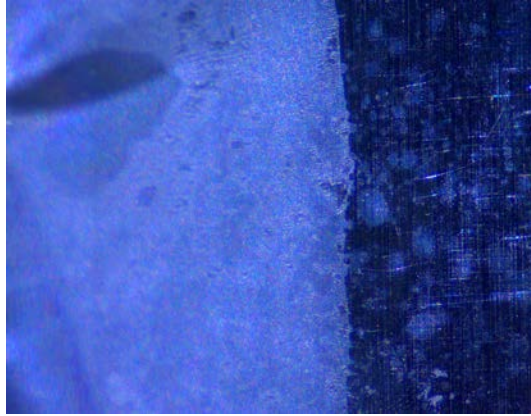


Abbildung 10 – Oxalsäure 1 Woche

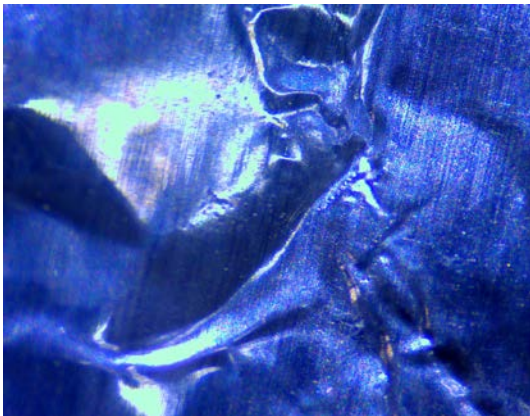


Abbildung 11 – Rhabarber (Frucht) 1 Tag



Abbildung 12 – Rhabarber (Frucht) 1 Woche



Abbildung 13 – Zitrone (Frucht) 1 Tag



Abbildung 14 – Zitrone (Frucht) 1 Woche

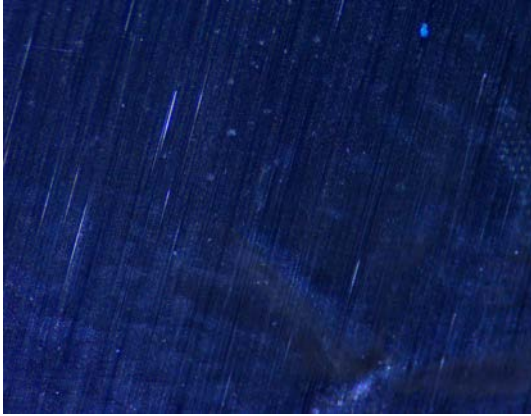


Abbildung 15 – Zitronensäure 1 Tag

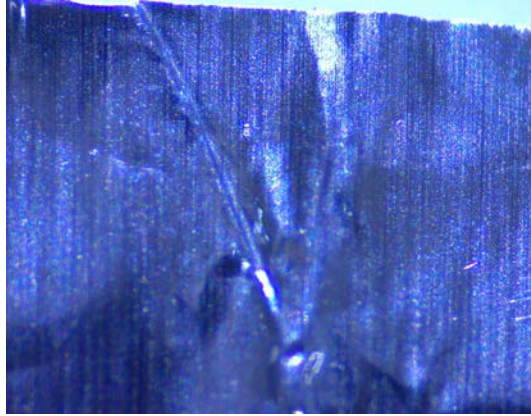


Abbildung 16 – Zitronensäure 1 Woche

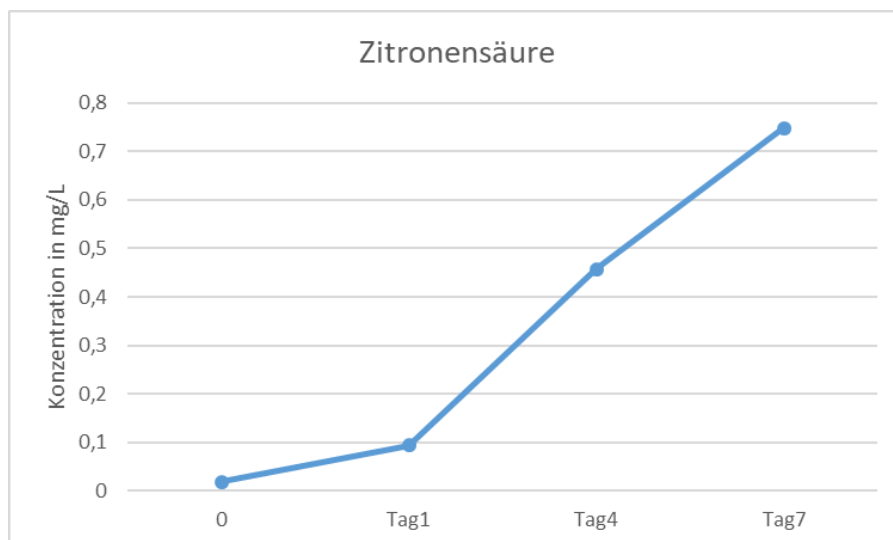
Optische Emissionsspektrometrie

Die optische Emissionsspektrometrie ergab folgende Ergebnisse:

Die Konzentration in Aluminium in den Proben steigt sehr stark an, vor allem bei der Oxalsäure.

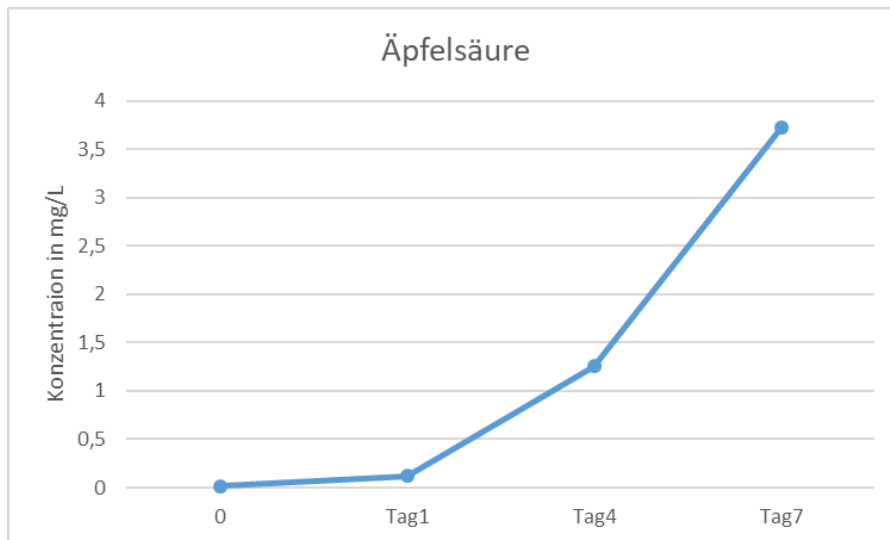
Zitrone – Zitronensäure

Die Konzentration des Aluminiums bei der Zitronensäure ist sehr gering. Die Aluminiumkonzentration nach sieben Tagen betrug 0,75 mg/L.



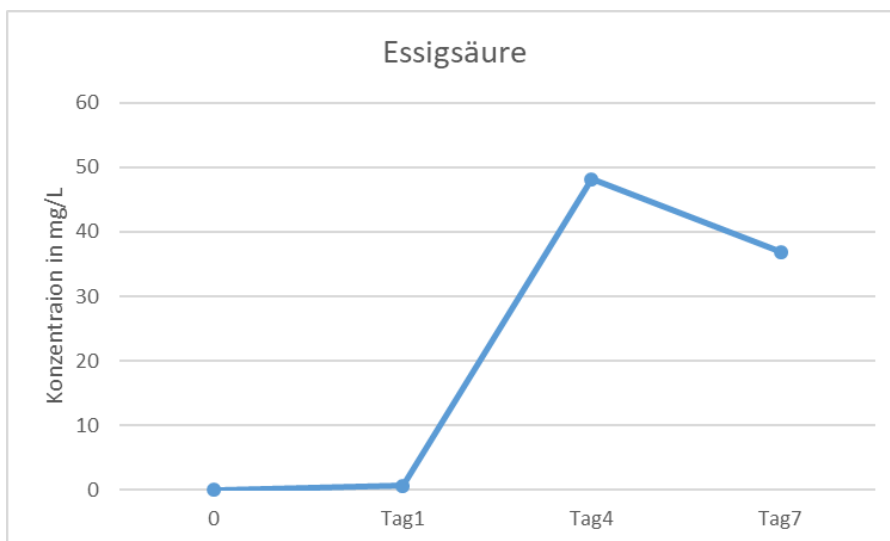
Apfel – Äpfelsäure

Bei der Äpfelsäure gibt es einen Anstieg in der Aluminiumkonzentration von 0 auf 3,7mg/L.



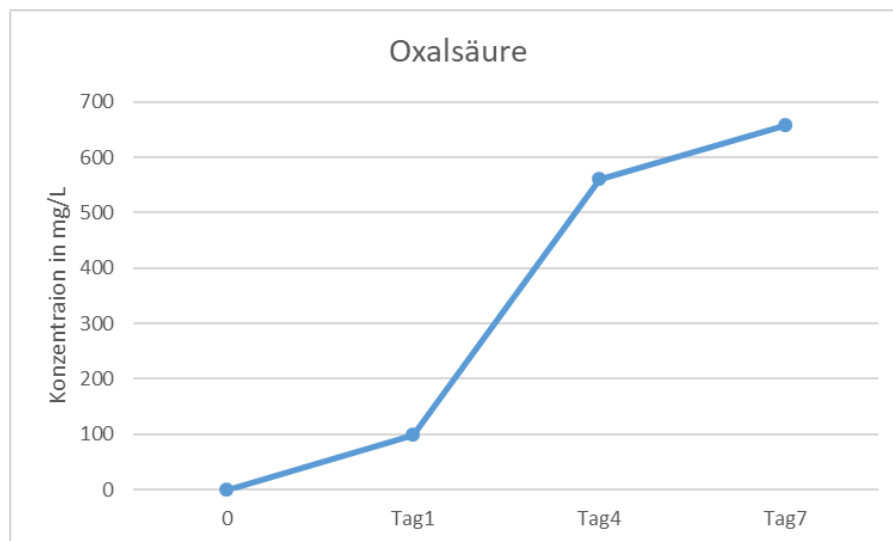
Gurke – Essigsäure

Die Konzentration des Aluminiums bei der Essigsäure nach sieben Tagen ist 10mal größer als bei der Äpfelsäure und beträgt ca. 40 mg/L.



Rhabarber- Oxalsäure

Bei der Oxalsäure sieht man nun aber, wie stark sehr saure Lösungen Aluminium aus der Aluminiumfolie herauslösen kann. Die Konzentration an Aluminium nach sieben Tagen stieg auf über 600 mg/L an.



Diskussion

Unsere Fragestellung am Anfang des Projektes war, ob man in Aluminiumfolie verpackte Lebensmittel, wie oftmals Brot ohne, der Verpackung bedingter, schädlichen Stoffe ohne Bedenken essen kann. Schon bald sind wir zu dem Entschluss gekommen, dass man Brot und andere Lebensmittel sehr wohl in Aluminiumfolie einpacken kann, wenn sie wenig Säure enthalten. Früchte und eingelegtes Gemüse sollte man hingegen vermeiden in Aluminiumfolie einzupacken, da die Stoffe sonst miteinander reagieren. An den Säuren Äpfelsäure, Zitronensäure, Oxalsäure und Essigsäure haben wir dies ausgetestet und dokumentiert. Wie unschwer an den Ergebnissen zu erkennen, sollte man frisches Obst und Gemüse nicht in Alufolie einwickeln, sondern stattdessen andere Gefäße zum Transport etc. verwenden. Die Säure in den Früchten reagierten sehr gut mit der Alufolie und viele Aluminiumionen konnten in die Säfte der Früchte gelangen. Einerseits „ätzen“ manche Säuren kleine Flächen der Aluminiumfolie weg, andererseits lassen sich Aluminiumionen in der Säure oder im Fruchtfleisch nachweisen. Rhabarber hat den Messungen zufolge die höchste Konzentration an Oxalsäure. Im Labor haben wir die Aluminiumkonzentrationen

messen lassen und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass z.B. nach vier Tagen sich in einem Liter Rhabarbersaft 560,8 mg Aluminium befinden.

Das heißt, solange die Produkte keine bis wenig Säure enthalten dürfen sie in Aluminiumfolie eingepackt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Analytik Jena, „Grundlagen, Instrumentation und Techniken der optischen Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)“