



Doctoral Thesis

Dual fortification of salt with iodine and iron in Africa

Author(s):

Wegmüller, Rita

Publication Date:

2005

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005066689> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 16277

**DUAL FORTIFICATION OF SALT WITH IODINE AND IRON
IN AFRICA**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

Rita Wegmüller

Dipl. Lm.-Ing. ETH

born January 10, 1975
citizen of Vechigen BE, Switzerland

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Richard F. Hurrell, examiner
Dr. Michael B. Zimmermann, co-examiner
Prof. em. Dr. Hans Bürgi, co-examiner

2005

SUMMARY

Iron and iodine deficiencies affect more than one third of the world's population, and are highly prevalent in developing countries. In West Africa, 1 in 5 school children suffers from both goiter and iron deficiency anemia (IDA) and IDA has been shown to reduce the efficacy of iodine prophylaxis in areas of endemic goiter such as in western Côte d'Ivoire. In countries, where existing food supplies and/or limited access fail to provide adequate levels of these nutrients in the diet, food fortification is a promising approach. Today, iodization of salt is highly effective in reducing or eliminating iodine deficiency disorders (IDD) in many African countries. However, there is no comparable, proven method for controlling IDA on a national level. Salt is one of very few food items consumed daily by rural African populations even in poor remote areas of subsistence farming. Therefore, dual fortification of salt with iodine and iron (Fe) using the existing infrastructure for iodization to also fortify salt with Fe could be an effective fortification strategy to combat IDD and IDA in regions with a high prevalence of these micronutrient deficiencies.

The aim of this thesis was to develop a stable (color and iodine content) and acceptable dual fortified salt, which does not cause off-color or off-flavor in typical Ivorian meals and which is efficacious in reducing the IDA prevalence in school children.

Local salt was fortified with iodine and different encapsulated and non encapsulated commercially available Fe compounds in temperate Morocco and tropical Côte d'Ivoire. Salts were stored for 6 months under local conditions and color change and iodine content were analyzed periodically. Acceptability was tested at the local market. Most of the dual fortified salts developed yellow or brown off-colors during storage and were judged as unacceptable in both countries. The best performing salt in both countries was salt fortified with ferric pyrophosphate (FePP) which resulted in an off-white color and acceptable iodine loss after storage. In general, encapsulation did not greatly reduce color change or iodine loss. These results suggest that encapsulation techniques need to be improved if encapsulated well bioavailable Fe compounds are used for salt fortification or to use FePP taking into account its low bioavailability.

The next step consisted in developing an encapsulation process that produces microcapsules containing iodine, micronized FePP, and retinyl palmitate and that

prevents adverse sensory reactions and iodine loss in salt. Micronutrients were encapsulated with hydrogenated palm fat by spray cooling and the produced microcapsules were added to local Moroccan salt and color change, iodine and vitamin A loss during production and storage for 6 months were determined. Color change and iodine loss of the fortified salt were acceptable and retinyl palmitate stability was excellent. Sensory tests with Moroccan dishes cooked with the fortified salt showed no difference compared to the same dishes prepared with non fortified salt. Although these results look promising and multiple micronutrient fortification is desirable in developing countries, encapsulation is a costly process and often fails when good bioavailable compounds are used. In addition encapsulation may decrease bioavailability.

To test the bioavailability of encapsulated FePP and the influence of particle size reduction of nonencapsulated FePP on bioavailability, a rat study was performed using the hemoglobin repletion assay. Weanling rats were fed a Fe deficient diet for 24 days. Anemic rats were fed the iron deficient diet fortified with one of the test Fe compounds (FePP with a mean particle size of $\approx 21 \mu\text{m}$, $\approx 2.5 \mu\text{m}$, $\approx 2.5 \mu\text{m}$ encapsulated in palm fat, or $\approx 0.5 \mu\text{m}$) or ferrous sulfate for 14 days. Relative bioavailability (RBV) of the $0.5 \mu\text{m}$ compound was significantly higher compared to the other compounds and was not different from ferrous sulfate. The RBV of the $2.5 \mu\text{m}$ compound was higher (69%) than the $21 \mu\text{m}$ compound (59%), although this difference was not statistically significant. Encapsulation at a 60:40 capsule:core ratio resulted in a significant decrease of the RBV from 69 to 43%. These results suggest that by decreasing the particle size bioavailability of FePP may increase and make this compound more useful for food fortification.

In an efficacy study in a rural village in southern Côte d'Ivoire salt fortified with iodine and micronized FePP (mean particle size $\approx 2.5 \mu\text{m}$) (DFS) or iodized salt (IS) was distributed to the school children of the 4 schools and the head of the households were asked to use this salt for all food preparation. After 6 months of salt consumption Hb did not change in both groups but iron status indicators as well as body iron concentration significantly improved in the DFS group compared to baseline whereas no change was observed in the IS group. Both, the prevalence of iron deficiency anemia (IDA) and of iron deficiency (ID) without anemia was significantly reduced in the DFS group, whereas in the IS groups only IDA prevalence

was reduced. However, the prevalence of anemia did not change in both groups indicating that other causes besides Fe deficiency contributed to the high prevalence of anemia.

In conclusion, these studies suggest that salt dual fortified with iodine and micronized FePP is a promising approach to reducing iron and iodine deficiency in regions where anemia and goiter are common and fortification strategies are limited, but simultaneous combat of other micronutrient deficiencies and infections are crucial.

ZUSAMMENFASSUNG

Mehr als ein Drittel der Weltbevölkerung ist von Eisen- und Jodmangel betroffen, wobei die Rate in Entwicklungsländern besonders hoch ist. In Westafrika leidet 1 Schulkind von 5 gleichzeitig an Kropf und Eisenmangelanämie. Zudem ist erwiesen, dass Eisenmangelanämie die Wirksamkeit der Jodprophylaxe in Gebieten mit endemischem Kropf im Westen der Elfenbeinküste verringert. In Ländern, wo die üblichen Lebensmittel ungenügend dieser Mikronährstoffe enthalten oder wo der Zugang zu solchen Lebensmitteln begrenzt ist, können Lebensmittel mit diesen Mikronährstoffen angereichert werden. Heutzutage ist die Jodierung von Speisesalz zur Bekämpfung von Jodmangel in vielen afrikanischen Ländern sehr wirksam. Es gibt aber keine vergleichbare Methode zur nationalen Bekämpfung von Eisenmangelanämie. Eines der wenigen täglich konsumierten Lebensmittel in der ländlichen Bevölkerung Afrikas ist Salz. Dieses wird sogar in armen, abgelegenen Gebieten mit privater Landwirtschaft gekauft. In Gebieten mit gehäuftem Vorkommen von Jod- und Eisenmangel könnte deshalb die zweifache Anreicherung von Salz mit Jod und Eisen eine wirksame Strategie zur Bekämpfung dieser Mangelerscheinungen sein. Die bereits existierende Infrastruktur für die Jodierung von Salz könnte dabei auch für die Anreicherung mit Eisen genutzt werden.

Das Ziel dieser Doktorarbeit war ein bezüglich Farbe und Jodgehalt stabiles und akzeptables zweifach angereichertes Salz zu entwickeln, welches in für die Elfenbeinküste typischen Mahlzeiten keine Farb- und Geschmacksveränderungen hervorruft. Zudem sollte es Eisenmangelanämie in Schulkindern wirksam bekämpfen. In Marokko (gemäßigtes Klima) und in der Elfenbeinküste (tropisches Klima) wurde Salz mit Iod und verschiedenen kommerziell erhältlichen, verkapselten und nicht verkapselten Eisenverbindungen angereichert. Die Salze wurden während sechs Monaten unter lokalen Bedingungen gelagert und die Farbveränderung und der Iodverlust in periodischen Abständen gemessen. Die Akzeptanz der Salze wurde jeweils auf dem lokalen Markt getestet. Während der Lagerung entwickelten die meisten der zweifach angereicherten Salze eine gelbe oder braune Verfärbung und wurden sowohl in Marokko als auch in der Elfenbeinküste als inakzeptabel beurteilt. In beiden Ländern erzielte das mit Eisenpyrophosphat (FePP) angereicherte Salz die besten Resultate. Dieses Salz zeigte nach der Lagerung eine schwach beige Verfärbung und einen befriedigenden Jodgehalt. Farbveränderung und Jodverlust

konnten durch die Verkapselung nur geringfügig vermindert werden. Diese Resultate zeigen, dass entweder die Verkapselungstechniken verbessert werden müssen, damit verkapselte, gut bioverfügbare Eisenverbindungen für die Salzanreicherung angewendet werden können oder dass Eisenpyrophosphat mit einer geringeren Bioverfügbarkeit eingesetzt werden muss.

In einem nächsten Schritt wurde ein Verkapselungsprozess für die Herstellung von Mikrokapselfn, welche Jod, mikronisiertes FePP und Retinylpalmitat enthalten, entwickelt. Dadurch sollte unerwünschten sensorischen Veränderungen und Jodverlusten vorgebeugt werden. Die Mikronährstoffe wurden mittels Kaltsprühen mit gehärtetem Palmfett verkapselt. Die Jod- und Vitamin A-Verluste durch das Sprühen der Mikrokapselfn und während der sechsmonatigen Lagerung in angereichertem marokkanischem Salz wurden gemessen. Die Farbveränderung und der Jodverlust im angereicherten Salz waren akzeptabel und die Vitamin-A-Stabilität ausgezeichnet. Sensorische Tests mit marokkanischen Mahlzeiten, welche mit dem angereicherten Salz zubereitet wurden, zeigten keinen Unterschied im Vergleich zu den Mahlzeiten, welche mit nicht angereichertem Salz zubereitet wurden. Diese Resultate sehen zwar viel versprechend aus und die Anreicherung mit verschiedenen Mikronährstoffen in Entwicklungsländern ist erwünscht, aber der Verkapselungsprozess ist teuer und ist meistens für gut bioverfügbare Eisenverbindungen nicht anwendbar. Zusätzlich könnte die Bioverfügbarkeit durch die Verkapselung verringert werden.

Um den Einfluss von verkapseltem FePP und der Partikelgrösse von nicht verkapseltem FePP auf die Bioverfügbarkeit zu prüfen, wurde der Hämoglobin-Repletions-Test in Ratten durchgeführt. Frisch abgestillte Ratten wurden während 24 Tagen mit einem eisenarmen Futter ernährt. Die anämischen Ratten wurden dann während 14 Tagen mit demselben Futter, welches aber mit einer der zu testenden Eisenverbindungen (FePP mit einer mittleren Partikelgrösse von $\approx 21 \mu\text{m}$, $\approx 2.5 \mu\text{m}$, $\approx 2.5 \mu\text{m}$ verkapselt in Palmfett und $\approx 0.5 \mu\text{m}$) oder mit Eisensulfat angereichert war, gefüttert. Die relative Bioverfügbarkeit (RBV) der $0.5\mu\text{m}$ -Verbindung war signifikant höher als die der anderen Testverbindungen und vergleichbar mit der von Eisensulfat. Die RBV der $2.5\mu\text{m}$ -Verbindung war höher (69%) als die der $21\mu\text{m}$ -Verbindung (59%), der Unterschied war aber nicht signifikant. Die Bioverfügbarkeit der verkapselten Verbindung (Verhältnis Kapsel:Substrat = 60:40) nahm im Vergleich zur nicht verkapselten Verbindung signifikant von 69 auf 43% ab. Diese Resultate

deuten darauf hin, dass durch die Verringerung der Partikelgrösse die Bioverfügbarkeit von FePP eventuell erhöht werden kann, was diese Verbindung für die Anreicherung von Lebensmitteln attraktiver machen würde.

In einer Wirksamkeitsstudie in einem ländlichen Dorf in der Elfenbeinküste wurde den Schulkindern der vier Schulen zweifach angereichertes Salz (DFS) mit Jod und mikronisiertem FePP (mittlere Partikelgrösse $\approx 2.5 \mu\text{m}$) und jodiertes Salz (IS) verteilt. Das jeweilige Familienoberhaupt wurde gebeten, für die Nahrungszubereitung nur noch dieses Salz zu verwenden. Nach sechsmonatigem Salzkonsum konnte in beiden Gruppen keine Veränderung im Hämoglobinwert festgestellt werden. Jedoch verbesserten sich die Eisenstatusindikatoren und der Körpereisengehalt in der DFS-Gruppe signifikant, wobei in der IS-Gruppe keine Veränderung dieser Indikatoren festgestellt werden konnte. Die Prävalenz von Eisenmangelanämie sowie auch von Eisenmangel ohne Anämie wurde in der DFS-Gruppe signifikant verringert, während in der IS-Gruppe nur die Prävalenz von Eisenmangelanämie verringert wurde. Jedoch veränderte sich die Prävalenz von Anämie in beiden Gruppen nicht, was darauf hindeutet, dass neben Eisenmangel noch andere Ursachen für die hohe Anämieprävalenz verantwortlich sind.

Zusammenfassend zeigen diese Studien, dass zweifach angereichertes Salz mit Jod und mikronisiertem Eisen in Regionen mit häufigem Vorkommen von Anämie und Kropf und wo die Auswahl an Lebensmitteln für die Anreicherung beschränkt ist, eine viel versprechende Strategie zur Verringerung von Eisen- und Jodmangel ist. Jedoch spielt die gleichzeitige Bekämpfung von anderen Mikronährstoff-Mangelercheinungen und Infektionen eine entscheidende Rolle.