

Solid Fat Content Berechnung für Mischungen und Umesterungen

Vorwort

In diesem Newsletter geht es wieder um die Berechnung des Solid Fat Content (SFC), eine sehr wichtige Kennzahl bei der Produktentwicklung im Bereich Öle und Fette. Die SFC-Werte sind deshalb so wichtig, weil sie das Schmelzverhalten im Mund widerspiegeln. Das Schmelzverhalten hängt allerdings nicht nur vom Solid Fat Content bei einer bestimmten Temperatur ab, sondern auch von der Steigung der SFC-Kurve. Weil die SFC-Werte/-Kurve so wichtig sind für die Produktentwicklung, gibt es jetzt zwei Neuerungen:

- Bei der Mischung von Fetten und Ölen gibt es zwar eine gravierende Änderung, die aber keine Auswirkung auf die Bearbeitung bzw. Berechnung der SFC-Werte hat. Bisher war es so, dass bei jeder Änderung der Daten zur Berechnung der SFC-Werte die Versionsnummer der zugehörigen Komponente erhöht wurde. Ab der neuen Version erfolgt dies nicht mehr. Die Erklärung dazu lesen Sie im Bereich *Faktoren für die SFC Berechnung*.
- Bei der Voraussage der SFC-Werte von Umesterungen gibt es grössere Änderungen, sowohl in der Software als auch bei den Daten. Es gibt jetzt ca. 130 Datensätze von gemessenen Umesterungen, die wir aus vorhandenen Angaben in der Literatur und im Internet zusammengestellt haben. Zudem haben wir in die Algorithmen und in die Erweiterung der Bearbeitung und Berechnung Forschungsarbeit geleistet und viel Zeit investiert. Näheres über die Erweiterungen und Änderungen erfahren Sie im Abschnitt *Voraussage der SFC-Werte von Umesterungen*.

Zuerst möchten wir jedoch auf unsere Demo-Version hinweisen.

Demo Version

Gerne stellen wir Ihnen eine Demo Version mit vollem Funktionsumfang zur Verfügung. Die Demo Version ist drei Monate lauffähig. Bei Bedarf kann die Laufzeit verlängert werden.

Die Demo Version bietet nicht nur alle Funktionen der Vollversion, die mit der Demo Version erzeugten Daten, können mit der Vollversion weiter verwendet werden. Die Datenbank ist sowohl mit der Demo- als auch mit der Vollversion kompatibel.

Und so einfach und schnell geht es (Zeitaufwand ca. 15 Minuten):

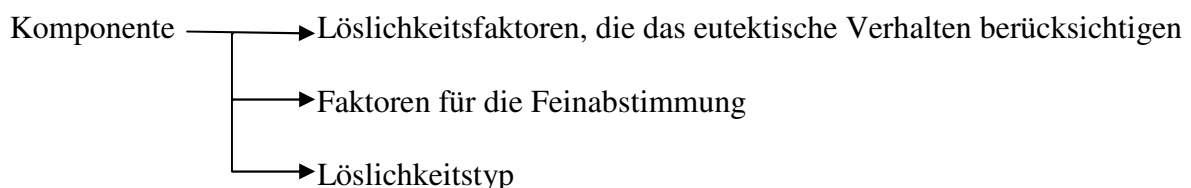
- Download Link anfordern info@oil-expert.net
- Softwarepaket von unserer Website runterladen
- Oil-Expert Software installieren
- Oil-Expert.net starten und Registrierungscode eingeben
- Fertig!

Die Software wird mit ca. 40 Standardkomponenten und einigen Beispielprojekten geliefert. Anhand der Beispielprojekte und des PDF Handbuches können sie sich einfach und schnell in Oil-Expert.net einarbeiten. Bei Fragen stehen wir Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung - per Email, Telefon, Skype, Zoom, MS-Teams oder ein anderes Medium Ihrer Wahl.

Faktoren für die SFC Berechnung

Für die Berechnung der SFC-Werte von Fettmischungen sind eine Menge von Faktoren erforderlich (siehe Newsletter 8). Zwei dieser Faktoren, die das eutektische Verhalten berücksichtigen und Faktoren für die Feinabstimmung, sind direkt mit den jeweiligen Komponenten verbunden. Bei jeder Änderung der Faktoren, wird deshalb die Versionsnummer der Komponente erhöht. Auch die Änderung des Löslichkeitstyps bewirkt eine Erhöhung der Versionsnummer. Der Löslichkeitstyp – Liquid oil, Laurics, usw. – dient dazu Komponenten mit gleichem eutektischem Verhalten für die Berechnung zusammenzufassen, z.B. Flüssigöle. Andernfalls wären die berechneten SFC-Werte zu niedrig, da z.B. Rapsöl keine Löslichkeit für Sonnenblumenöl hat. Die Zuordnung des Löslichkeitstyps verhindert also bei gleichen Löslichkeitstypen die Berechnung von Löslichkeiten.

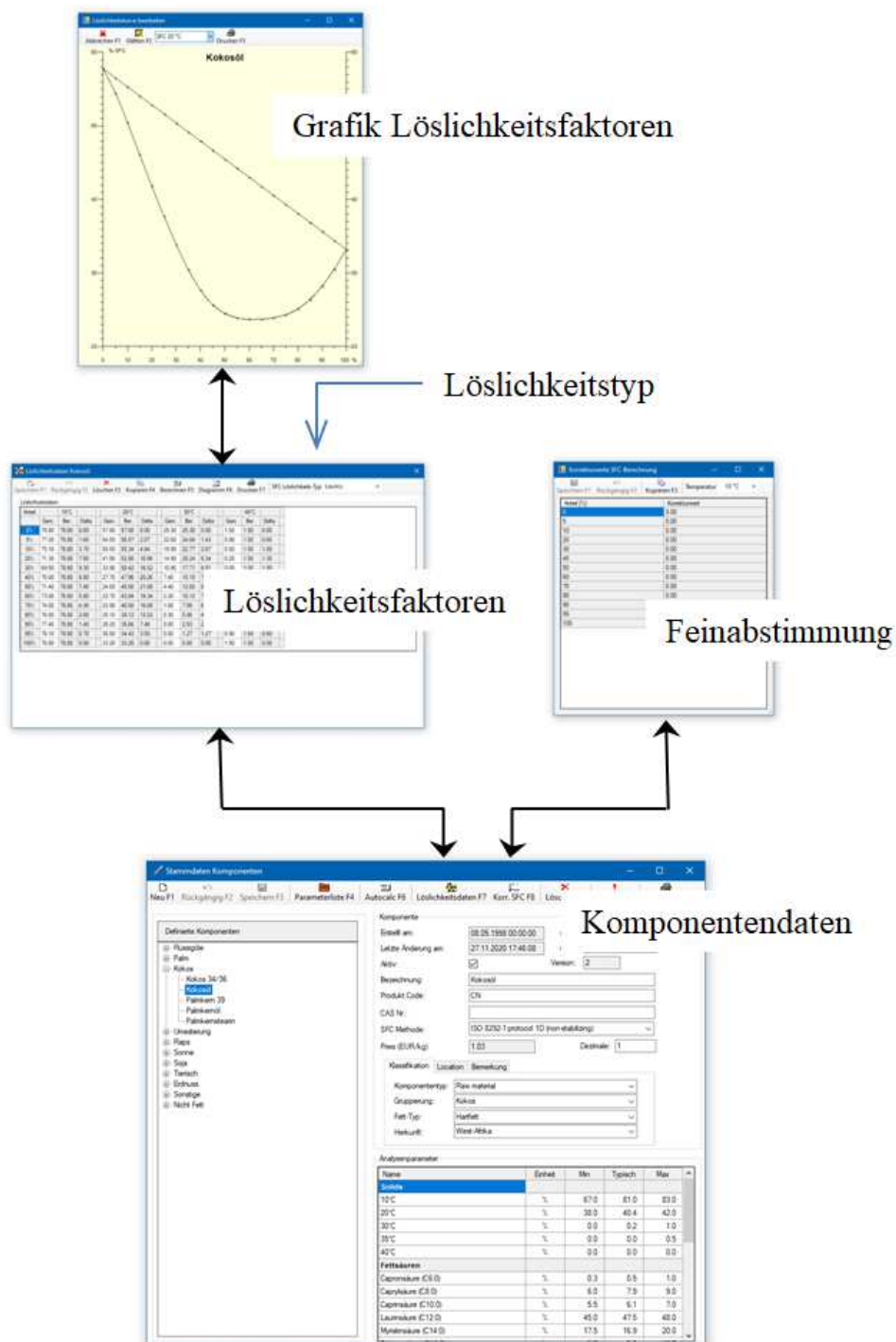
Ab der neuen Version erfolgt bei Änderung der Löslichkeitsdaten keine Erhöhung der Versionsnummer mehr. Der Grund ist folgender: Für jede Komponente kann es nur einen gültigen Satz von Faktoren für die Löslichkeit geben! Egal, ob bei früheren oder aktuelleren Versionen der Komponente. Jede Komponente ist deshalb immer nur mit einem Satz von Faktoren verbunden:



Änderungsdaten - Wer, Was, Wann geändert hat - bleiben natürlich erhalten.

Oil-Expert.net

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Zusammenhänge anhand der dafür vorgesehenen Dialoge. Alle anderen Faktoren – z.B. globale Korrekturfaktoren – sind nicht an einzelne Komponenten gebunden.



Voraussage der SFC-Werte von Umesterungen

Einleitung

Zur Voraussage der SFC-Werte von Umesterungen gibt es verschiedene Ansätze. Ein Ansatz geht z.B. über die freie Gibbs Energie. Nähere Angaben zu diesem Verfahren erläutern die beiden angegebenen Literaturzitate in der Fussnote [1] [2]. Dazu ist jedoch die freie Gibbs Energie aller Komponenten erforderlich.

Wir verwenden dagegen einen statistischen Ansatz zur Abschätzung der SFC-Werte. Bei der chemischen Umesterung ist es ja so, dass nach vollständiger Umesterung alle Fettsäuren statistisch über die Triglyceride verteilt sind. Deshalb sollte es möglich sein, über die Mengenteile der einzelnen Fettsäuren im Umesterungsgemisch die SFC-Werte der Umesterung abzuschätzen. Um Statistik sinnvoll einzusetzen, sind jedoch eine Menge Daten erforderlich. Daran scheiterte dieses Verfahren in der Vergangenheit. Jetzt haben wir ca. 130 Datensätze von Umesterungen aus der Literatur und dem Internet zusammengestellt. Das hört sich zwar auf den ersten Moment ziemlich viel an, reicht aber gerade, um die Arbeitsweise dieser Methode zu bestätigen. In der Praxis sind deshalb noch mehr Datensätze erforderlich, die jeder Anwender selber hinzufügen kann.

Die Anwendung statistischer Verfahren auf diese 130 Datensätze hat aber auch noch ein anderes Problem offengelegt – die Zuverlässigkeit der Daten. Es gibt vier Fehlermöglichkeiten, die bei den Berechnungen eine Rolle spielen:

- Ungenauigkeit der Messwerte (SFC-Werte, Fettsäuren)
- Unvollständigkeit der Umesterung
- Falsche Rezepturen (z.B. Palmöl statt Palmstearin)
- Unterschiede in den SFC-Werten und den Fettsäuren der Rohstoffe

Die Ungenauigkeit der Messwerte wirkt sich nur unwesentlich auf die Ergebnisse aus. Die Vollständigkeit der Umesterung schon mehr. Eine 90%ige Umesterung ergibt in der Regel auch entsprechende Abweichungen der SFC-Werte. Belegen konnten wir das allerdings nicht, da diese Angabe bei allen Umesterungen fehlt. Falsche Angaben zur Rezeptur, z.B. Palmöl statt Palmstearin, kommen selten vor, haben aber bei der Berechnung grossen Einfluss auf das Ergebnis.

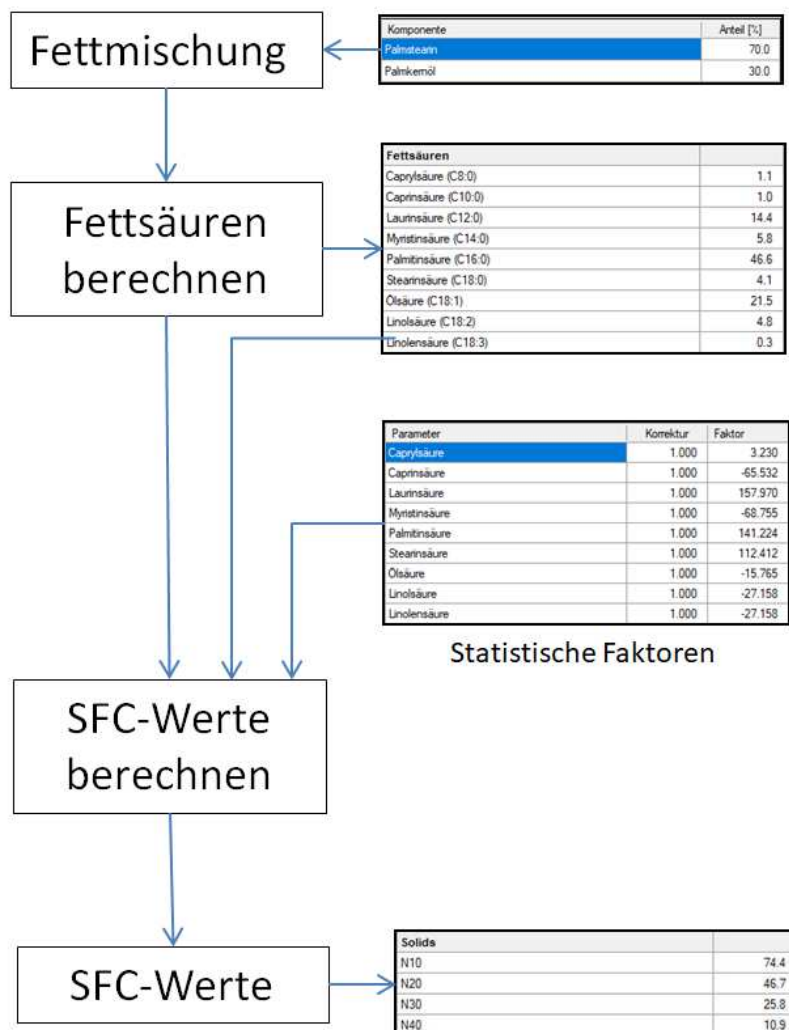
¹ Teles dos Santos, Moises and Gerbaud, Vincent and Le Roux, G. A. *C. Modeling and simulation of melting curves and chemical interesterification of binary blends of vegetable oils*. (2013) Chemical Engineering Science, vol. 87 . pp. 14-22. ISSN 0009-2509

² Teles Dos Santos, Vincent Gerbaud, Galo Antonio Carrillo Le Roux. Solid Fat Content of Vegetable Oils and Simulation of Interesterification Reaction: Predictions from Thermodynamic Approach. Journal of Food Engineering, Elsevier, 2014, vol. 126, pp.198-205.

Wesentlich grössere Abweichungen entstehen durch Unterschiede in den Rohstoffen. Dazu muss man wissen, dass z.B. Palmöl oder Palmstearin aus früheren Untersuchungen signifikant andere SFC-Werte und Fettsäuren hatte. Das macht sich natürlich besonders dann bemerkbar, wenn man ältere Daten heranzieht. Die angegebenen SFC-Werte passen natürlich trotzdem zu den Fettsäurespektren. Nur, wenn man die dazugehörige Rezeptur verwendet erhält man sowohl andere SFC-Werte als auch andere Fettsäurespektren. Bei der Diskussion der Ergebnisse werden wir das zeigen. Vorher jedoch erst einmal einige Betrachtungen zur Vorgehensweise und zur Funktionsweise der Berechnung.

Funktionsweise

Wie bereits erwähnt, handelt es sich um ein statistisches Verfahren. Das heisst, bevor man mit der Berechnung beginnen kann, muss eine statistische Analyse vieler vorhandener Daten durchgeführt werden. Die Reihenfolge der Berechnungen zeigt die folgende Abbildung:



Oil-Expert.net

Ausgehend von der Fettmischung wird zunächst das Fettsäurespektrum berechnet und aus dem Fettsäurespektrum mit Hilfe von statistisch ermittelten Faktoren die SFC-Werte. Zu jeder Fettsäure gibt es einen statistischen Faktor, mit dem der Anteil der jeweiligen Fettsäure multipliziert wird. Das einzige, was der Anwender zu tun hat, ist die Eingabe der Rezeptur. Alle anderen Daten bis zu den SFC-Werten berechnet die Software. Dafür gibt es einen einfach zu bedienenden Dialog (siehe unten). Ab der neuen Version ist auch ein Export der Umesterung als Komponente möglich.

Komponente	Anteil [%]
Palmstearin	70.0
Palmkernöl	30.0

Parametername	Wert [%]
Solids	
N10	65.1
N20	43.4
N30	22.1
N40	11.0
Fettsäuren	
Caprylsäure (C8:0)	1.1
Caprinsäure (C10:0)	1.1
Launinsäure (C12:0)	14.2
Myristinsäure (C14:0)	5.9
Palmitinsäure (C16:0)	43.5
Stearinsäure (C18:0)	4.3
Ölsäure (C18:1)	24.0
Linolsäure (C18:2)	5.1
Linolensäure (C18:3)	0.1
Summe	99.0

Wesentlich schwieriger ist die Ermittlung der statistischen Faktoren. Darauf geht der nächste Abschnitt ein.

Soweit die Theorie. In der Praxis ergeben sich jedoch einige Schwierigkeiten, die Gleichungssysteme zu lösen.

- Es handelt sich um ein ‚überbestimmtes‘ Gleichungssystem, dh. Es gibt wesentlich mehr Gleichungen als Unbekannte (130 zu 9)
- Es handelt sich um ein ‚schwachbesetztes‘ Gleichungssystem, dh. viele Positionen in der Matrix sind Null oder haben nur sehr kleine Werte (< 1).
- Die Werte der Matrix sind mit mehr oder weniger grossen Fehlern behaftet.

Deshalb sind Standardmethoden (wie z.B. Gauss-Seidel) nicht anwendbar, es gibt keine exakte Lösung. Wir haben deshalb die Kaczmarz-Methode [3] [4] zur iterativen Lösung linearer Gleichungssysteme der Form $Ax = b$ gewählt. Wobei A eine lösbare und überbestimmte Matrix, b die gegebene Lösung und x der gesuchte Lösungsvektor ist.

Mit dieser Methode haben wir brauchbare Ergebnisse erzielt. Während der Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass die Stearinsäure einen wesentlichen Einfluss auf die SFC-Werte hat. Dieser Einfluss ist so gross, dass wir zwei unterschiedliche Faktoren definiert haben, einen für niedrige Gehalte und einen für höhere. Die Grenze wurde bei 10% Stearinsäure festgelegt.

Zudem haben wir relativ viele Möglichkeiten ausprobiert, um reproduzierbare und plausible Ergebnisse zu bekommen. Diese Möglichkeiten können Sie selber ausprobieren oder aber unsere Standard Einstellungen verwenden. Am besten lassen sich die Einstellmöglichkeiten am Dialog erklären (siehe nächste Seite).

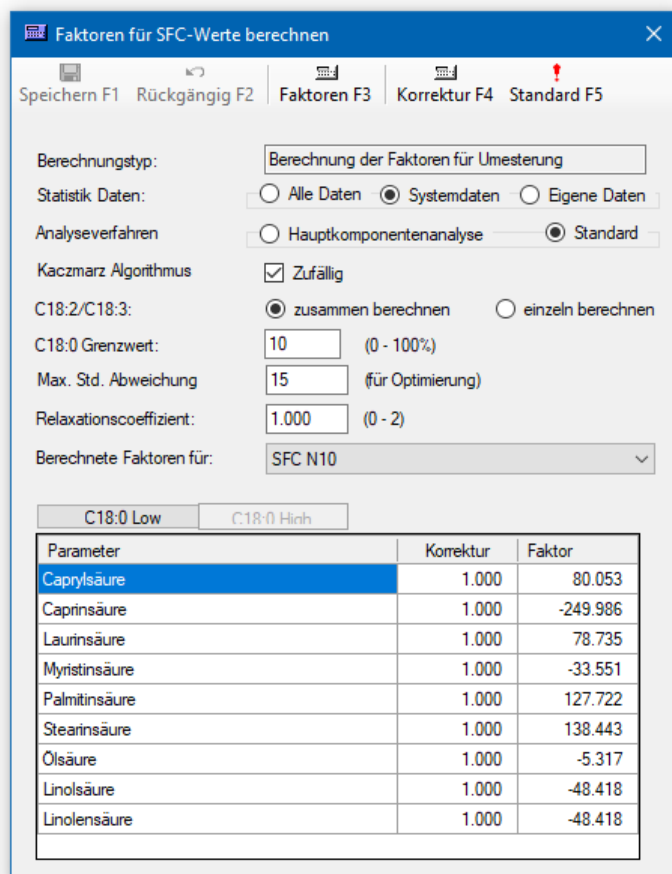
Neben den bekannten Buttons für *Speichern* und *Rückgängig* machen gibt es drei weitere:

- *Faktoren*
Nach Betätigung erfolgt die Berechnung der Faktoren mit den eingestellten Bedingungen. Dies kann je nach CPU und Hauptspeicher des PC's 10 Sekunden bis einige Minuten dauern.
- *Korrektur*
Meistens reicht die Berechnung der Faktoren aus, um brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Falls erforderlich können nach erfolgter Berechnung der Faktoren spezielle Korrekturfaktoren berechnet werden. Mit diesen Faktoren werden die Faktoren zur SFC-Wert Berechnung durch Multiplikation korrigiert. Korrekturfaktor = 1 heisst keine Korrektur. Die Zeitdauer ist ähnlich wie bei der Berechnung der Faktoren.

³ S. Kaczmarz: *Angenäherte Auflösung von Systemen linearer Gleichungen*. Bull. Internat. Acad. Polon. Sci.Lettres A, pages 355-357, 1937.

⁴ J. Snoeijer, *Iterative image reconstruction algorithms for diagnostic medicine*, Bachelor-Thesis, University of Groningen, pages 30-33, 2014

- *Standard*
Mit dieser Funktion werden die Korrekturfaktoren auf 1 gesetzt.



Dialog zur Berechnung der Umesterungsfaktoren

Die Parameter für die Berechnung sind sehr zahlreich. Im oben dargestellten Dialog sind Standardeinstellungen gewählt, mit denen die besten Ergebnisse erzielt wurden. Nachfolgend eine kurze Übersicht der Parameter.

Statistik Daten

Diese Daten sind die bekannten Umesterungen, die zur Berechnung der SFC-Faktoren herangezogen werden und die entweder von uns oder vom Anwender eingegeben wurden. Man kann wählen zwischen:

- **Alle Daten**
Es werden alle vorhandenen Datensätze verwendet.
- **Systemdaten**
Es werden nur Datensätze verwendet, die von uns eingegeben wurden.
- **Eigene Daten**
Es werden nur Datensätze verwendet, die vom Anwender eingegeben wurden.

Analyseverfahren

Es gibt zwei Verfahren, um die Faktoren zu berechnen. Die Standardeinstellung ist *Standard*.

- **Standard Verfahren**
Bei dieser Arbeitsweise werden die Faktoren für alle Fettsäuren separat berechnet. Bei Bedarf können C18:2 und C18:3 zusammengefasst werden. Beim Standard Verfahren wird aber unterschieden zwischen Fettsäurespektren mit hohem und niedrigem Gehalt an C18:0. Der Grenzwert für C18:0 kann definiert werden (siehe nachfolgend).
- **Hauptkomponentenanalyse**
Bei diesem Verfahren werden verschiedene Fettsäuren, die sich ähnlich verhalten, zusammengefasst. So z.B.
 - C8:0 + C10:0 + C12:0
 - C14:0 + C16:0
 - C18:2 + C18:3

Leider hat sich dieses Verfahren bisher in der Praxis als wenig erfolgreich erwiesen. Die Hauptkomponentenanalyse steht jedoch weiterhin zur Verfügung, weil eventuell mit anderen Datenkonstellationen und mehr Datensätzen bessere Ergebnisse erzielt werden können.

Kaczmarz Algorithmus

Bei Aktivierung dieser Checkbox wird ein randomisierter Algorithmus verwendet, eine Variante des Verfahrens, die im Falle überbestimmter Gleichungssysteme schneller konvergiert.

C18:2/C8:3

Hier kann man definieren, ob die beiden Fettsäuren C18:2 und C18:3 zusammengefasst in die Berechnung der Faktoren eingehen sollen. Diese Option zu wählen ist aus zwei Gründen sinnvoll.

- Die beiden Fettsäuren verhalten sich in Umesterungen sehr ähnlich.
- Es liegen nur wenige Datensätze mit C18:3 > 1% vor.

Diese Option ist nur beim Standard Verfahren möglich, nicht bei der Hauptkomponentenanalyse. Dort werden die beiden Fettsäuren sowieso zusammengefasst.

C18:0 Grenzwert

Mit diesem Wert kann man den Prozentgehalt der Fettsäure C18:0 einstellen. Dieser Prozentgehalt teilt die Datensätze in solche mit einem niedrigen (Low) und einem hohen (High) Gehalt an C18:0 auf. Ein Wert von 10% hat sich bisher als optimal herausgestellt. Bei anderen Datenkonstellationen und mehr Datensätzen kann ein anderer Wert sinnvoll sein.

Beim Standard Verfahren werden also jeweils zwei Berechnungen durchgeführt. Einmal für Umesterungsrezepturen mit Low C18:0 Gehalt, zum anderen für Rezepturen mit hohem C18:0 Gehalt. Der C18:0 Gehalt wird automatisch ermittelt. Auch bei der Berechnung der SFC-Werte von Umesterungen erfolgt die Auswahl der Faktoren automatisch anhand des ermittelten C18:0 Gehaltes der Umesterungsmischung.

Bei einem Granzwert von 0% werden die Faktoren für alle Datensätze als C18:0 High berechnet, bei 100% wird die Berechnung als C18:0 Low durchgeführt. Auch diese Funktion steht nur für das Standard Verfahren zur Verfügung, nicht für die Hauptkomponentenanalyse.

Die unten im Dialog dargestellte Tabelle zeigt die Faktoren für C18:0 Low, durch Klicken auf den Button *C18:0 High*, kann umgeschaltet werden. Dann sind die Faktoren für C18:0 High zu sehen.

Max. Standardabweichung für Optimierung

Bei der Optimierung wird die Ermittlung der Faktoren zweimal durchgeführt. Nach dem ersten Lauf werden alle Datensätze separiert, deren Standardabweichung kleiner als der Maxwert ist. Mit diesen Datensätzen wird ein zweiter Durchlauf gestartet. Dies führt zu wesentlich besseren Ergebnissen (siehe nachfolgende Tabellen).

Ohne Optimierung

115 Records PCA	Temp.	Std. Abw.
	N10	7,94
	N20	9,02
	N30	8,79
	N40	8,39
	Mittelwert	8,54

85 Records Low	Temp.	Std. Abw.
	N10	6,66
	N20	7,45
	N30	7,21
	N40	7,48
	Mittelwert	7,20

30 Records High	Temp.	Std. Abw.
	N10	5,99
	N20	6,80
	N30	6,98
	N40	5,21
	Mittelwert	6,25

Mit Optimierung

68 Records PCA	Temp.	Std. Abw.
	N10	6,82
	N20	6,10
	N30	4,89
	N40	2,31
	Mittelwert	5,03

47 Records Low	Temp.	Std. Abw.
	N10	5,84
	N20	5,22
	N30	3,79
	N40	2,08
	Mittelwert	4,23

21 Records High	Temp.	Std. Abw.
	N10	4,05
	N20	4,46
	N30	3,95
	N40	1,76
	Mittelwert	3,56

Der Maximalwert für die Standardabweichung war bei den vorgenommenen Untersuchungen auf 15 gesetzt.

Man kann den beiden Tabellen zwei Dinge entnehmen:

- Die Standardabweichungen sind nach der Optimierung - das heist nach Aussortierung der Datensätze mit hohen Standardabweichungen - signifikant niedriger.
- Die Anzahl der verarbeiteten Datensätze ebenfalls.

Bei der Anzahl der Datensätze gibt es aber eine Untergrenze, 20 Datensätze müssen mindestens in die Berechnung eingehen. Deshalb kann man auch den Maximalwert der Standardabweichung nicht beliebig herunter setzen, im vorliegenden Fall nicht niedriger als 15. Bei mehr Datensätzen ist dies wahrscheinlich möglich.

Relaxationskoeffizient

Relaxationskoeffizienten werden eingesetzt, um eine schnellere Konvergenz bei inkonsistenten Gleichungssystemen zu erreichen. Der Relaxationskoeffizient ist ein multiplikativer Faktor, das heisst ein Wert von 1 hat keinen Einfluss auf die Konvergenz.

Für jede Temperatur der SFC-Werte gibt es einen eigenen Koeffizienten. Er kann geändert werden - nach Auswahl des SFC-Wertes in der Auswahlbox darunter. In der Praxis ausprobiert haben wir das allerdings noch nicht.

Auswahlbox SFC-Werte

Mit dieser Auswahlbox kann ein SFC-Wert ausgewählt werden, um die Faktoren in der Tabelle darunter anzuzeigen oder den jeweiligen Relaxationskoeffizienten einzugeben.

Ergebnisse

Nachfolgend einige Beispiele verschiedener Umesterungen und eine Zusammenfassung der Ergebnisse. Die Berechnung der Faktoren wurden mit folgenden Einstellungen vorgenommen:

- | | |
|--|-------------------------------|
| • Analyseverfahren | Standard |
| • Kaczmarz Algorithmus | Randomized |
| • C18:2/C18:3 | Zusammen berechnen |
| • C18:0 Grenzwert | 10% |
| • Max Standardabweichung für Optimierung | 15 |
| • Relaxationskoeffizienten | 1,0 für alle Messtemperaturen |

Als erstes werden zwei Umesterungen mit vollgehärtetem Sojaöl berechnet. Die SFC-Werte werden also mit den Faktoren für High C18:0 Gehalt (> 10%) berechnet. In beiden Fällen ist der C18:0 Gehalt ca. 45%. Bei der Umesterung mit Rapsöl ist die Abweichung zwischen Soll und Calc. bei 10°C relativ gross, ca. 10%. Die Werte bei anderen Temperaturen stimmen gut überein. Die Umesterung mit Kokosöl zeigt bei 40°C eine grössere Abweichung. Die Fettsäurespektren stimmen in beiden Fällen gut überein. Für die Berechnung der Faktoren standen allerdings auch nur 21 Datensätze zur Verfügung. Mehr Datensätze werden das Ergebnis wahrscheinlich verbessern.

Rezeptur	50% FH Sojaöl 50% Rapsöl	
	Soll	Calc.
N10	43,2	53,9
N20	32,1	31,7
N30	24,0	21,4
N40	10,8	10,3
C8:0		
C10:0		
C12:0		
C14:0	0,1	0,1
C16:0	7,5	7,3
C18:0	45,3	44,7
C18:1	31,5	32,0
C18:2	9,8	9,3
C18:3	3,7	3,8
SAFA	52,9	52,1
MUFA	31,5	32,0
PUFA	13,5	13,1

Rezeptur	50% FH Sojaöl 50% Kokos	
	Soll	Calc.
N10	89,6	91,0
N20	70,4	67,8
N30	37,6	41,4
N40	19,6	14,7
C8:0	3,4	3,5
C10:0	2,7	2,9
C12:0	22,5	23,2
C14:0	9,8	9,3
C16:0	10,2	9,8
C18:0	44,8	45,4
C18:1	4,1	3,9
C18:2	0,6	0,8
C18:3	0,1	0,2
SAFA	93,4	94,1
MUFA	4,1	3,9
PUFA	0,7	1,0

Umesterungen mit vollhydriertem Sojaöl

Beim nächsten Beispiel handelt es sich um eine bekannte Umesterung - Palmstearin/Palmkern 70/30 - eine Standard-Umesterung. Berechnet man eine Mischung mit den vorhandenen Daten der Komponenten ergeben sich die Werte in der zweiten Spalte. Die Übereinstimmung mit den Soll-Werten ist signifikant schlecht. Dies liegt scheinbar daran, dass das für die Berechnung eingesetzte Palmstearin viel weicher ist als das für die reale Umesterung verwendete. Ersetzt man 20% des Palmstearins in der Berechnung durch hartes Palmstearin, werden die berechneten Werte signifikant verbessert. Und noch etwas, ersetzt man das Palmkernöl durch Kokosöl, erhält man nahezu die gleichen Ergebnisse. Palmkernöl und Kokosöl lassen sich in jedem Verhältnis substituieren. Das ist wichtig zu wissen, z.B. bei Veränderungen am Rohstoffmarkt (Rohstoffpreise).

Rezeptur	70% Stearin 30% Palmkern		50% Stearin 20% Hard Stea. 30% Palmkern	50% Stearin 20% Hard Stea. 30% Kokos
	Soll	Calc.	Calc.	Calc.
N10	75,9	67,2	74,8	75,4
N20	52,4	38,6	46,2	48,0
N30	25,5	19,0	25,4	27,2
N40	5,5	6,8	10,2	10,7
C8:0	1,4	1,1	1,1	2,1
C10:0	1,2	1,0	1,0	1,7
C12:0	14,1	14,4	14,4	14,1
C14:0	6,0	5,7	5,8	6,6
C16:0	43,5	42,5	46,6	47,0
C18:0	4,3	3,4	4,1	4,3
C18:1	23,0	25,4	21,5	19,1
C18:2	5,0	5,8	4,8	4,5
C18:3	0,3	0,2	0,3	0,3
SAFA	70,5	68,1	73,0	75,8
MUFA	23,0	25,4	21,5	19,1
PUFA	5,3	6,0	5,1	4,8

Palmstearin/Palmkern/Kokos Umesterungen

Als letztes Beispiel wurden Umesterungen von Palmstearin mit Flüssigölen untersucht. Hier stimmen Soll- und Ist-Werte einigermaßen überein - egal, ob für die Umesterung Sojaöl, Rapsöl oder Sonnenblumenöl eingesetzt wurde. Es lässt sich aber auch erkennen, dass die SFC-Werte abhängig vom Verhältnis ungesättigter zu gesättigten Fettsäuren sind. Infolgedessen ergibt Rapsöl die niedrigsten SFC-Werte, insbesondere im Bereich höherer Temperaturen.

Rezeptur	70% Stearin 30% Flüssigöl	70% Stearin 30% Sojaöl	70% Stearin 30% Rapsöl	70% Stearin 30% Sonne
	Soll	Calc.	Calc.	Calc.
N10	56,0	51,3	51,4	49,8
N20	30,0	28,8	25,3	26,8
N30	14,0	16,2	10,2	14,2
N40	3,0	5,6	1,2	4,4
C8:0				
C10:0				
C12:0	0,1	0,2	0,2	0,2
C14:0	1,1	0,9	0,9	0,9
C16:0	42,5	43,1	41,4	41,9
C18:0	4,5	3,9	3,1	3,7
C18:1	28,0	28,8	39,9	31,1
C18:2	21,5	20,3	10,6	21,3
C18:3	1,8	2,2	2,5	0,3
SAFA	48,2	48,1	45,6	46,7
MUFA	28,0	28,8	39,9	31,1
PUFA	23,3	22,5	13,1	21,6

Palmstearin/Flüssigöl Umesterungen

Fazit

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Abschätzung der SFC-Werte von Umesterungen mit statistischen Daten möglich ist. Die Genauigkeit liegt bei 3-5%, in einigen Fällen bei 10%, in wenigen Fällen auch höher.

Es ist zu erwarten, dass die Genauigkeit steigt, wenn mehr Versuchsdaten zur Verfügung stehen. Wir werden Sie zu gegebener Zeit darüber informieren.

Impressum

Gerne geben wir Ihnen weitere Informationen. Bitte wenden Sie sich an einen der folgenden Vertriebspartner.

Dr. Cullmann Consulting | Haakestr. 50 | 21075 Hamburg/Germany
Telefon +49(0)40 703 8569 12 | Fax +49(0)40 703 8569 19
info@oil-expert.net | www.oil-expert.net

Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft e.V. | Varrentrappstraße 40-42
60486 Frankfurt am Main/Germany
Telefon +49(0)69 7917 529 | Fax +49(0)69 7917 584
info@dgfett.de | www.dgfett.de/oil-expert

LAIX Technologies UG | Am Fasanenhang 5 | 52379 Langerwehe/Germany
Telefon +49(0)2403 807 9494 | Fax +49(0)2403 807 9495
info@laix-tech.de | www.laix-tech.de/oil-expert.php

Änderungen in Design und Lieferumfang sowie technische Weiterentwicklung vorbehalten! © Dr. Cullmann Consulting