

# Nadelige spoorelemente in tee en kruietees: die geval van rooibostee versus ander kommersiële tees en kruietees

Sanja Potgieter-Vermaak, Herman Potgieter

---

S.S. Potgieter-Vermaak, Afdeling Chemie en Omgewingswetenskappe, Manchester Metropolitan Universiteit, Verenigde Koninkryk

J.H. Potgieter, Skool vir Chemiese en Metallurgiese Ingenieurswese, Universiteit van die Witwatersrand

---

## Opsomming

Tee is een van die mees algemene drankies in die daaglikse dieet van 'n groot aantal mense wêreldwyd en daar word letterlik miljoene koppies tee per dag gedrink. Dit is 'n welbekende bron van antioksidante, maar wat minder algemeen bekend is, is dat tee ook 'n bron van verskeie toksiese elemente is, soos byvoorbeeld fluoried en sekere metale. 'n Oormaat fluoried kan tot tand- en skeletfluorose (verbruining en degenerasie van tandemalje en beenverbrokkeling) lei. 'n Verdere bron van kommer is die oplosbare metale wat uitloeg wanneer tee trek. Een daarvan is aluminium, wat al verskeie kere geïmpliseer is as 'n moontlike oorsaak van demensieverwante siektes soos Alzheimer se siekte, alhoewel dit nog nie onomstootlik bewys is nie. Rooibostee word uitsluitlik in Suid-Afrika verbou en alhoewel rekordverkope in 2007 deur 'n afname gevolg is, het die uitvoer na Groot-Brittanje meer as verdubbel vir groen rooibostee ([www.daff.gov.za](http://www.daff.gov.za)). Die effek van trektyd en toevoegings soos melk, suiker, melk en suiker, of suurlemoensap op die voorkoms en vrystelling van sekere chemiese spesies uit rooibostee is nog nie volledig ondersoek nie. Hierdie artikel handel oor vergelykings wat getref kan word tussen 'n verskeidenheid teesoorte wat algemeen, maar veral in Groot-Brittanje, verbruik word (waar 87% van Britte swartteedrinkers is), ten opsigte van die hoeveelhede fluoried en aluminium wat onder verskillende toestande en oor verskillende tydintervalle daaruit vrygestel word. Die resultate toon dat die fluoried- en aluminiumloging in rooibostee twee ordegroottes laer is as in enige van die tipiese kommersiële swart- en groentees. Die gemiddelde fluoriedkonsentrasie in rooibostee was byvoorbeeld 0,057 mg/l na 5 minute in 100 ml kookwater in vergelyking met 5–11 mg/l in swarttees. Die aluminiumhoud van rooibostee is in die ordegrootte van dele per miljard (0,01 mg/l), terwyl dié van swarttees tipies in die dele per miljoen (11–17 mg/l) is. Dit blyk dus duidelik dat rooibostee inderdaad 'n heelwat gesonder drankie is as 'n verskeidenheid van swart- en groentees.

**Trefwoorde:** tee; rooibostee; fluoried; aluminium; ionselektiewe elektrode; melk-, suiker- en suurlemoensap-byvoegings

## Abstract

### Harmful trace elements in tea: Rooibos (Redbush) versus other commercially available black, green and herbal teas

It is claimed that tea is the second most popular drink on earth after water (Bliss 2003), and it is estimated that between 18 and 20 billion cups of tea are consumed daily throughout the world (Karak and Bhagat 2010). It is a widely consumed beverage in the United Kingdom, with 77% of the population drinking a daily average of 2, 3 mugs (540 ml). It is popular not only for its taste, but also for its health benefits. It is well known that tea is a source of antioxidants, and research has claimed that tea can help lower the risk of heart disease and certain cancers (Weisburger 1997; Chung et al. 2003). Some minerals also occur in tea, in addition to various trace elements (Fernández et al. 2002). These trace elements can have both beneficial and adverse effects on human health. For example, aluminium (which can accumulate in the body due to the intake of tea infusions) is associated with Alzheimer's disease and dialysis encephalopathy (Koch et al. 1988; McLachlan 1995; Exley and Korchazhkina 2001), and therefore a high content of aluminium in tea may be a matter of concern (Flaten 2002). At present the maximum permissible level of aluminium in drinking water (as established by the World Health Organisation (WHO) (2003)) is 0,2 mg/l.

Tea is also a significant source of fluoride. In moderation, fluoride can be beneficial. It inhibits the demineralisation of the crystal surfaces (tooth enamel) of the teeth and enhances the remineralisation of the crystal surfaces, which then makes them more resistant to acid attack; and it inhibits bacterial enzymes (Featherstone 1999). It is present in most toothpastes and is added to drinking water where it does not occur naturally. Ingesting too much fluoride causes dental fluorosis, which involves an increase in the porosity of the enamel of the teeth and discolouration of the teeth (Cao et al. 1995). It may also cause skeletal fluorosis, a chronic metabolic bone and joint disease. According to Yi and Cao (2008) several cases have been reported in Jordan, parts of China, Tibet and Pakistan where fluorosis occurs among children with high tea intakes. Fluoride is a cumulative toxin. According to the Institute of Medicine (IOM 1997) an adequate intake of fluoride for adult males is 4 mg/day, for females 3 mg/day and for children 1–2 mg/day. The IOM recommends a safe tolerable upper intake level of 10 mg of fluoride per day for adults. Previous studies have shown that the amount of fluoride consumed from one cup of tea ranges from 1,55 mg/l to 3,21 mg/l, which results in a daily intake of 0,3 to 1,9 mg per person (Gulati et al. 1992).

Tea plants have been found to accumulate large quantities of both aluminium and fluoride (Karak and Bhagat 2010; Yi and Cao 2008; Mehra and Baker 2007). Free  $\text{Al}^{3+}$  and  $\text{F}^-$  in acidic soil are absorbed by tea plants and transformed into aluminofluoride complexes ( $\text{AlF}_x$ ) in the leaves, and concentrations increase with increasing age of the plant (Yi and Cao 2008). The aluminium and fluoride contents of the different teas depend not only on the type of tea and processing thereof, but also on the growth area, soil type (Jalbani et al. 2007), geographical origin (Shu et al. 2003), pH value of the soil (acidic soil conditions favour growth) (Konishi et al. 1985), the part of the leaves used and their age (Matsumoto et al. 1976), and the additions made after the infusion of the tea (e.g. sugar, milk, lemon juice and combinations thereof) (Street et al. 2007; Cao et al. 2004). Various papers have reported investigations of aluminium and fluoride in brewed teas (Shu et al. 2003; Sofuoglu and Kavcar 2008). In these studies, various types of teas were investigated: black teas, green teas, herbal teas and instant or ready-to-drink teas. Different variables were also considered, e.g. different brewing times, water types, types of tea, whether the tea was caffeinated or

decaffeinated, and also the brewing method (conventional boiling versus microwave brewing).

A number of research reports to date indicate that granular teas release more aluminium and fluoride than leaf and stick (often herbal) teas, and that age plays a role, with older leaf teas leaching more aluminium and fluoride during infusion. Decaffeinated teas also produced more aluminium and fluoride in solution than caffeinated ones. Only one report could be found indicating that simultaneous milk and sugar additions do not seem to affect the amount of fluoride released by the tea, and this involved only different black teas (Cao et al. 2004). Furthermore, only one paper could be found describing the effect of sugar and lemon juice additions on the aluminium content (Street et al. 2007).

In this investigation, the effect of brewing time on aluminium and fluoride release from South African redbush (rooibos) herbal tea was determined and compared with a few typical UK tea brands. It was found that both the fluoride and aluminium concentrations in the black, green and herbal tea brews (including redbush tea) increased significantly with time and seemed to reach a relative constant value after 5 minutes. Also, the fluoride and aluminium concentrations in black and green teas were two orders of magnitude higher than those observed in redbush tea. Since previous workers used a standard cup volume (200–250 ml) in their investigations, this study also considered the effect of the leaching volume of water on the amount of fluoride released into solution. It was found that the volume did not influence the amount of fluoride leached. In British culture tea is not generally drunk black, with the norm being to add milk and/or sugar, or occasionally lemon juice instead of milk. Therefore, this investigation also considered the effect of separate additions of milk, sugar and lemon juice to the tea, as well as combinations of milk and sugar. These additions did not make a significant difference in the amounts and concentrations of fluoride and aluminium measured. It has, therefore, been established that redbush tea, even if consumed in large quantities, does not pose a risk in terms of potential fluorosis or aluminium toxicity.

**Keywords:** tea, redbush tea, rooibos tea, fluoride, aluminium, ion-selective electrodes, extraction, milk, sugar

## 1. Inleiding<sup>1</sup>

Volgens Bliss (2003) is tee, naas water, die mees gewilde drankie op aarde en Karak en Bhagat (2010) beweer dat daar daagliks tussen 18 en 20 miljard koppies tee wêreldwyd gedrink word. Tee is in verskeie lande 'n nasionale drankie – byvoorbeeld, in die VK drink 77% van die bevolking gemiddeld 2,3 bekere (540 ml) tee elke dag. Die woord “tee” word as 'n versamelwoord gebruik vir gedroogde blare, bas, blomme of vrugte wat (normaalweg nadat dit gedroog is) gebruik word om in warm of gekookte water te trek, en hierdie drankies word dan gewoonlik warm gedrink. Tradisionele tee, of swarttee, is afkomstig van die teeplant *Camellia sinensis* en het tipies 'n “fermentasieproses” ondergaan. Tee kan ook ongefermenteer gebruik word en word dan as groentee bemark. Groentee word vry algemeen aanvaar as die “gesondste” opsie van die twee. Tee wat van ander plante as die teeplant afkomstig is, word kruie- of vrugtete genoem. Die algemene beskouing is ook dat tee gesonder is as koffie, en dat dit verskeie gesondheidsvoordele inhou. Tee is 'n goeie bron van antioksidante en navorsing toon dat dit die risiko vir hartvaatsiektes en kanker verlaag (Weisburger 1997; Chung e.a. 2003). Tee kan ook ryk aan minerale wees en 'n beduidende bydrae tot die spoorelementprofiel lewer (Fernández e.a. 2002).

Alhoewel die spoorelemente voordelig vir menslike gesondheid kan wees, kan 'n oormaat van sommige van die elemente ook nadelig wees. Die meeste plante neem minerale en toksiene deur hul wortelstelsels op, en beduidende hoeveelhede hiervan kan dus in die blare opgaan – soos wat wel in die geval van aluminium en fluoried gebeur (Karak en Bhagat 2010; Yi en Cao 2008; Mehra en Baker 2007).  $Al^{3+}$  en  $F^{-}$  wat vry in suur grond voorkom, word maklik deur die plant geabsorbeer en na aluminofluoriedkomplekse (AlFx) in die teeblare omgeskakel (Wong e.a. 2003). Daarbenewens neem die aluminium- en fluoriedkonsentrasies beide toe met veroudering van die blare (Shu e.a. 2003; Matsumoto e.a. 1976).

Die akkumulering van aluminium in teeblare is veral sorgwekkend vir menslike gesondheid, aangesien aluminium al dikwels in verband gebring is met Alzheimer se siekte en dialise- enkefalopatie (Koch e.a. 1988; McLachlan 1995; Exley en Korchazhkina 2001; Flaten 2002). Volgens die Wêreldgesondheidsorganisasie (WHO 2003) se maatstawwe is die maksimum toelaatbare grenswaarde vir die aluminiumkonsentrasie in drinkwater 0,2 mg/l.

Een van die spoorelemente wat ook in die meeste teedrankies teenwoordig is, is fluoried. Fluoried is een van die noodsaaklike elemente wat die mens in matige hoeveelhede benodig. Dit verhoed tandbederf deur die harde tandweefsel te hermineraliseer en só die tande teen suuraanvalle te beskerm (Featherstone 1999). Daarbenewens inhibeer dit sekere van die bakteriële ensieme wat tande aanval. Dit is dan juis om hierdie spesifieke redes dat tandepastas meestal fluoried bevat (tipies 0,14% fluoried) en water gefluorideer word (tipies 0,5-1,0 mg/l) waar dit nie 'n natuurlike fluoriedinhoud het nie. Net soos wat 'n minimum fluoriedinname noodsaaklik is vir gesonde tandemalje en goeie beendigheid, net so kan 'n oormaat tot tand- en/of skeletfluorose lei (Koblar e.a. 2012). Tandfluorose lei tot poreusheid en verkleuring van die tandemalje (Cao e.a. 1995), terwyl skeletfluorose 'n metaboliese been- en gewrigsiekte is wat onder andere tot bros bene kan lei (Joshi e.a. 2011). Yi en Cao (2008) rapporteer dan ook dat daar verskeie gevalle van fluorose voorgekom het onder kinders in Jordanië, gedeeltes van China, Tibet en Pakistan wat baie tee drink. Fluoried word as 'n kumulatiewe gifstof beskou. Volgens die Instituut vir Medisyne (Institute of Medicine – IOM 1997) word voldoende fluoriedinname (“adequate intake/recommended daily intake”) op 4, 3 en 1 mg per dag gestel vir mans, vroue en kinders onderskeidelik. Die IOM stel wel 'n verdraagbare grenswaarde (“tolerable upper intake level”) voor wat nie oorskry behoort te word nie, en hierdie bogrens van veilige inname is 10 mg fluoried per dag vir volwassenes. Die Wêreldgesondheidsorganisasie (WHO 2004) en die Europese Unie se Wetenskaplike Komitee vir Voedsel (European Union Scientific Committee on Food – EUSCF 2013) beveel 'n daaglikse inname van 1,5 mg/l in drinkwater aan, maar hierby word geen ander fluoriedinname ingereken nie. Gulati e.a. (1992) het bepaal dat die fluoriedinname per koppie tee varieer van 1,55 tot 3,21 mg/l, wat 'n daaglikse inname van tussen 0,33 en 0,64 mg fluoried beteken (met die veronderstelling dat 'n koppie gelykstaande is aan 200 ml). Dit is duidelik dat die totale fluoriedinname in gedagte gehou moet word wanneer daar besluite oor fluoridering gemaak word.

Daar is heelwat artikels in die literatuur waarin aluminium- en fluoriedkonsentrasies in teeblare en teedrankies ondersoek is. Die meeste van die artikels het swart- en groentees ondersoek, alhoewel daar ook enkele artikels gevind kan word waar kruie- en vrugtees ontleed is. Die artikels fokus meestal op die totale elementkonsentrasie in plantmateriaal, die wateroplosbare-element-konsentrasie, die invloed van die vastestof-vloeistof-verhouding, tyd, watertipe, bereidingsmetode, en teesoorte en handelsmerke.

Die aluminium- en fluoriedinhoud van tee hang van verskeie faktore af, soos die teesoort en die verwerking daarvan, die grondtipe (Jalbani e.a. 2007), die geografiese oorsprong (Shu e.a. 2003), die pH-gehalte van die grond (die teeplant floreer onder suur toestande) (Konishi e.a. 1985), vanaf watter gedeelte van die plant die blare gepluk is, en die ouderdom van die blare (Jalbani e.a. 2007; Matsumoto e.a. 1976). Daarbenewens hang die beskikbare wateroplosbare fluoried- en aluminiumkonsentrasies ook af van sekere byvoegings, soos suiker, melk en suurlemoensap. Die logging van aluminium word byvoorbeeld bevorder in die teenwoordigheid van sitroensuur (Street e.a. 2007). Malinowska e.a. (2008) het aangetoon dat daar 'n groter fluoriedkonsentrasie in wateraftreksels van ouer teeblare as dié van jong blare is. Die waarneming is bevestig deur Fung e.a. (1999), wat teesoorte in "baksteenvorm" ondersoek het ("baksteentee" is tradisioneel 'n saamgeperste blok van groen of swart gefermenteerde tee) (Jiang e.a. 2011).

Warm teedrankies word op verskeie maniere wêreldwyd voorberei en word tradisioneel meestal in 'n teepot gemaak. Kookwater word op die tee (hetsy in 'n sakkie of as los teeblare) gegooi en dit word dan toegelaat om 'n aantal minute te trek, tipies tussen 3 en 5 minute. Water-tot-tee-verhoudings wissel na gelang van die sterkte van die tee wat verlang word. Flaten (2002) en Street e.a. (2007) het bevind dat met 5-minute-trektye die aluminiumkonsentrasies oor die algemeen tussen 1 en 6 mg/l was. Die hoeveelhede was ongeveer 11% van die totale aluminiuminhoud van verskeie swart- en groentees (Street e.a. 2007). Daar is ook bevind dat die konsentrasie van aluminium in die teewater oor 'n tydperk van 24 uur toegeneem het. Oor die algemeen is bevind dat die aluminiumkonsentrasies in teedrankies 10 tot 100 maal meer is as wat die Wêreldgesondheidsorganisasie as 'n veilige grenswaarde vir drinkwater daargestel het. Verskeie groepe (Street e.a. 2007; Mehra en Baker 2007; Karak en Bhagat 2010) het egter aangetoon dat die aluminiumkonsentrasie wat in die spysverteringstelsel biobeskikbaar is, laag is en slegs 0,1% van die totale daaglikse dieet uitmaak. Dit kan toegeskryf word aan die feit dat opgeloste aluminium verskeie komplekseringsreaksies kan ondergaan met byvoorbeeld fenole of alternatiewelik as 'n polimeriese aluminiumspesie in die oplossing kan voorkom, byvoorbeeld as  $\text{AlO}_4\text{Al}_{12}(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}^{7+}$  (Street e.a. 2007). Alhoewel dit nie op 'n hoë toksiese risiko vir die mens dui nie, en Sofuoglu en Kavcar (2008) tot die gevolgtrekking gekom het dat dit nie 'n betekenisvolle risiko van aluminiumtoksisiteit inhou nie, waarsku Karak en Bhagat (2010) dat oormatige teedrinkery tog tot kommerwekkende hoeveelhede aluminium in die liggaam kan lei. Die oorsigartikel van Karak en Bhagat (2010) en die artikels van Street e.a. (2007), Mehra en Baker (2007) en Jalbani e.a. (2007) gee 'n goeie weergawe en oorsig oor die hoeveelheid aluminium wat in verskeie swart-, groen- en kruietees gevind word.

Die totale fluoriedkonsentrasie in die blare van die teeplant varieer van 8 tot 1 530 mg/kg, afhangende van die tipe tee (Weinstein en Davison 2004) en tussen 15 en 2 965 mg/kg, afhangende van die geografiese gebied waarin dit voorkom (Shu e.a. 2003). Hierdie waardes is effe laer (2,1 tot 1 175 mg/kg) indien die ontleding op verwerkte teeblare uitgevoer word (Yi en Cao 2008). Quock e.a. (2012) het die fluoriedkonsentrasies van 43 teesoorte (beide met en sonder kafeïen) wat in gedeïoniseerde kookwater getrek is, gemeet. Die skrywers het trektye van 5 tot 120 minute ondersoek. Hulle het bevind dat aftreksels van die kafeïenvrye tees hoër fluoriedkonsentrasies gehad het as dié wat kafeïen bevat het (4,38 mg/l en 2,08 mg/l onderskeidelik). Daarbenewens was dit (behalwe een kitstee) slegs die kruietees wat nié die optimale fluoriedkonsentrasie vir die voorkoming van tandbederf oorskry het nie. Malinowska e.a. (2008) het 'n studie uitgevoer op 61 verskillende teetipes (20 swart-, 17 groen-, 17 kruie- en 7 kitstees) deur dit met gewone kraanwater te maak en dan te ontleed. Die trektye was 5, 10 en 30 minute onderskeidelik vir elke toets, en blaartee, teesakkies en korreltee is ondersoek. Die swart korreltee het die hoogste

fluoriedkonsentrasie getoon (4,54–6,87 mg/l) en die laagste waardes is vir die swart blaartees aangeteken (0,32–0,81 mg/l). Oor die algemeen het Malinowska se groep hoër fluoriedkonsentrasies in die teesakkie- en korreltee-aftreksels gevind. Pehrsson e.a. (2010) het die invloed van watergehalte op die resultate beperk deur een saamgestelde watermonster te maak en te vries. Hulle het net twee teesoorte ondersoek, te wete kafeïenbevattende en kafeïenvrye tee, en slegs een trektyd van 4 minute. Pehrsson en medewerkers (2010) het ook twee verskillende voorbereidingsmetodes ondersoek, naamlik kookwater uit 'n ketel en 'n mikrogolfmetode. Hulle het bevind dat die fluoriedkonsentrasies met die mikrogolfmetode laer was as met die tradisionele metode. Daarteenoor het Sofuoglu en Kavcar (2008) ultrasuiwer water vir teeaftreksels gebruik en bevind dat die fluoriedkonsentrasie in alle monsters die standaardwaarde met 2% oorskry het ('n Turkse standaard vir fluoriedgrenswaarde). Hulle het aangetoon dat die gemiddelde konsentrasies fluoried in los en saamgeperste tee min of meer dieselfde is, naamlik 0,672 en 0,666 mg/l onderskeidelik, maar dat teesakkies 'n hoër gemiddelde konsentrasie van 0,765 mg/l getoon het. Koblar e.a. (2012) het aftreksels van 24 verskillende tees (swart-, groen- en kruietees) wat met dubbelgedistilleerde water voorberei is, ontleed. Hulle het tot die gevolgtrekking gekom dat die fluoried wat gelooë is in verhouding tot die totale fluoried, uitgedruk as 'n persentasie, nie beduidend verskillend vir swart-, olong- en groentees was nie (67–90%, 60–68% en 55–84% onderskeidelik). Cao e.a. (2004) het swarttees van 13 verskillende handelsmerke afkomstig uit Indië, Sri Lanka, China en Japan, ses handelsmerke van die VK, en drie gebottelde swarttees ondersoek. Vir hierdie teeaftreksels is daar ook van gedeïoniseerde water gebruik gemaak en die temperatuur en trektyd is konstant gehou.

Alhoewel tee in Asiatiese lande en Europa dikwels swart geniet word, word tee volgens die Engelse tradisie meestal met melk gedrink. Byvoegings soos suiker of suurlemoen sap is ook algemeen en hang baie van persoonlike smaak af. Die invloed wat sodanige byvoegings op spoorelemente se konsentrasies het, is nog nie wyd ondersoek nie. Cao e.a. (2004) het wel die invloed van melk en suiker op die fluoriedkonsentrasie in bereide swarttees ondersoek. Hulle het egter bevind dat die byvoegings geen noemenswaardige invloed op die konsentrasie van fluoried gehad het nie. Waardes wat wissel van  $96,9 \pm 7,6$  tot  $139 \pm 11,3$  mg/l F<sup>-</sup> is gevind vir die swarttees sonder enige byvoegings, en  $96,8 \pm 7,5$  tot  $139 \pm 9,8$  mg/l vir swarttees met byvoegings. Street e.a. (2007) bevestig hierdie bevinding ook vir die aluminiumkonsentrasie in swart- en groentees vir suikerbyvoegings, maar toon aan dat die byvoeging van suurlemoen sap die aluminium-spesiëring kan beïnvloed en dus die vorm waarin dit voorkom.

Ter opsomming kan daar gesê word dat verskeie navorsers bevind het dat korreltee meer aluminium en fluoried as blaar- en stokkiestees in water loog. Daarbenewens styg die loogkonsentrasies met toename in die ouderdom van die blare en toon kafeïenvrye tees hoër konsentrasies as kafeïenbevattende tees. Daar is ook oor die algemeen gevind dat swarttees die hoogste konsentrasies fluoried en aluminium loog, gevolg deur groentees en kruietees. Slegs een artikel kon gevind word waar die invloed van byvoegings soos melk en suurlemoen sap op fluoriedkonsentrasies ondersoek is (Cao e.a. 2004). Cao en sy medewerkers (2004) het egter slegs na swarttees gekyk. Street e.a. (2007) se artikel is ook die enigste een wat gevind is waar byvoegings (suiker en suurlemoen sap) se invloed op die aluminiumkonsentrasie ondersoek is.

Vorige en huidige navorsing in Suid-Afrika – veral dié deur Joubert en medewerkers (sien Joubert e.a. 2008 en die verwysings daarin) – fokus hoofsaaklik op die unieke organiese komponente in rooibos, met spesifieke verwysing na die gesondheids- en medisinale eienskappe. Hierdie uitstekende oorsigartikel beskryf verder ook die geskiedenis,

verspreiding en chemiese samestelling van nie alleen rooibostee nie, maar ook heuningbostee en bostee. Aanwendings van hierdie kruieetes in voedsel- en kosmetiese produkte word vermeld, asook die bioaktiwiteit daarvan. In 'n onlangse artikel van Olivier e.a. (2012) word 'n redelik volledige vergelyking getref van die mineraalinhoud en samestelling van die blare en teeaftreksels van 'n aantal tradisionele swart-, groen- en kruieetes, insluitend rooibos-, heuningbos- en bostee. Verdere ondersoek wat die aluminiuminhoud van rooibostee vermeld, sluit in dié van Mokgalaka e.a. (2004) en Malik e.a. (2008). Daar is egter slegs een maklik bekombare publikasie waarin die fluoriedkonsentrasie van rooibostee vermeld word, en dit is dié van Olivier en medewerkers (2012). Daar word tans ook verdere werk oor die biologiese komponente van rooibostee deur verskeie navorsingsgroepe gedoen, byvoorbeeld dié van Joubert en De Beer (2011) en verwysings daarin.

Die onderhawige artikel brei die reeds beduidende volume werk op rooibostee verder uit deur 'n addisionele bevestiging van die lae fluoriedioonkonsentrasies na loging van rooibostee (soos onlangs deur Olivier e.a. 2012 gepubliseer) en beskryf ook die logingskinetika van fluoried en aluminium vir rooibostee, wat belangrike implikasies vir die voorbereiding daarvan het. Die invloed wat verskeie faktore op die loging van aluminium en fluoried uit rooibostee en 'n paar tipiese swart- en groentees het, is ook ondersoek en vergelyk. Die faktore wat ondersoek is, is trektyd, melk-, suiker- en suurlermoensapbyvoegings, en die volume water. Die uiteindelige doelwit was om 'n kwantitatiewe basis van vergelyking onder soortgelyke omstandighede daar te stel vir rooibostee en verskeie ander tradisionele swart-, groen- en kruieetes wat vrylik in die handel in Groot-Brittanje beskikbaar is, en in beduidende hoeveelhede verbruik word.

## 2. Eksperimentele ondersoek

### 2.1 Chemikalieë en monsters

Al die chemikalieë wat vir die bereiding van standaard en buffers en pH-aanpassings gebruik is, was van analitiese suiwerheidsgraad en afkomstig van Alfa Aesar of Fischer Scientific (Engeland). As deel van hierdie ondersoek is daar gekyk na verskeie gefermenteerde swartees wat by een van die groot supermarkte aangekoop is (in Manchester, Engeland), naamlik Yorkshire, PG Tips, Tetleys en Twinings. 'n Ongefermenteerde tee van Twinings, sowel as 'n gegeurde gefermenteerde tee (Earl Grey Sainsbury's) is ook ontleed. Die vrugte- of kruieetes in hierdie ondersoek was Camomile (kamilletee) (Twinings), Peppermint (pepermenttee) (Twinings) en 'n kommersiële gefermenteerde rooibostee (Freshpak).

### 2.2 Metodiek

Die fluoriedmetings is hoofsaaklik met behulp van 'n ionselektiewe elektrode (Thermo Scientific 9609 BNWP gekoppel aan 'n millivoltmeter – Denver-model 225) gedoen. Alle metings is in die teenwoordigheid van 'n totale-ioonsterkte-verstellingsbuffer (algemeen bekend as "TISAB/total ionic strength adjustment buffer") gedoen, wat berei is deur 57 ml ysasynsuur by 58 g NaCl te voeg, dit na afkoeling tot 'n pH tussen 5 en 5,5 aan te pas, en dan tot 1 l op te maak. Monsters of standaard vir metings is voorberei deur 25 ml by 'n gelyke volume TISAB te voeg, vir 30 sekondes met 'n magnetiese roerder te roer, en dan die roertempo te verlaag, waarna 'n lesing na 60 sekondes geneem is. Kalibrasies is daagliks gedoen met standaard wat uit 'n 1 000 mg/l voorraadoplossing opgemaak is. 'n Reeks

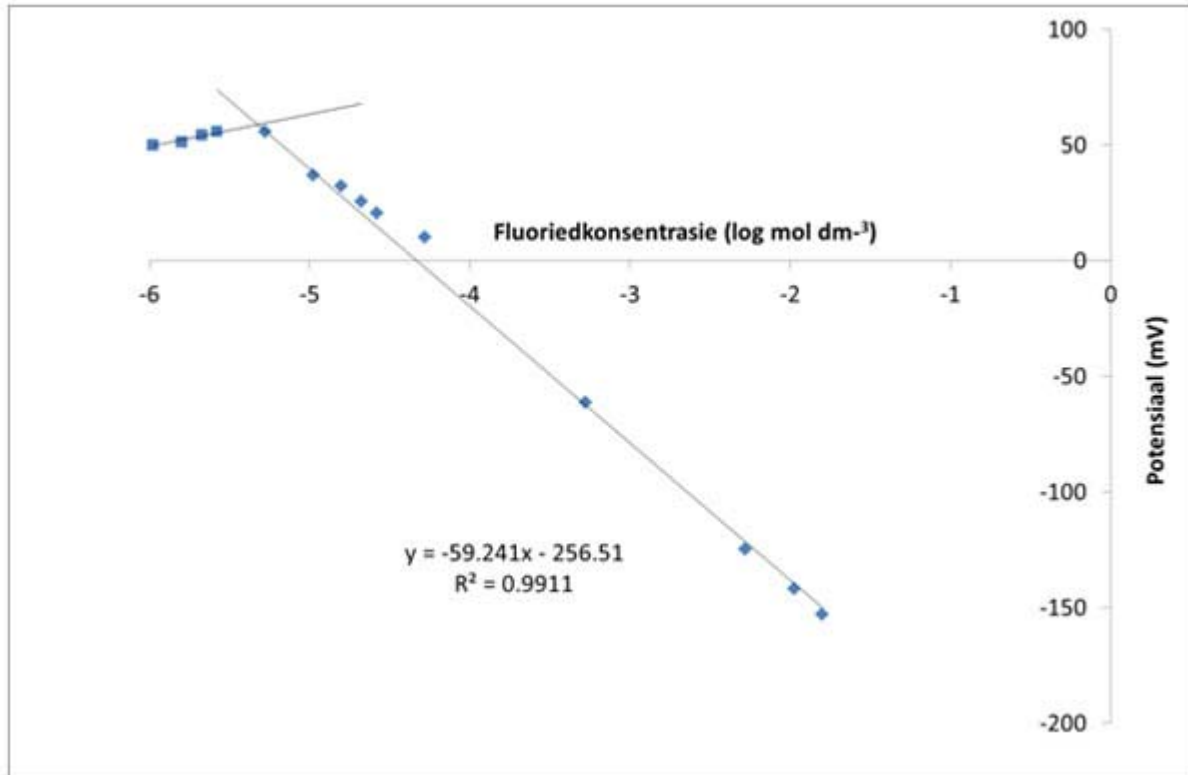
standaarde (0,02–300 mg/l) is eerstens gebruik om die instrument se waarneemgrens (“detection limit”) te bepaal. Hierdie resultate word in figuur 1 aangetoon. Op hierdie wyse is bepaal dat die waarneemgrens  $50 \mu\text{g l}^{-1}$  was, en korrelasiekoëffisiënte van 0,991–0,998 en hellings van -59,2 tot -61,9 mV is tydens die studie verkry.

Aluminiummetings is met behulp van elektrotermiese atoomabsorpsiespektrometrie gedoen (Varian GF-AAS AA240Z). Standaardprosedure is gevolg, en die instrumentkalibrasie is vir die bepaling van die konsentrasies gebruik.

Daar is te alle tye van ’n analitiese balans gebruik gemaak (Sartorius, Duitsland) en sorg is gedra dat alle glasware deeglik skoon was (’n rigiede program van salpetersuurbaddens, seep, water en gedeïoniseerde water is vir die proses gebruik). Al die fluoriedoplossings is in plastiekhouders gestoor, teen ’n maksimum temperatuur van  $4^{\circ}\text{C}$ . Al die aluminiummonsters is met spektraalgraad-salpetersuur aangesuur om te verseker dat die metaal in oplossing bly.

Om die tee te maak, is daar soos volg te werk gegaan: teesakkies is na willekeur uit die teehouer gehaal, soos wat dit normaalweg tuis gedoen sou word, en geweeg. Die teesakkies is dan in skoon, droë 500 ml-glasbekers gesit. ’n Gewone huishoudelike ketel is gebruik (Philips, Nederland) om die water in te kook. Die ketel is met asynsuur uitgewas om enige ketelsteen te verwyder en daarna drie keer met gedeïoniseerde water gekook om alle spore van asynsuur te verwyder. Die ketel is elke keer met vars gedeïoniseerde water volgemaak en toegelaat om te kook en self af te skakel. Die pasgekookte water is dan met behulp van ’n maatsilinder afgemete en regstreeks op die teesakkies gegooi. Die tee is onverstoord gelaat om vir 1, 5 en 10 minute onderskeidelik te trek, waarna die teesakkie met behulp van ’n teepers/teetang aan sy punt uit die oplossing verwyder is en die vloeistof daaruit gepers is. Nadat die tee kamertemperatuur bereik het, is dit ontleed. Alhoewel die vervaardigers tipies aanbeveel dat tee tussen 3 en 4 minute trek, weet ons uit ondervinding dat baie mense die sakkie nie veel langer as 1 minuut laat trek nie – vandaar die gekose tye. Behalwe die trektyd van die tee, is die vloeistof-vastestof-verhouding ook ondersoek deur die volumes water te wissel – 100 ml, 200 ml en 300 ml water is gebruik. Daarbenewens is die invloed van byvoegings soos melk, suiker en suurlemoensap ook ondersoek. Tussen 10 en 25 ml afgeroomde melk (van Tomlinson’s Dairies), tussen 4 en 5 g suiker (ongeveer 1 teelepel, akkuraat afgeweeg) en 1 ml suurlemoensap (Aldi Stores, Engeland) is om die beurt bygevoeg. In hierdie geval is die byvoegings by 300 ml-aftreksels getoets, aangesien dit die tipiese volume van die bekers is wat algemeen in Groot-Brittanje gebruik word. Die suiker, melk en suurlemoensap is in die bekers geplaas voordat die teesakkie en kookwater bygevoeg is, aangesien dit algemene praktyk in die land is.





**Figuur 1. Kalibrasiekromme vir die fluoriedbepaling met behulp van ionselektiewe-elektrode- (ISE-) ontleding.**

### 3. Resultate en bespreking

Die ondersoek is deurgaans met gedeïoniseerde water (18 MΩ) uitgevoer, dus is al die waardes aan 'n blanko korreksie onderwerp. Aangesien die fluoriedkonsentrasie in gedeïoniseerde water heel laag is, en dus naby die waarneemgrens van die ionselektiewe elektrode is, is verskeie lesings van pasgekookte gedeïoniseerde water oor 'n tydperk van 'n dag geneem om die variasie te bepaal. Die waardes word in tabel 1 aangetoon, met die persentasie relatiewe standaardafwyking. Dit is duidelik dat die presisie van die gemete waardes hoog is.

**Tabel 1. Millivoltlesings, fluoriedkonsentrasie en persentasie relatiewe standaardafwyking van afgekoelde gekookte gedeïoniseerde water**

Millivoltlesings													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Gemiddeld	% Relatiewe standaardafwyking (% RSD)	[F] mg l <sup>-1</sup>
58,7	58,8	61,6	63,6	63,3	54,1	58,4	58,7	59,1	59,1	59,8	59,3	4,5	0,08

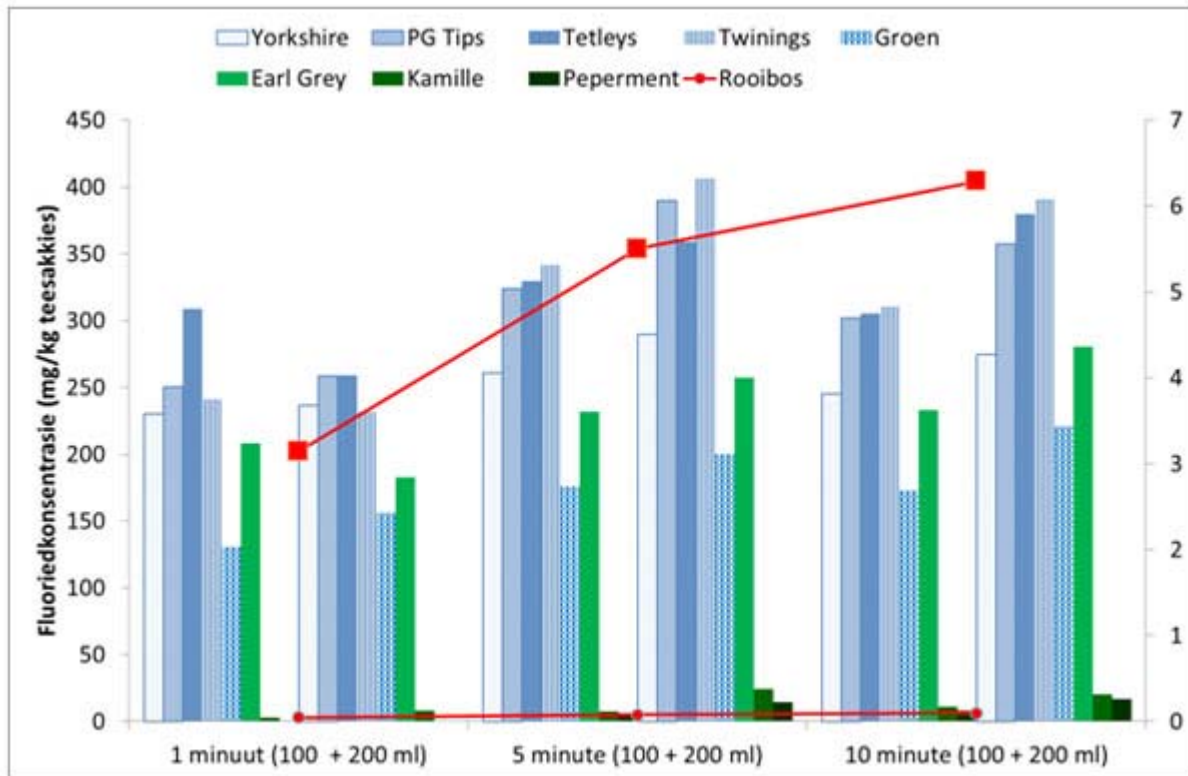
Alle waardes is aan die hand van die blanko lesing op daardie spesifieke dag aangepas.

Die eerste aspek wat ondersoek is, is die invloed wat trektyd op die fluoriedkonsentrasie het. Die teesoorte wat ondersoek is, was 'n aantal swarttees (Yorkshire, PG Tips, Tetleys, Twinings, Twinings Groen en Sainsbury's Earl Grey) en 'n aantal kruietees (Twinings Camomile (kamilletee), Twinings Peppermint (pepermenttee), en Freshpak of Tetley-rooibos). Soos in die eksperimentele gedeelte beskryf, is die tee toegelaat om in 100 en 200 ml varsgekookte gedeïoniseerde water te trek. Die resultate word in tabel 2 aangetoon. Uit die waardes in tabel 2 blyk dit duidelik dat swarttees heelwat meer fluoried loog as die groen-, gegeurde swart-, en kruietees (gemiddeld 38, 52 en 100% meer, onderskeidelik). Die fluoriedkonsentrasie vir die swarttees is hoër as dié wat deur Malinowska e.a. (2008) gepubliseer is, waar die waardes tussen 0,3 en 4,5 mg/l in gewone kraanwater gevarieer het. Dit is egter heel vergelykbaar met dié wat deur Koblar e.a. (2012) gepubliseer is, waar Twinings English Breakfast-tee baie naby aan dieselfde konsentrasie waardes opgelewer het as die verhouding van die massa tee tot vloeistof in ag geneem word. Chan e.a. (2013) het verskeie Engelse tee-handelsmerke ondersoek en het fluoriedkonsentrasies van 0,76 tot 4,98 mg/l na 2 minute se loging gevind, wat heelwat laer skyn te wees as dié in hierdie studie, maar wat genormaliseer (massa tee en volume in ag genome) opmerklik goed ooreenstem. Malinowska e.a. (2008) het fluoriedkonsentrasies van 0,6 tot 1,8 mg/l in groentee aangeteken, wat weer eens heelwat laer is as wat ons in ons studie bevind het. Die waardes in die huidige ondersoek is egter soortgelyk aan die waardes wat Koblar e.a. (2012) gevind het. Malinowska e.a. (2008) dui fluoriedkonsentrasies van 0,02 tot 0,09 mg/l vir vrugte- en kruietees aan, wat goed ooreenstem met dié wat ons rapporteer. Malinowska e.a. (2008) is dan ook een van die weinige publikasies wat opgespoor kon word waar rooibostee se anorganiese profiel ondersoek is.

**Tabel 2. Die fluoriedkonsentrasie in mg/l vir trektye van 1, 5 en 10 minute en volumes kookwater van 100 en 200 ml**

Teesoort	Gemiddelde F- konsentrasie (mg/l)			Gemiddelde F- konsentrasie (mg/l)		
	in 100 ml kookwater			in 200 ml kookwater		
	1 min.	5 min.	10 min.	1 min.	5 min.	10 min.
Yorkshire	7,66	8,68	8,16	3,94	4,82	4,57
PG Tips	8,16	10,56	9,84	4,21	6,36	5,82
Tetleys	10,25	10,94	10,14	4,30	5,96	6,31
Twinings	7,97	11,30	10,25	3,87	6,78	6,52
Earl Grey	5,56	6,20	6,22	2,43	3,43	3,74
Groen	3,50	4,71	4,64	2,10	2,68	2,96
Kamille	0,05	0,13	0,18	0,07	0,20	0,17
Peperment	<DL <sup>2</sup>	0,08	0,16	<DL	0,14	0,17
<b>Rooibos</b>	<b>0,08</b>	<b>0,13</b>	<b>0,16</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>

Oor die algemeen is daar 'n beduidende verhoging in die fluoriedkonsentrasie van 1 tot 5 minute, waarna dit afplat of afneem, soos grafies aangedui word in Figuur 2.

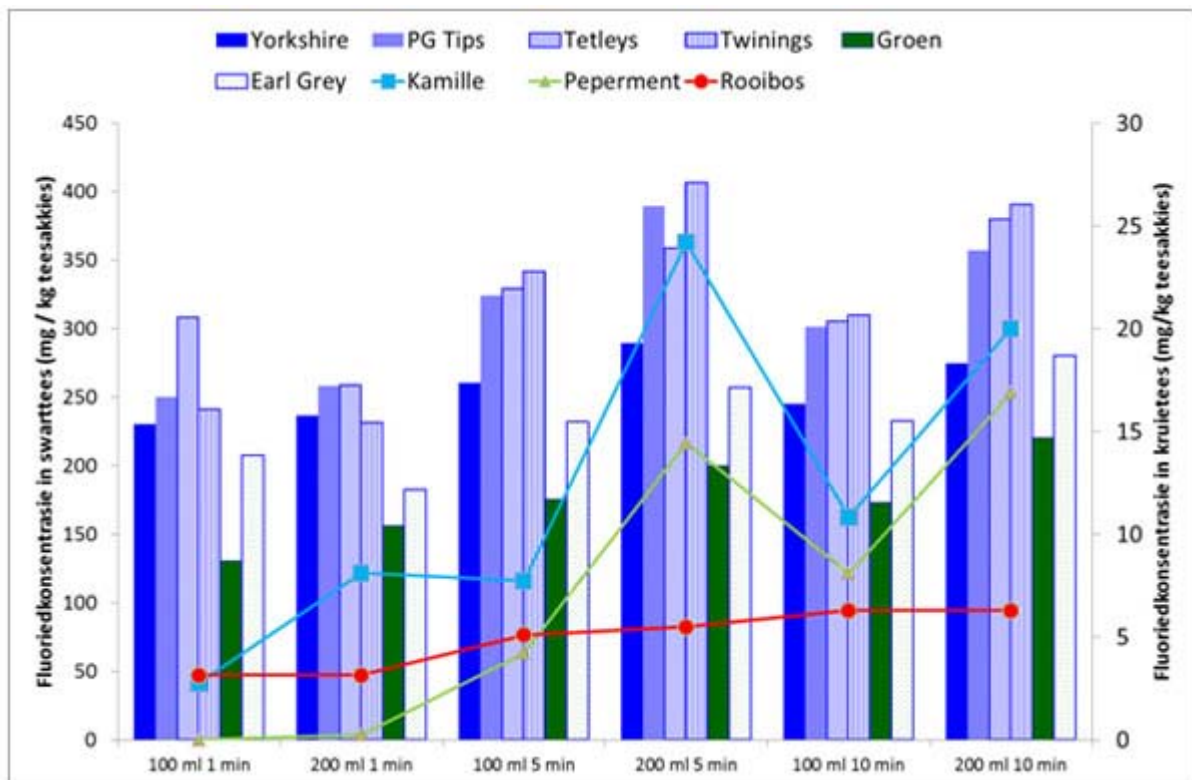


**Figuur 2. Fluoriedkonsentrasie in mg per liter vir verskeie swart- en drie kruieetes nadat die teesakkies vir 1, 5 en 10 minute in 100 ml kookwater getrek het.**

Dit dui dus daarop dat die maksimum fluoriedlogging na ongeveer 5 minute plaasvind. Die geringe afname wat waargeneem word, kan moontlik deur die heradsorpsie van fluoried op die teeblare of teesakkie verklaar word. Ander faktore wat moontlik 'n rol kon speel, is byvoorbeeld die vorming van Al-F-komplekse en die binding aan polifenole. Daar moet onthou word dat die ionselektiewe elektrode slegs die vry vorm van fluoried bepaal en dit verminder met 'n verlaging in pH. By 'n pH van 6 is daar bevind dat minder as 25% van die fluoried in oplossing as vry F-anione beskikbaar is, terwyl die metings in hierdie manuskrip (asook in die oorgrote meerderheid van die literatuur) volgens die standaardmetode by 'n gebufferde pH van 5–5,5 uitgevoer is (Janiszewska en Balcerzak 2013). Die swarttees toon 'n toename van tussen 6,7 en 41,8% vir die 100 ml logging, en tussen 22,3 en 51,0% vir die 200 ml logging met die toename in tyd. Malinowska e.a. (2008) het verskeie swart-, groen- en kruieetes se fluoriedkonsentrasie ná trektye van 5, 10 en 30 minute bepaal, en toon 'n verdere toename in fluoriedkonsentrasie met verlenging van die blootstellingstyd. Hulle rapporteer gemiddelde toenames van 21% van 5 na 10 minute en 37% van 10 na 30 minute, met toenames van soveel as 153% in sommige van die tees wat ondersoek is. Chan e.a. (2013) beskryf dieselfde tendens met 'n toename oor periodes van 2, 10 en 30 minute. In ons studie het die kruieetes heelwat groter toenames, van tot 186%, getoon, alhoewel die absolute waardes natuurlik heelwat laer as in dié swarttees was. Aangesien die fluoriedkonsentrasie van die kruieetes digby die waarneemgrens is, is sodanige toenames en variasies nie onwaarskynlik nie. Malinowska e.a. (2008) het dieselfde tendens aangetoon

ten opsigte van die toename in fluoriedkonsentrasie vir kruieetes, waarvan 'n aantal rooibostees van verskillende handelsname was.

Alhoewel die fluoriedkonsentrasie in die wetenskaplike literatuur meestal in mg/l aangetoon word, is daar tóg besluit om die waardes te normaliseer deur die milligram fluoried per kilogram teesakkies uit te werk. Op hierdie wyse kan die algemene tendens in die variasie as gevolg van die vastestof-vloeistof-verhouding en trektye bepaal word. As hierdie waardes vergelyk word met wat in die literatuur beskikbaar is, is dit duidelik dat die fluoriedkonsentrasies van die swart- en groentees wat ondersoek is, van dieselfde orde grootte is (soos ook byvoorbeeld aangedui in die oorsigartikels van Yi en Cao 2008 en Chan e.a. 2013).



**Figuur 3. Fluoriedkonsentrasie in mg per kg teesakkies vir verskeie swart- en drie kruieetes, nadat die teesakkies vir 1, 5 en 10 minute in 100 en 200 ml kookwater getrek het.**

Hier is dieselfde tendens gesien, naamlik dat die aantal milligram fluoried per kilogram teesakkies beduidend toeneem van 1 minuut na 5 minute trektyd, en dan daarna afplat, vir alle swartees. In die geval van die kruieetes is dit egter wel waarneembaar dat 'n verlenging in trektyd die fluoriedkonsentrasie laat toeneem, met die minste toename in die geval van rooibostee.

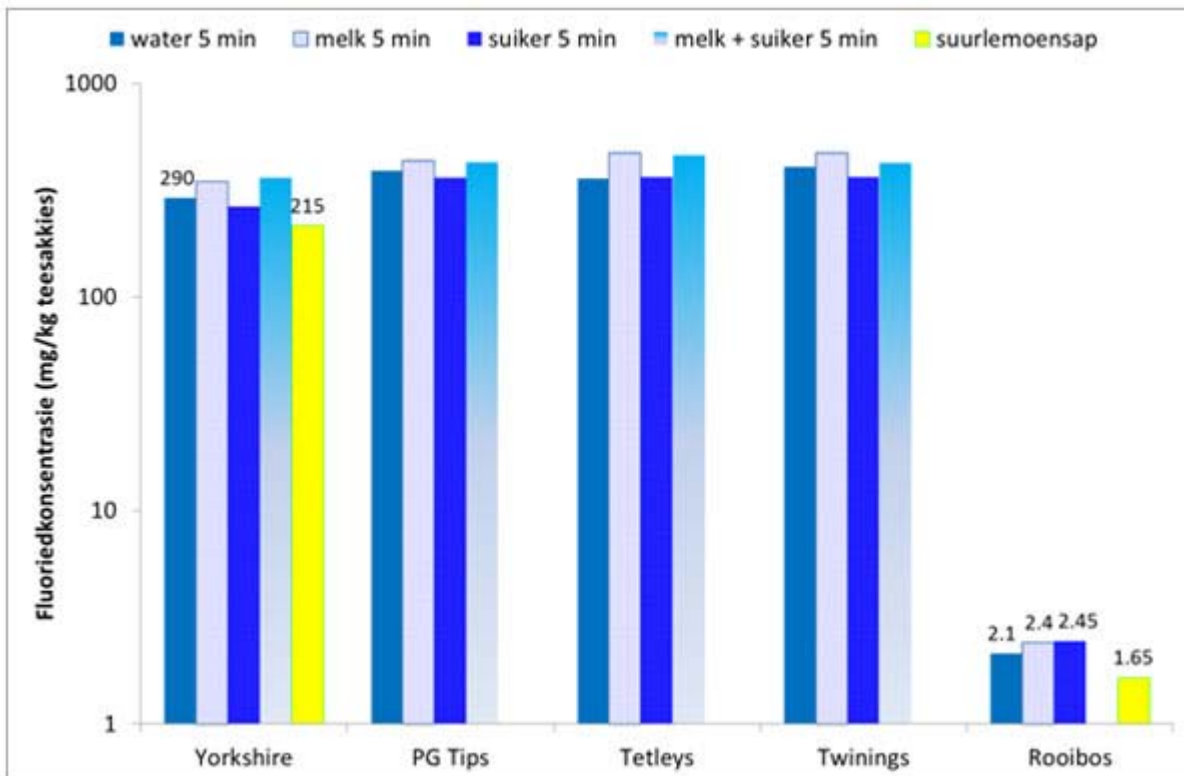
Die invloed wat die teesakkie-tot-volume-verhouding op die fluoriedkonsentrasie het, is ondersoek deur die teesakkies vir 'n tydperk van 1 minuut in 100, 200 en 300 ml kookwater te laat trek. Die resultate word in Tabel 3 aangetoon.

**Tabel 3. Gemiddelde fluoriedkonsentrasie in mg/l en mg/kg teesakkies na 1 minuut in 100, 200 en 300 ml kookwater**

Teesoort	Gemiddelde F-konsentrasie (mg/l) na 1 minuut			Gemiddelde F-konsentrasie (mg/kg teesakkies) na 1 minuut		
	100 ml	200 ml	300 ml	100 ml	200 ml	300 ml
	Yorkshire	7,66	3,94	3,02	230	237
PG Tips	8,16	4,21	4,07	250	258	375
Tetleys	10,25	4,3	4,43	309	259	400
Twinings	7,97	3,87	3,86	241	234	351
<b>Roibos</b>	<b>0,057</b>	<b>0,026</b>	<b>0,017</b>	<b>2,25</b>	<b>2,14</b>	<b>2,00</b>

Dit blyk duidelik uit die resultate dat daar nie 'n beduidende verandering in die fluoriedkonsentrasie is nadat die volume van 100 na 200 ml verdubbel is nie. By die swarttees is daar egter wel 'n beduidende volume-afhanklikheid tussen 200 en 300 ml opgemerk. Geen verklaring kan hiervoor gegee word nie. 'n Moontlike oorsaak is dat die verdunningseffek op die konsentrasie van die polifenole gebaseer kan word. Hierdie moontlike verklaring word verder versterk deur die feit dat die polifenole van swarttees verskil van dié van rooibostee waar die volume-afhanklikheid nie waargeneem is nie. Die genormaliseerde fluoriedkonsentrasie vir rooibostee is dan ook, binne eksperimentele foutgrense, dieselfde vir die drie volumes wat ondersoek is.

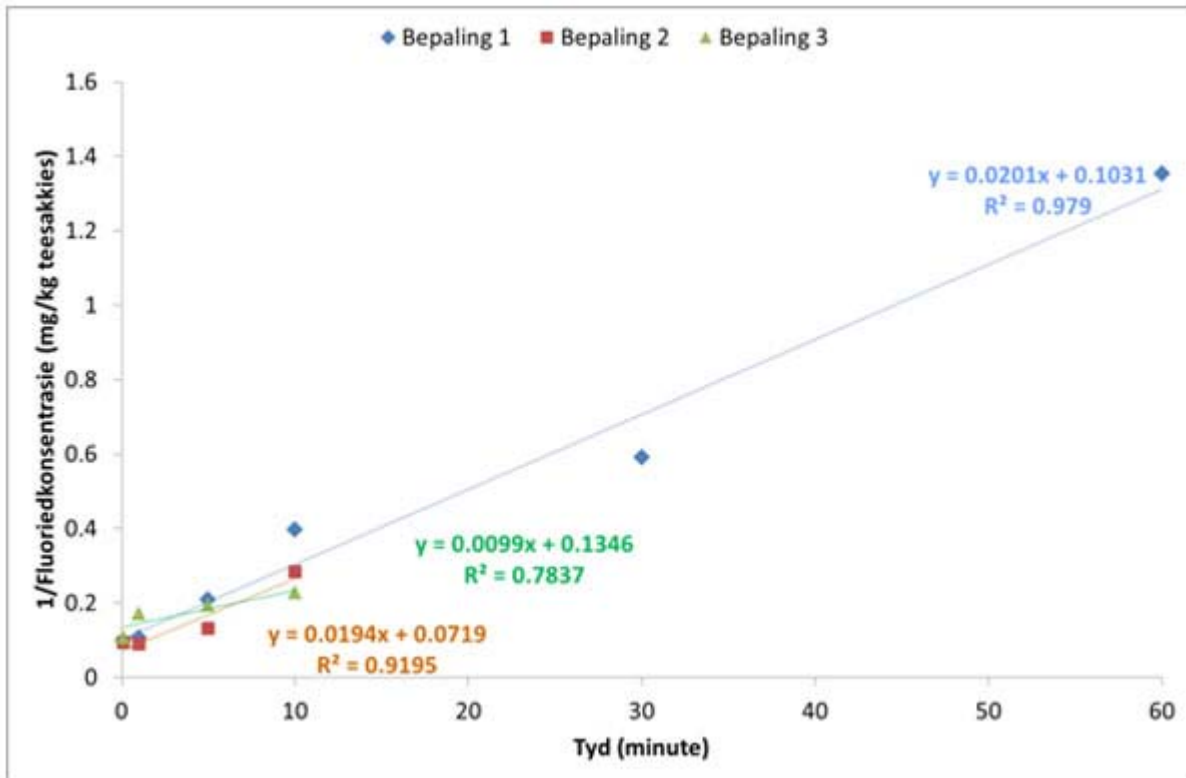
Die invloed van smaakmiddels soos suiker, melk en suurlemoensap op die fluoriedkonsentrasie is ook ondersoek. Die resultate vir sommige van die swarttees en rooibostee word in Figuur 4 aangetoon. Suurlemoensap is slegs in die geval van een van die swarttees ondersoek, naamlik Yorkshire-tee. Die gesamentlike invloed van melk en suiker is nie in die geval van rooibostee ondersoek nie, omdat daar nie 'n beduidende verskil in die geval van die swarttees opgemerk is nie. In die geval van melkbyvoegings is 'n klein verhoging in fluoriedkonsentrasie wat van 10 tot 24% gevarieer het, in swarttees waargeneem. Met suikerbyvoegings is daar egter 'n klein afname waargeneem (tot 11%). Dit is duidelik dat die variasie in fluoriedkonsentrasie met die byvoeging van melk en suiker nie beduidend is nie. Die fluoriedkonsentrasie neem met ongeveer 10% toe vir afsonderlike byvoegings van beide suiker en melk in die geval van rooibostee. 'n Afname van 35% en 30% in die fluoriedkonsentrasie van Yorkshire- en rooibostee onderskeidelik is gevind na die byvoeging van 1 ml suurlemoensap. Dit kan moontlik toegeskryf word aan die verband tussen die aantal vry F-anione by laer pH's (verwys na bespreking onder figuur 2).



**Figuur 4. Fluoriedkonsentrasie in mg per kg teesakkies vir vier swarttees en rooibostee, nadat die teesakkies vir 5 minute in 300 ml kookwater getrek het en melk, suiker, melk en suiker, of suurlemoensap bygevoeg is.**

In 'n poging om die totale wateroplosbare fluoried te bepaal, is die rooibostee onder reflux in 300 ml gedeïoniseerde water geloo. 1 ml-monsters is na 30 sekondes en na 1, 3, 5, 10, 30 en 60 minute geneem. Drie herhalings is gedoen om die herhaalbaarheid van die resultate te bepaal. Hierdie metings is met behulp van ioonchromatografie gedoen, aangesien daar slegs 1 ml-monsters geneem is om die volumevermindering weglaatbaar klein te hou. Standaardprotokol is tydens die ontleding gevolg. Op hierdie wyse is vasgestel dat die hoogste fluoriedkonsentrasie wat by  $100 \pm 3^{\circ}\text{C}$  uitloog,  $0,22 \text{ mg/l}$  ( $26 \text{ mg/kg}$  teesakkies) is. Dit blyk dus dat ongeveer 10% van die totale oplosbare fluoried binne 1 minuut loogtyd uitloog. Die totale wateroplosbare fluoriedkonsentrasie in Yorkshire, PG Tips, Tetley en Twinings swarttees is bepaal deur opeenvolgende minuut lange teetreksele in 100 ml gekookte water. Die teesakkie is telkens met 'n teetang verwyder en in die volgende 100 ml kookwater gedompel. Daar is gevind dat die totale loogbare fluoriedkonsentrasies onderskeidelik 7,6, 9,8, 10,5, 7,9 mg/l en 227, 302, 322 en 292 mg/kg teesakkies was. Dit dui dan daarop dat, in teenstelling met rooibostee, tussen 80 en 95% van die fluoried binne 1 minuut in swarttees uitloog.

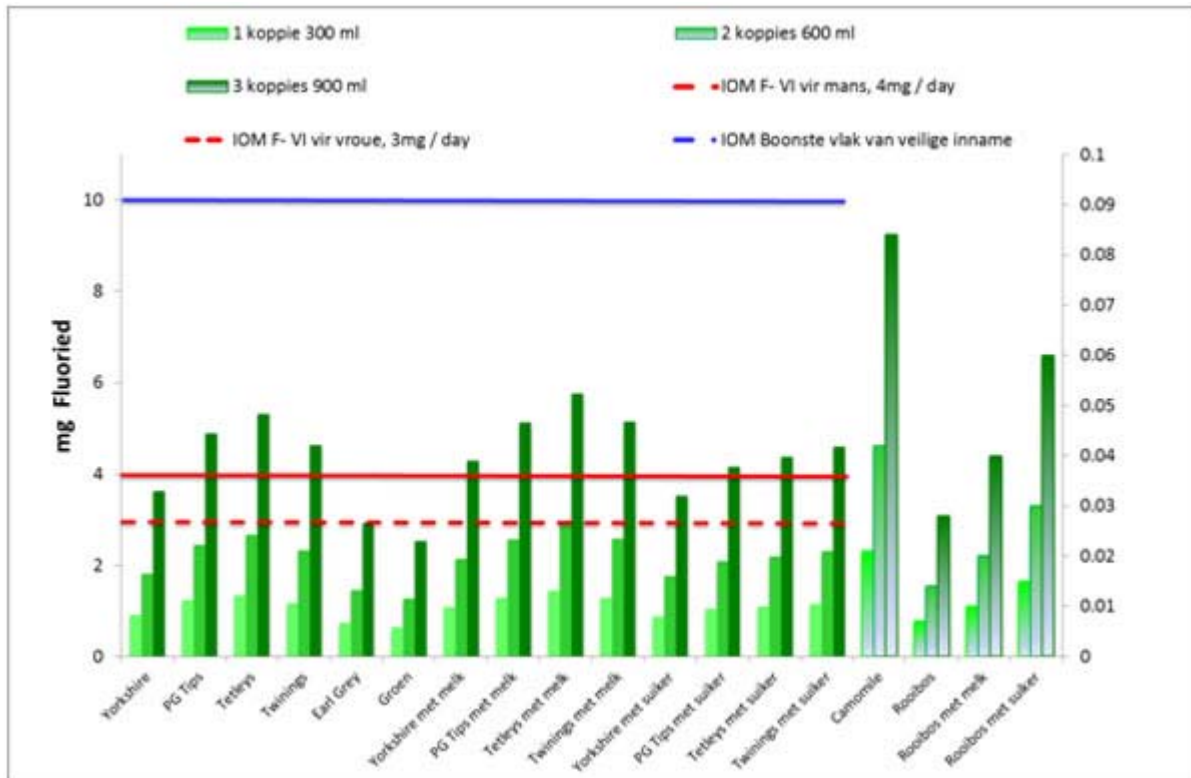
Die kinetika van die logingsproses van die rooibostee was nie konstant tydens die drie herhalings nie. Die resultate word in Figuur 5 aangetoon.



**Figuur 5. Inverse van die fluoriedkonsentrasie in mg/kg rooibosteekies teen tyd**

Uit Figuur 5 kan afgelei word dat die loogproses in al drie gevalle tweededordekinetika tot by 10 minute gehoorsaam, en in een geval tot by 60 minute.

In 'n gevallestudie wat Joshi e.a. (2011) bespreek, word daar verwys na skeletfluorose wat as gevolg van oormatige tee- en tandepastagebruik voorgekom het. Die persoon het 6 koppies swarttee per dag gedrink (altesaam 10,9 mg fluoried per dag) en haar tande 8 tot 10 maal per dag geborsel, wat tot 'n verdere inname van 4,2 mg per dag gelei het. Haar totale inname is geskat op 1 718 mg per dag, wat volgens die artikel genoeg is om osteosklerose te veroorsaak. In die lig van hierdie gevallestudie het ons gaan kyk na die totale fluoriedinname van tipiese teedrinkers en dit met van die gesondheidsorganisasies se aanbevole grenswaardes vergelyk (IOM 1997 – sien inleiding). Dit word grafies voorgestel in Figuur 6. Dit blyk dus duidelik uit figuur 6 dat 3 koppies tee per dag (vir alle tees wat in hierdie studie ondersoek is) nie die hoogste vlak van veilige inname deur die IOM daargestel, oorskry nie. Per se is dit dus duidelik nie 'n gesondheidsrisiko nie, maar daar moet in ag geneem word dat die totale fluoriedbegroting in 'n daaglikse dieet nie noodwendig tot tee-inname alleen beperk is nie. Positief gestel verskaf drie tot vier koppies tee ook voldoende fluoriedinname vir beide mans en vroue volgens die IOM-riglyne.



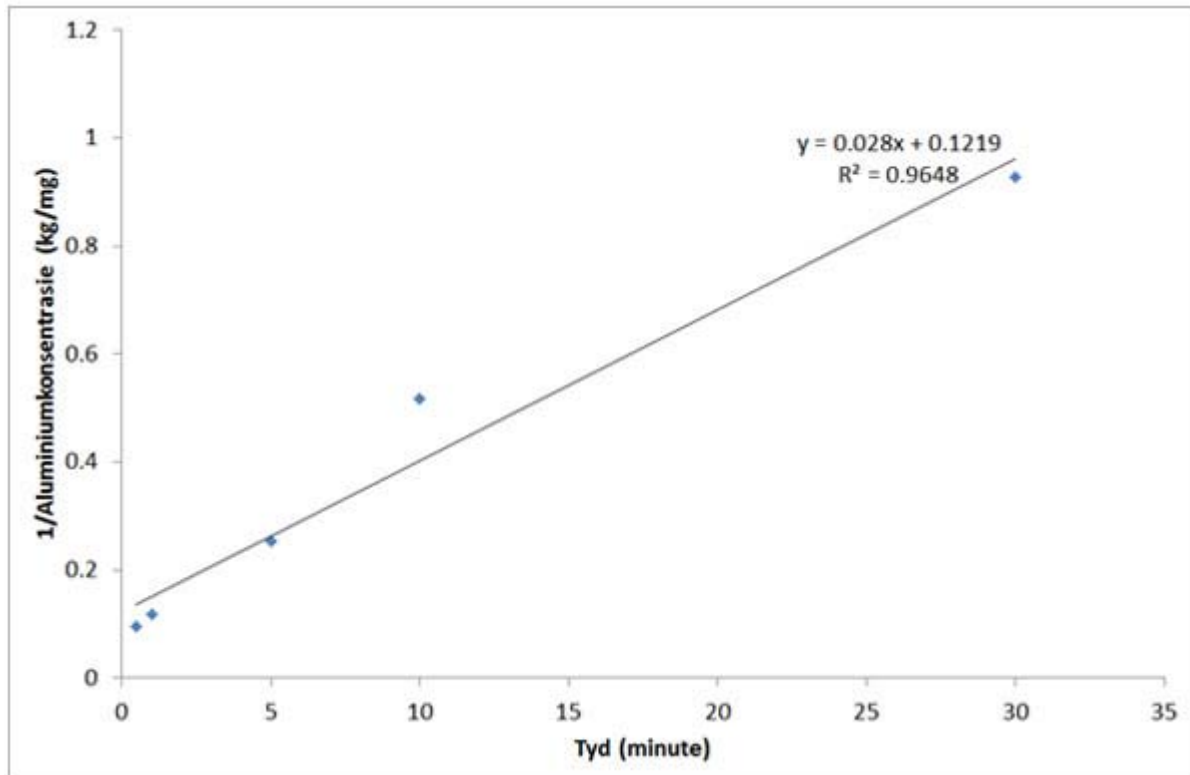
**Figuur 6. Vergelyking van die hoeveelheid fluoried (mg) per koppie(s) kookwater (om 'n koppie tee na te boots) vir verskeie teesoorte, met en sonder byvoegings. Let op dat die kamille- en rooibosteewaardes se skaal verskil van dié van die swarttees en aan die regterkant van die grafiek aangetoon word. “VI” in die sleutel dui “veilige inname” aan.**

Aangesien aluminium ook gesondheidsimplikasies het, soos in die inleiding bespreek, is die totale wateroplosbare Al-konsentrasie op dieselfde manier bepaal (dus die refluksmetode). Daar is bevind dat die maksimum aluminiumkonsentrasie in rooibostee van dieselfde orde grootte is as dié van fluoried, naamlik ongeveer 0,1 mg/l, d.w.s. 12,4 mg/kg teesakkies. Net soos beskryf in die geval van die fluoriedkonsentrasiebepalings, is die totale wateroplosbare aluminiumkonsentrasie ook vir Yorkshire, PG Tips, Tetley en Twinings swarttees bepaal. Daar is bevind dat die totale loogbare aluminiumkonsentrasies onderskeidelik 10,8, 12,5, 16,7 en 12,1 mg/l en 322, 405, 520 en 446 mg/kg teesakkies was. Dit dui daarop dat, in teenstelling met die rooibostee, waar slegs 10% van die aluminium na 1 minuut geloog het, 71, 61, 75 en 53% van die aluminium onderskeidelik uit die Yorkshire, PG Tips, Tetley en Twinings swarttees geloog het. Street e.a. (2007) het in 'n ondersoek van verskeie swart-, groen-, en wittees die aluminium-spesiëring bepaal. Hulle rapporteer aluminiumkonsentrasies van 0,7–4,9 mg/l na 5 minute trektye. Hierdie konsentrasies is duidelik heelwat laer as dié wat ons bepaal het. Die logingsproses is egter op teeblare uitgevoer en die teetrekseel is eenvoudig vir 5 minute gelos, waarna die teeblare afgefiltreer is. Die feit dat ons die teesakkies met 'n teetang uitgedruk het, kan een van die redes vir ons hoër waardes wees. Dit was ook nie kommersieel beskikbare tee wat ontleed is nie, maar, volgens die artikel, vars teeblare wat gedroog is. Mehra en Baker (2007) toon ook in hulle studie aan dat daar meer aluminium uitloog uit Tetley-swarttee as uit los blaartee. Mehra en Baker (2007) volg min of meer dieselfde strategie as in ons studie deur van veelvuldige 2-, 3-, en 5-minuuttreksels in 200 ml kookwater gebruik te maak. Die waardes wat hulle vir aluminium aandui, is dan ook vergelykbaar met dié van ons studie (12,5 mg/l) vir Tetley-tee



(die enigste teesoort wat dieselfde as ons s'n was). In teenstelling met Mehra en Baker (2007) vind ons egter dat soveel as 96% van die aluminium binne die eerste 2 minute uitloog, terwyl hulle na waardes van 75% verwys. Die oorsigartikel van Karak en Bhagat (2010) gee 'n goeie samevatting van die navorsing wat in die afgelope twee tot drie dekades oor die spoorelementkonsentrasies in tee gepubliseer is. In hierdie artikel word daar aangedui dat die aluminiumkonsentrasie in teetreksels van 0,06 tot 16,8 mg/l wissel en dit is dus duidelik dat die swarttees in ons studie naby die boonste grens van die data lê.

Die reaksiekinetika het ook tot op 30 minute tweede-orde-gedrag getoon, soos in figuur 7 aangedui word vir Tetley-swarttee.



**Figuur 7. Inverse van die aluminiumkonsentrasie in mg/kg teesakkies teen tyd**

Die biobeskikbaarheid van aluminium is al jare lank 'n twispunt in die literatuur. Volgens Drüeke en Eckardt (2002) wissel die beskikbaarheid tussen 0,06% en 0,1 %, terwyl Yokel en Florence (2008) dit op 0,37% stel. Die Wêreldgesondheidsorganisasie (WHO) se spesialiskomitee vir voedselbyvoegings (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) het onlangs die voorlopig aanbevole toelaatbare weeklikse inname van aluminium ("provisional tolerable weekly intake (PTWI)") hersien en dit van 1 na 2 mg per kilogram liggaamsgewig per week verhoog (WHO 2011). Vir 'n gemiddelde liggaamsgewig van 70 kg word 'n inname van 140 mg Al per week dus as aanvaarbaar beskou. Powell e.a. (1993) het die biobeskikbare aluminium in tee as 4,8% by die pH van die klein ingewande (dundermkanaal) vasgestel. Dit in ag genome, vind ons dat een teesakkie Tetley-tee wat vir 2 minute in 100 ml kookwater getrek is (16 mg Al/l), 0,08 mg Al vir opname in die ingewande beskikbaar stel. 'n Inname van 5 koppies (elk met 'n volume van 250 ml) Tetley-swarttee 'n dag gee 'n inname van 20 mg Al per dag en dus 140 mg per week. Dit is derhalwe duidelik dat daar tóg wel 'n mate van kommer oor die totale aluminiuminname mag wees, veral in lande waar groot hoeveelhede tee per dag gedrink word. Neem ons egter in ag dat slegs

4,8% van hierdie hoeveelheid biobeskikbaar is, is dit 6,7 mg Al wat per week opgeneem word, wat op 'n beduidende verskil tussen inname en opname dui. Aangesien bevind is dat rooibostee 'n gemiddelde aluminiumkonsentrasie van 0,1 mg/l het, is dit duidelik nie 'n faktor wat by hierdie tee in ag geneem hoef te word nie. Dit mag ook genoem word dat 'n paneel van die European Food Safety Authority (EFSA 2008) bekend gemaak het dat wetenskaplike bewyse nie die epidemiologiese studies staaf wat 'n verwantskap tussen aluminiuminname en Alzheimer se siekte gevind het nie.

Tabel 4 gee 'n vergelyking van die aluminium- en fluoriedkonsentrasies in tee wat tot dusver in die literatuur gerapporteer is en wat in hierdie studie verkry is. Let op dat van die aluminiumwaardes wat Mokgalaka e.a. (2004) aandui, asook een van die waardes van Olivier e.a. (2012), die totale aluminiuminhoud van die rooibosteeblare aantoon, terwyl die res logingswaardes, d.w.s. wateroplosbare konsentrasies, is. Verskille in laasgenoemde waardes kan toegeskryf word aan verskillende logingstye, die totale volumes wat gebruik is, en die blare-vloeistof-verhoudings wat in die verskillende studies gewissel het.

**Tabel 4. Fluoried- en aluminiumkonsentrasies in gefermenteerde rooibostee**

Element/ioon	Konsentrasie (mg/l)	Verwysing
<b>F<sup>-</sup></b>		
Treksel	1,29 ± 0,27	Touyz en Smit (1982), soos aangehaal in Joubert e.a. (2008)
Treksel	0,06–0,08	Malinowska e.a. (2008)
Treksel	2,3–2,9 ± 0,2	Chan e.a. (2013)
Treksel (300 ml, 5 min.)	0,017	Hierdie studie
Met melk (300 ml, 5 min.)	0,025	Hierdie studie
Met melk en suiker (300 ml, 5 min.)	0,023	Hierdie studie
Met suiker (300 ml, 5 min.)	0,020	Hierdie studie
Met suurlemoensap (300 ml, 5 min.)	0,014	Hierdie studie
<b>Al<sup>3+</sup></b>		
Blare	98 ± 3 (blare)	Mokgalaka e.a. (2004)
5 min.-treksel	0,05 ± 0,03	Joubert e.a. (2008)
Blare	172 ± 5 (mg/kg)	Malik e.a. (2008)
15 min.-treksel	0,24 ± 0,02	Malik e.a. (2008)
Blare	157,5 (mg/kg)	Olivier e.a. (2012)
Treksel (300 ml, 5 min.)	0,10	Hierdie studie

## 5. Gevolgtrekkings

Die fluoriedkonsentrasies van swart- en groentees is twee ordegrottes hoër as dié van enige van die kruitees. Rooibostee se fluoriedkonsentrasie is die laagste van alle tees wat ondersoek is, en stem ooreen met soortgelyke waardes wat vantevore deur Malinowska en medewerkers (2008) gepubliseer is. Dieselfde tendens is waargeneem ten opsigte van die aluminiumkonsentrasie van swart- en groentees in vergelyking met dié van rooibostee. Byvoegings (te wete melk, suiker en suurlemoensap) het geen beduidende verskil gemaak aan die fluoried- of aluminiumkonsentrasies van enige van die tipes tee wat ondersoek is nie. Dit blyk dus duidelik uit hierdie studie dat rooibostee nie net uit die oogpunt van sy unieke organiese komponente heelwat gesondheidsvoordele inhou nie, maar dat die anorganiese spoorelemente wat in beduidende konsentrasies in sommige swart- en groentees teenwoordig is, weglaatbaar klein is in die geval van rooibostee. Hierdie studie is dus 'n verdere bevestiging van die uiters voordelige gesondheidseienskappe van Suid-Afrikaanse rooibostee. In terme van die swart- en groentees moet hierdie data geïnterpreteer word met die totale aluminium- en fluoriedinname in gedagte, wat vanaf verskeie bronne in die daaglikse dieet afkomstig kan wees.

## Bibliografie

- Bliss, R.M. 2003. Brewing up the latest tea research. *Agricultural Research*, 51(9):10.
- Cao, J., S.F. Luo, J.W. Liu en Y. Li. 2004. Safety evaluation on fluoride content in black tea. *Food Chemistry*, 88:233–6.
- Cao, J., Y. Zhao, J.W. Liu, X.S. Bai, D.Y. Zhou en S.L. Fang. 1995. Research on fluorosis caused by drinking brick tea in Sichuan Province. *Chinese Journal of Tea Science*, 17:35–8.
- Chan, L., A. Mehra, S. Saikat en P. Lynch. 2013. Human exposure assessment of fluoride from tea (*Camellia sinensis L.*): A UK based issue? *Food Research International* 51:564–70.
- Chung, F.L., J. Schwartz, C.R. Herzog en Y.M. Yang. 2003. Tea and cancer prevention: Studies in animals and humans. *The Journal of Nutrition*, 133:3268S–3274S.
- DAAF. 2012. A profile of the South African rooibos tea market value chain (2012). [www.nda.agric.za/docs/AMCP/ROOIBOS2012.pdf](http://www.nda.agric.za/docs/AMCP/ROOIBOS2012.pdf). 2012 (18 Maart 2014 geraadpleeg).
- Drüeke, T.B. en K.U. Eckardt. 2002. Role of secondary hyperparathyroidism in erythropoietin resistance of chronic renal failure patients. *Nephrology, Dialysis Transplantation*, 17, Supplement 5:28–31.
- EFSA. 2008. <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/afc080715.htm> (soos op Desember 2013).
- EUSCF. 2010. [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/fluoridation/en](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/fluoridation/en) (soos op Desember 2013).

- Exley, C. en J. Korchazhkina. 2001. Promotion of formation of amyloid fibrils by aluminium adenosine triphosphate (AlATP). *Journal of Inorganic Biochemistry*, 84(3–4):215–24.
- Featherstone, J.D.B. 1999. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dental and Oral Epidemiology*, 27:31–40.
- Fernández, P.L., F. Pablos, M.J. Martín en A.G. González. 2002. Multielement analysis of tea beverages by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Food Chemistry*, 76:483–9.
- Flaten, T.P. 2002. Aluminium in tea – concentrations, speciation and bioavailability. *Coordination Chemistry Reviews*, 228(2):385–95.
- Fung, K.F., Z.Q. Zhang, J.W.C. Wong en M.H. Wong. 1999. Fluoride contents in tea and soil from tea plantations and the release of fluoride into tea liquor during infusion. *Environmental Pollution*, 104:197–205.
- Gulati, P., V. Singh, M.K. Gupta, V. Vaidya, S. Dass en S. Prakash. 1992. Studies on the leaching of fluoride in tea infusions. *Science of the Total Environment*, 138:213–21.
- Institute of Medicine (IOM). 1997. *Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorous, Magnesium, Vitamin D and Fluoride*. Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences. Washington DC: National Academy Press.
- Jalbani, N., T.G. Kazi, B.M. Arain, M.K. Jamali en H.I. Afridi. 2007. Evaluation of total contents of Al, As, Ca, Cd, Fe, K, Mg, Ni, Pb, Zn and their fractions leached to the infusions of different tea samples. A multivariate study. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 19(4):163–73.
- Janiszewska, J. en M. Balcerzak. 2013. Analytical Problems with the Evaluation of Human Exposure to Fluorides from Tea Products. *Food Analytical Methods*, 6:1090–8.
- Jiang, H.-Y., T. Shii, Y. Matsuo, T. Tanaka, Z.-H. Jiang en I. Kouno. 2011. A new catechin oxidation product and polymeric polyphenols of post-fermented tea. *Food Chemistry*, 129(3):830–6.
- Joshi, S., T. Hlaing, G.M. Whitford en J.E. Compston. 2011. Skeletal fluorosis due to excessive tea and toothpaste consumption. *Osteoporosis International*, 22:2257–60.
- Joubert, E. en D. de Beer. 2011. Rooibos (*Aspalathus linearis*) beyond the farm gate: From herbal tea to potential phytopharmaceutical. *South African Journal of Botany*, 77:869–86.
- Joubert, E., W.C.A. Gelderblom, A. Louw en D. de Beer. 2008. South African herbal teas: *Aspalathus linearis*, *Cyclopia spp.* and *Athrixia phylicoides* – a review. *Journal of Ethnopharmacology*, 119:376–412.
- Joshi, S., T. Hlaing, G.M. Whitford en J.E. Compston. 2011. Skeletal fluorosis due to excessive tea and toothpaste consumption. *Osteoporosis International*, 22:2557–60. DOI 10.1007/s00198-010-1428-6.

- Karak, T. en R.M. Bhagat. 2010. Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review. *Food Research International*, 43:2234–52.
- Koblar, A., G. Tavcar en M. Ponikvar-Svet. 2012. Fluoride in teas of different types and forms and the exposure of humans to fluoride with tea and diet. *Food Chemistry*, 130:286–90.
- Koch, K.R., M.A. Pougnet, S. de Villiers en F. Monteagudo. 1988. Increased urinary excretion of Al after drinking tea. *Nature*, 333(6169):122.
- Konishi, S., S. Miyamoto en T. Taki. 1985. Stimulatory effects of aluminium on tea plants grown under low and high phosphorous supply. *Soil Science and Plant Nutrition (Tokyo)*, 31(2):361–8.
- Malik, J., J. Szakova, O. Drábek, J. Balik en L. Kokoska. 2008. Determination of certain micro and macroelements in plant stimulants and their infusions. *Food Chemistry*, 11:520–5.
- Malinowska, E., I. Inkielewicz, W. Czarnowski en P. Szefer. 2008. Assessment of fluoride concentration and daily intake by humans from tea and herbal infusions. *Food and Chemical Toxicology*, 46:1055–61.
- Matsumoto, H., E. Hirasawa, S. Morimura en E. Takahashi. 1976. Localisation of aluminium in tea leaves. *Plant and Cell Physiology*, 17(2):627–31.
- McLachlan, D.R.C. 1995. Aluminium and the risk for Alzheimer's disease. *Environmetrics*, 6:233–75.
- Mehra, A. en C.L. Baker. 2007. Leaching and bioavailability of aluminium, copper and manganese from tea (*Camellia sinensis*). *Food Chemistry*, 100:1456–63.
- Mokgalaka, N.S., R.I. McCrindle en B.M. Botha. 2004. Multi-element analysis of tea leaves by inductively coupled plasma emission spectroscopy using slurry nebulisation. *Journal of Analytical Atomic Spectroscopy*, 19:1375–8.
- Olivier, J., E.A. Symington, C.Z. Jonker, I.T. Ramphedi en T.S. van Eeden. 2012. Comparison of the mineral composition of leaves and infusions of traditional and herbal teas. *South African Journal of Science*, 108(1/2):1–7.
- Pehrsson, P.R., K.Y. Patterson en C.R. Perry. 2010. The fluoride content of select brewed and microwave-brewed black teas in the United States. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24:971–5.
- Powell, J.J., S.M. Greenfield, H.G. Parkes, J.K. Nicholson en R.P.H. Thompson. 1993. Gastro-intestinal availability of aluminium from tea. *Food Chemistry and Toxicology*, 31(6):449–54.
- Quock, R.L., J.X. Gao en J.T. Chan. 2012. Tea fluoride concentration and the pediatric patient. *Food Chemistry*, 130:615–7.

- Shu, W.S., Z.Q. Zhang, C.Y. Lan en M.H. Wong. 2003. Fluoride and aluminium concentrations of tea plants and tea products from Sichuan Province, PR China. *Chemosphere*, 52:1475–82.
- Sofuoglu, S.C. en P. Kavcar. 2008. An exposure and risk assessment for fluoride and trace metals in black tea. *Journal of Hazardous Materials*, 158:392–400.
- Street, R., O. Drábek, J. Száková en L. Mládková. 2007. Total content and speciation of aluminium in tea leaves and tea infusions. *Food Chemistry*, 104:1662–9.
- Touyz, L.Z.G. en A.A Smit. 1982. Herbal tea infusions – their acidity, fluoride and calcium concentrations. *Journal of the Dental Association of South Africa*, 37:737–9.
- Weinstein L.H. en A. Davison. 2004. *Fluorides in the environment*. Oxford: CABI Publishing.
- Weisburger, J.H. 1997. Tea and health: a historical perspective. *Cancer Letters*, 114:315–7.
- WHO. 2003. Aluminium in drinking-water, background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva: Joint Expert Committee on Food Additives and Contaminants (JECFA), World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/53).
- . 2004. Fluoride in drinking water: background document for development of WHO guidelines for drinking water. WHO/SDE/WSHWHO/03.04/96. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office.
- . 2011. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data: Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (WHO technical report series ; no. 966.) 1. Food additives – analysis. 2. Food additives – toxicity. 3. Food contamination. 4. Diet – adverse effects. 5. Risk assessment. I. World Health Organization. II. Food and Agriculture Organization of the United Nations. III. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Meeting (74th: 2011, Rome, Italy). IV. Series. ISBN 978 92 4 120966 3 (NLM classification: WA 712). ISSN 0512-3054.
- Wong, M.H., K.F. Fung en H.P. Carr. 2003. Aluminium and fluoride contents of tea, with emphasis on brick tea and their health implications. *Toxicology Letters*, 137:111–20.
- Yi, J. en J. Cao. 2008. Review: Tea and fluorosis. *Journal of Fluorine Chemistry*, 129:76–81.
- Yokel R.A. en R.L. Florence. 2008. Aluminum bioavailability from tea infusion. *Food and Chemical Toxicology*, 46(12):3659–63.

## Eindnotas

<sup>1</sup> Ons bedank graag vir Chloe Naan en Andrew Brown vir hulle bydraes tot die ontledings. Ons wil 'n keurder in die besonder bedank dat die publikasie van Janiszewska en Balcerzak, wat ons aandag aanvanklik ontglip het, onder ons aandag gebring is.

<sup>2</sup> Deteksie limiet